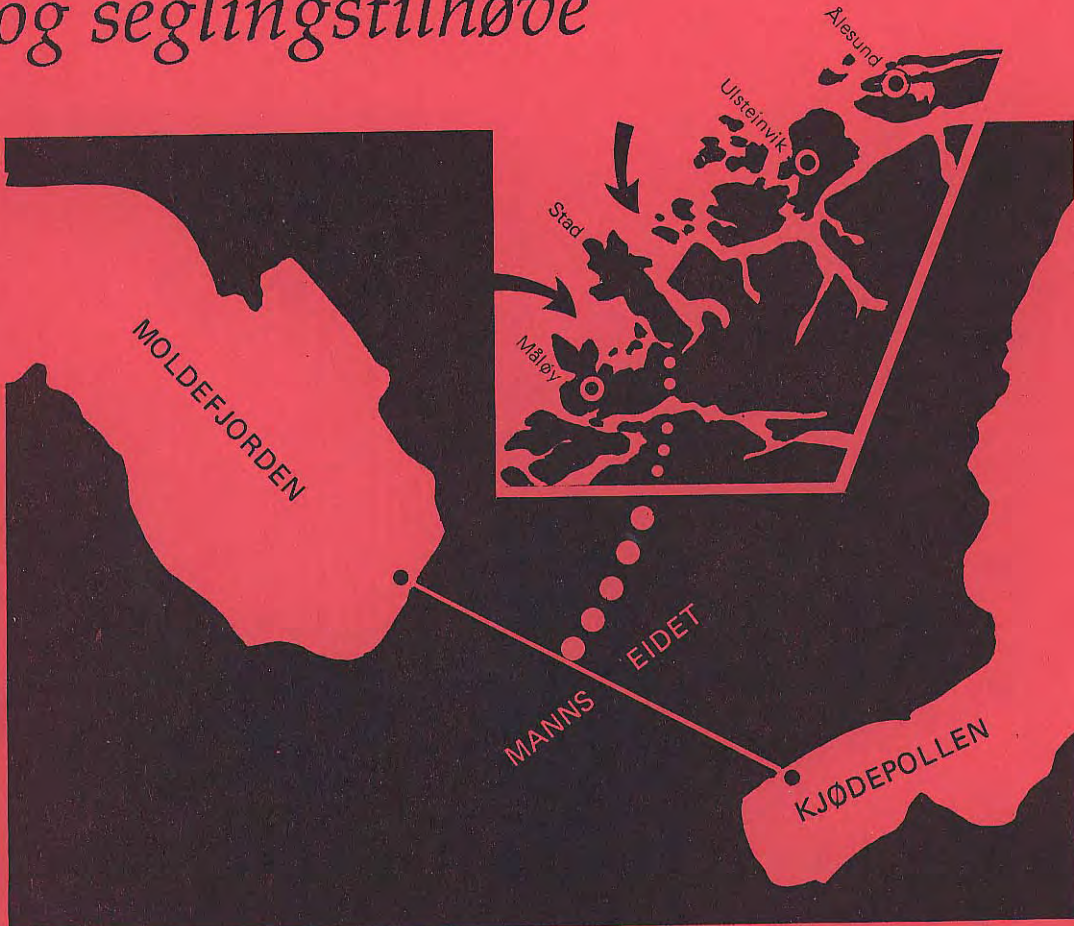


Skipstunnel O-87188 gjennom **Stad**

Vurdering av miljøkonsekvensar
og seglingstilhøve



NHL
SINTEF-GRUPPEN

Norsk hydroteknisk laboratorium

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Vestlandsavdelingen

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

O- 87188

Undernummer:

Løpenummer:

2125

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Skipstunnel gjennom Stad.
Vurdering av miljøkonsekvensar og seglingstilhøve.

Dato:

mai 1988

Prosjektnummer:

O-87188

Forfatter (e):

Vilhelm Bjerknes, NIVA
Tor E. Dahl, NHL
Lars G. Golmen, NIVA
Anders Storler, NHL
Jan Sørensen, NIVA

Svein A. Vold, NHL
Per B. Wikander, NIVA
Knut Ås, NHL

Faggruppe:

Marin økologi

Geografisk område:

Sogn og Fjordane

Antall sider (inkl. bilag):

142

Oppdragsgiver:

L/L Stad Skipstunnel v/Åge Starheim, 6740 Selje

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

Ekstrakt:

I samband med planlag skipstunnel gjennom Stad, er det gjort målingar for å kunne vurdere følgjene tunnelen vil få for straumtilhøve og utskifting i berørte område.

I tillegg til ei særskild vurdering av seglingstilhøve i og rundt tunnelen, er det gjort vurderingar om kortsiktige og langsiktige verknader for vasskvalitet, med vekt på akvakultur og botnfauna. Det er også foretatt vurdering av konflikter i lokalmiljøet som følge av tunnelen.

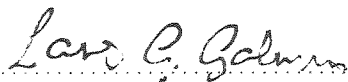
4 emneord, norske:

1. Oseanografi
2. Marin Biologi
3. Marin bentos
4. Brukerkonflikter

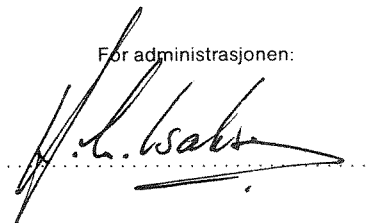
4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN - 82-577-1405-4

Norsk institutt for vannforskning,
NIVA, Vestlandsavdelingen
Norsk Hydroteknisk laboratorium -
NHL

Prosjektnr. NIVA: O-87188
Prosjektnr. NHL: 604195

SKIPSTUNNEL GJENNOM STAD.
Vurdering av miljøkonsekvensar
og seglingstilhøve.

Bergen mai 1988

NIVAs prosjektleiar:	Lars G. Golmen, NIVA, Vestlandsavd.
NIVAs medarb.:	Vilhelm Bjerknes --- " --- Jan Sørensen --- " --- Per B. Wikander, NIVA, Sørlandsavd.
NHLs prosjektleiar:	Tor E. Dahl
NHLs medarb.:	Anders Storler Svein Vold Knut Ås

INNHALD:

FORORD	3
0. SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR, MILJØGRANSKINGANE.	5
1. INNLEIING.	9
1.1. <u>Konsekvensanalysen.</u>	9
1.2. <u>Skipstunnelprosjektet.</u>	10
1.3. <u>Førehandsundersøkingane av hydrofysikk og marint miljø.</u>	11
1.3.1. NIVAs undersøkingar.	12
1.3.2. NHLs undersøkingar.	12
1.3.3. Problemstilling, tidsfrist og datarepresentativitet.	13
2. GENERELL OMTALE AV UNDERSØKJINGSOMRÅDET.	15
2.1. <u>Geografi og botntopografi.</u>	15
2.2. <u>Vêrtilhøve.</u>	16
2.2.1. Generelt.	16
2.2.2. Vêrtilhøve i måleperioden.	19
2.3. <u>Hydrofysiske tilhøve.</u>	20
3. DATAINNSAMLING I NIVAs REGI.	23
3.1. <u>Hydrografi.</u>	23
3.2. <u>Straummålingar.</u>	24
3.3. <u>Andre prøver og data.</u>	25
4. DATAPRESENTASJON.	27
4.1. <u>Straummålingar.</u>	27
4.1.1. Moldefjorden.	27
4.2. <u>Hydrografi.</u>	33
4.3. <u>Andre data.</u>	43
5. TUNNELENS INNVERKNAD PÅ STRAUMTILHØVE.	46
5.1. <u>Overflatehelling.</u>	46
5.2. <u>Endring i islegging.</u>	47
6. BUNNFAUNA. EVALUERING AV ORGANISK BELASTNING BASERT PÅ EN SUMMARISK GJENNOMGANG AV GRABBPRØVENE.	50
6.1. <u>Innledning.</u>	50
6.2. <u>Resultater.</u>	52
6.2.1. Moldefjorden.	53
6.2.2. Kjødepollen.	54
7. AKVAKULTUR.	55
7.1. <u>Noverande aktivitet.</u>	55
7.2. <u>Verknader på akvakultur.</u>	56
7.2.1. Partikkelforureining.	56
7.2.2. Nitrogentilførsle.	59
7.2.3. Anna ureining.	60
7.2.4. Tiltak i samband med anleggsarbeidet.	60
7.2.5. Langsiktige endringar.	61

8.	MULIGE KONSEKVENSER FOR BRUKERINTERESSER.	64
8.1.	<u>Problemavgrensning.</u>	64
8.2.	<u>Planlagte inngrep og endringer i bruk.</u>	65
8.3.	<u>Registrering av bruker- og verneinteresser.</u>	66
8.4.	<u>Vurdering av mulige konsekvenser.</u>	66
8.4.1.	Konsekvenser for bosetning/jord- bruk.	67
8.4.2.	Konsekvenser for kommunaltekniske anlegg.	70
8.4.3.	Samferdsel.	71
8.4.4.	Fiske.	71
8.4.5.	Friluftsjnteresser.	75
8.4.6.	Naturvern.	78
8.4.7.	Kulturvern.	78
9.	SLUTTORD. OPPFØLGJANDE GRANSKINGAR OG OVERVAK- ING.	82
	REFERANSER.	84

Del II. Seglingstilhøve. NHLs vurderingar

Appendix.

1. Tidsseriar straummåling.
2. Vindobservasjonar Svinøy.
3. Oversikt over biologisk materiale.
4. Tegnforklaring temakart.

FORORD

I arbeidet med prosjekteringa av skipstunnellen gjennom Stad, blei det på eit tidleg tidspunkt utført særskilde miljøanalyser. Ingeniørfirmaet Bjarne Instanes A/S, fekk utført analyse av vindtilhøva i tunnelområdet. Det blei også gjort teoretiske vurderingar omkring tidevatn og vindoppstuving.

Desse innleiande teoretiske analysene gjorde det klart at det var naudsynt å få utført målingar i området, for å få nærmare fastslege fysiske storleikar. L/L Stad Skipstunnel blei òg pålagt av miljøvernstyresmaktene å få utført analyser omkring kva verknader tunnelen vil få for det marine miljøet i Moldefjorden og Kjødipollen. Det var på førehand kjent at begge desse fjordane var overbelasta som resipientar. Tunnelselskapet blei òg pålagt å utføre særskilde konsekvensvurderingar omkring akvakultur og brukarkonfliktar.

I oktober 1987 blei det så inngått avtale mellom L/L Stad Skipstunnel, og NIVA og NHL (Norsk Hydroteknisk Laboratorium) om å gjennomføre ovanfor nemnde granskingar. NHL har stått for tidevassmålingane i Moldefjorden og Kjødipollen, og den påfølgjande dataanalysen. NIVA har stått for den øvrige delen av prosjektet.

Datainnsamlinga i NIVAs regi har falle saman med eit pågåande prosjekt for utarbeiding av kystsonenplan for Selje kommune (NIVA prosjektnr. 0-87102). Det må i denne samanheng rettast ei særskild takk til fiskerisekretær Jan P. Venøy for hans arbeid med å samle inn hydrografiske og andre data.

NIVAs og NHLs separate rapportutkast blei presenterte for styret i L/L Stad Skipstunnel, samt ein repr. for Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavd., på eit møte i Selje 11/5 1988. Ein del korreksjonar av NIVAs utkast er gjort, og NHLs og NIVAs bidrag er samla til ein rapport.

Prosjektansvarleg hos NHL var Tor E. Dahl med A. Storler, Svein Vold og Knut Ås som medarbeidarar. Følgjande forskarar har gitt skriftlege bidrag til NIVAs rapportdel:

Vilhelm Bjerknæs, NIVA Vestlandsavd.	Akvakultur.
Lars G. Golmen, " "	Hydrofysikk.
Jan Sørensen, " "	Brukarkonflikter.
Per B. Wikander, NIVA Sørlandsavd.	Bløtbunnsfauna.

Forskar Knut Sørgaard ved NIVA deltok under innsamling av sedimentprøver og i deler av anna registreringsarbeid. Oksygenprøvene har blitt analyserte ved Inst. for Marinbiologi, U.i.B., med amanuensis Per Johannessen som ansvarleg. Sekretær Inger Midttun har skreve rapporten. Forskar Jarle Molvær ved NIVA-Oslo har gjennomlest rapportutkastet og bidratt med svært nyttige kommentarar. Til slutt ei generell takk til alle dei øvregne som har bistått med arbeid på ulike plan i løpet av prosjektperioden.

Bergen, 25/5 1988.

Lars G. Golmen
Prosjektleder - NIVA

0. SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR, MILJØGRANSKINGANE.

Skipstunnelen gjennom Stadlandet inst ved Mannseidet vil skape vassirkulasjon mellom to fjordområde som idag er fysisk adskilde. Gjennom eit måleprosjekt hausten og vinteren 1987-88 har ein freista å skaffe seg datamateriale som kan gje peikepinn om kva miljømessige endringar tunnelen kan føre til i dei berørte områda.

Den feltmessige delen av dette prosjektet har bestått av to datainnsamlingsprogram, eit i regi av NIVA, og eit i regi av Norsk Hydroteknisk laboratorium (NHL).

NIVAs datainnsamlingsprogram, som var ein integrert del i arbeidet med kystzoneplan for Selje kommune, har bestått i tradisjonell hydrografering og vassprøvetaking. Det har vore gjort straummålingar i ulike berørte område. Vidare blei det sommaren 1987 tatt sedimentprøver. I samband med kystzoneplanarbeidet er det foretatt ymse befaringar, der det innsamla materialet dannar grunnlag for vurderingane angående brukarkonfliktar m.m. Ein har lagt vekt på å få samle inn data som kan avsløre skilnader i dei to berørte fjordområda Moldefjorden og Kjødipollen.

Den knappe tidsfristen for prosjektet, og det faktum at ein ikkje har fått data som er representative for sommarhalvåret, fører naturleg nok til at utsagna om moglege endringar blir meir usikre. I tillegg var mesteparten av måleperioden for tidevatn (og vindoppstuving) prega av unormalt lite vind, med den følgje at typiske uvørsbolkar er lite avbilda i datamaterialet. Denne begrensinga gjev seg særskilt utslag i dei resultatata som NHL legg fram i sin del av rapporten, som omtalar straumtilhøva i tunnelen og rundt tunnelåpningane.

Dei hydrografiske observasjonane tyder på at måleperioden 1987-1988 var prega av ferskare øvre lag, og saltare

djupvatn i bassenga enn normalt. Den høge saliniteten i djupvatnet kan ha samanheng med den gradvise reduksjon i Atlanterhavsvatnet sin salinitet som er observert sidan 1984. I så fall kan ein no vere inne i ein periode der årleg tetthetsdreven djupvassutskifting vanskelegare skjer.

Karakteristikk av noverande tilstand.

Dagens tilstand i dei to berørte fjordområda er karakterisert av fleire sams trekk. Fysisk sett er djupvassutskiftinga i begge basseng hindra av tersklar. Dette fører til låge oksygenverdiar i djupvatnet i begge basseng. Eit karakteristisk sprangsjikt like under terskelnivå hindrar effektivt vertikal utlufting av djupvatnet. Desse tersklane er likevel så djupe, og gjennomstrøymingsarealet så stort, at turbulens ved tersklane bidrar lite til vertikal omrøring (liten dissipasjon av tidevassenergi, og ingen demping av tidevassamplituden).

Overflatevatnet i begge bassenga har høge vinterverdiar av næringssalt og totalt organisk karbon (TOC). Det generelle sirkulasjonsmønsteret opprettheld eit varmt vassjikt over terskeldjup i begge fjordane utover vinteren.

Av fysiske skilnader kan nemnast større brakkvassinnslag ($S < 30$) i Kjødpollen, noko som m.a. fører til regelmessig islegging der om vinteren. Dei hydrografiske dataene indikerer ein svingning på sesongskala når det gjeld ferskvassinnslag i øvre vassøyla (0-40 meter).

Tunnelen er forventa å redusere opphaldstida for overflatevatnet. Utoverretta mellomlags sirkulasjon i samband med vindoppstuving kan bli redusert. Periodevis sterkare straum over tersklane kan påskunde nedbrytning av sprangsjikt under terskelnivå. Det er venta redusert islegging i Kjødpollen. Det kan bli periodevis islegging i Moldefjorden.

Undersøkingane av botnfauna og sedimentkvalitet indikerte større organisk påverknad i indre deler av Moldefjorden samanlikna med dei djupaste partia der. Dei djupare delene har innslag av forureiningstolerante organismer. Samanlikning med data frå 1985 indikerer relativt stasjonære tilhøve i dei djupare områda. Sediment frå dei grunnare områda har stort innslag av terrestrisk plantemateriale.

Kjødepollens to innerste basseng ber preg av tydeleg organisk påverknad i dei djupare delene. Det tredje (ytre) bassenget har høgt faunamangfald.

Akvakultur.

Det er i dag fleire oppdrettsanlegg både i indre Vanylvsfjorden og Moldefjorden. Det er i begge områder søkt konsesjon for utvida aktivitet.

Tunnelen kan få både kortsiktige og langsiktige verknader for akvakultur. Dei kortsiktige er knytt til overkonsentrasjon av slam i nærleiken av fyllingsområda, samt slamutvasking frå tunnelen ei tid etter opning. Slammet fører og med seg større mengder nitrogen, som kan føre til algeoppblomstring. Vinterverdiane av næringssalt i dei to berørte fjordområda tyder imidlertid på at fosfor, og ikkje nitrat er vekstbegrensande. Anna ureining i samband med anleggsverksemd kan verka skadeleg/forstyrrende på fisken. Totale negative verknader kan ventast å bli størst i Moldefjorden, sidan fyllingsaktiviteten blir størst der. Båttrafikken etter åpning av tunnelen og ureining som følgje av denne, vil tidvis kunne forstyrre fisken.

Det er foreslege tiltak som på grunnlag av overvaking av vasskvalitet m.m. i anleggsperioden kan settast inn for å minske skader på oppdrettsfisk. Fyllingsaktivitet som medfører fare for slamavskiljing, bør i størst mogleg grad leggast til vinterhalvåret.

På sikt kan redusert opphaldstid for overflatevatn verke positivt. Endringar i brakkvassjiktning og islegging vil kunne medføre negative endringar for oppdrettsnæringa.

Konflikt mellom ulike brukarinteresser.

Skipstunnelen vil i første rad kome kystskipsfarten og reisande langs kysten til gode. Lokalt utgjør anleggsarbeid og tunnelen sjølv eit konfliktpotensiale. Prosjektet vil medføre markante fysiske endringar, og stor skipstrafikk. Dei planlagde inngrepa kan ventast å medføre auka press på arealutnytting i Moldefjorden og Kjødepollen.

Dei direkte effektane av tunnelen vil naturleg nok kome i nærleiken av tunnelpåhogget og der kor steinmassene blir plassert. Dei meir indirekte verknadene av skipstrafikken vil i større eller mindre grad berøre andre brukarinteresser som er knytt til sjø- og strandområda i Moldefjorden og Kjødepollen.

1. INNLEIING.

1.1. Konsekvensanalysen.

Del I av denne rapporten omtalar dei moglege endringar ein skipstunnel igjennom Stad kan forårsake for det lokale marine miljøet samt lokale konflikhtar som kan oppstå. Del II av rapporten omtalar tidevatn og vindoppstuvings-effekter på straumforholda i tunnelen, og i nærleiken av tunnelopningane.

Skipstunnelen vil medføre openberre landskapsinngrep i Moldefjorden og Kjødepollen. Skipstrafikken vil kunne endre bruksmønsteret for dei to fjordane, eventuelt skape brukarkonflikhtar. Tunnelen vil kunne endre både overflatesirkulasjon og djupvasssirkulasjon i dei to berørte fjordane som i dag ber preg av organisk overbelastning. Tradisjonelle næringer (særleg akvakultur) kan få problem. Vindoppstuving vil tidsvis kunne forårsake så kraftig straum i tunnelen at skipstrafikken blir hemma.

Dette er i stikkordsform dei vesentlegaste punkta som denne rapporten søker å belyse. Rapporten har dels form av kartlegging, dels av konsekvensvurdering. Det er freista påpeikt moglege tiltak for å avgrense negative verknader. Rapporten vil danne grunnlag for vidare planleggingsarbeid lokalt. Rapporten vil også bli nytta av miljøvernstyresmaktene i deira vurdering av om prosjektet skal påleggast konsesjon etter forureiningslova.

Tunnelen vil utan tvil skape betre trafikkale og tryggleiksmessige vilkår for skipstrafikken langs kysten. Formålet med denne rapporten er hverken å belyse desse sidene, eller vege dei opp mot negative miljøeffekter.

1.2. Skipstunnelprosjektet.

Idéen om å lage skipstunnelar og skipskanalar langs norskekysten er ikkje ny. Den tyske okkupasjonsmakten lanserte planer om dette under siste verdskrigen, utan at noko blei realisert. Etter krigen har denne idéen blitt halden i live av nokre entusiastiske personar, og skipstunnel gjennom Stadlandet på grensa mellom Nordfjord og Sunnmøre kan blir det første realiserte prosjektet i denne samanheng.

Den prosjekterte 1.9 kilometer lange tunnelen mellom Moldefjorden og Kjødpollen vil utgjere eit alternativ til Stadhavet som seglingslei for mindre og mellomstore farty. Stadhavet er kjent som eit vêrhardt havstykke, med tidvis kraftig straumsjø og krappe bølger bl.a. som følgje av bølge-refraksjon utanfor Stadlandet.

Rapportens forside viser tunnelens geografiske plassering, og fig. 1.1 viser h.h.v. eit lengdesnitt og eit tverrsnitt av tunnelen. Ingeniørfirmaet Bjarne Instanes A/S (1985) har i ein prosjektstudie brukt følgjande dimensjonar for tunnelen:

Største breidde:	20 m
Største høgde o.spring. h.v.:	22 m
Djup under spring l.v.:	6 m
Lengde:	1900 m

I tillegg vil det bli ein åpen 60 m lang kanal i kvar ende av tunnelen.

Dette gir eit samla tverrsnittsareal på ca. 500 m². Det gjennomsnittlege vass-gjennomstrøymingsarealet blir ca. 140 m². For dei vurderingane som er gjort i denne rapporten, er det sistnemnde arealet viktig, og eit areal av nemnde størrelsesorden inngår i dei etterfølgjande vurderingane.

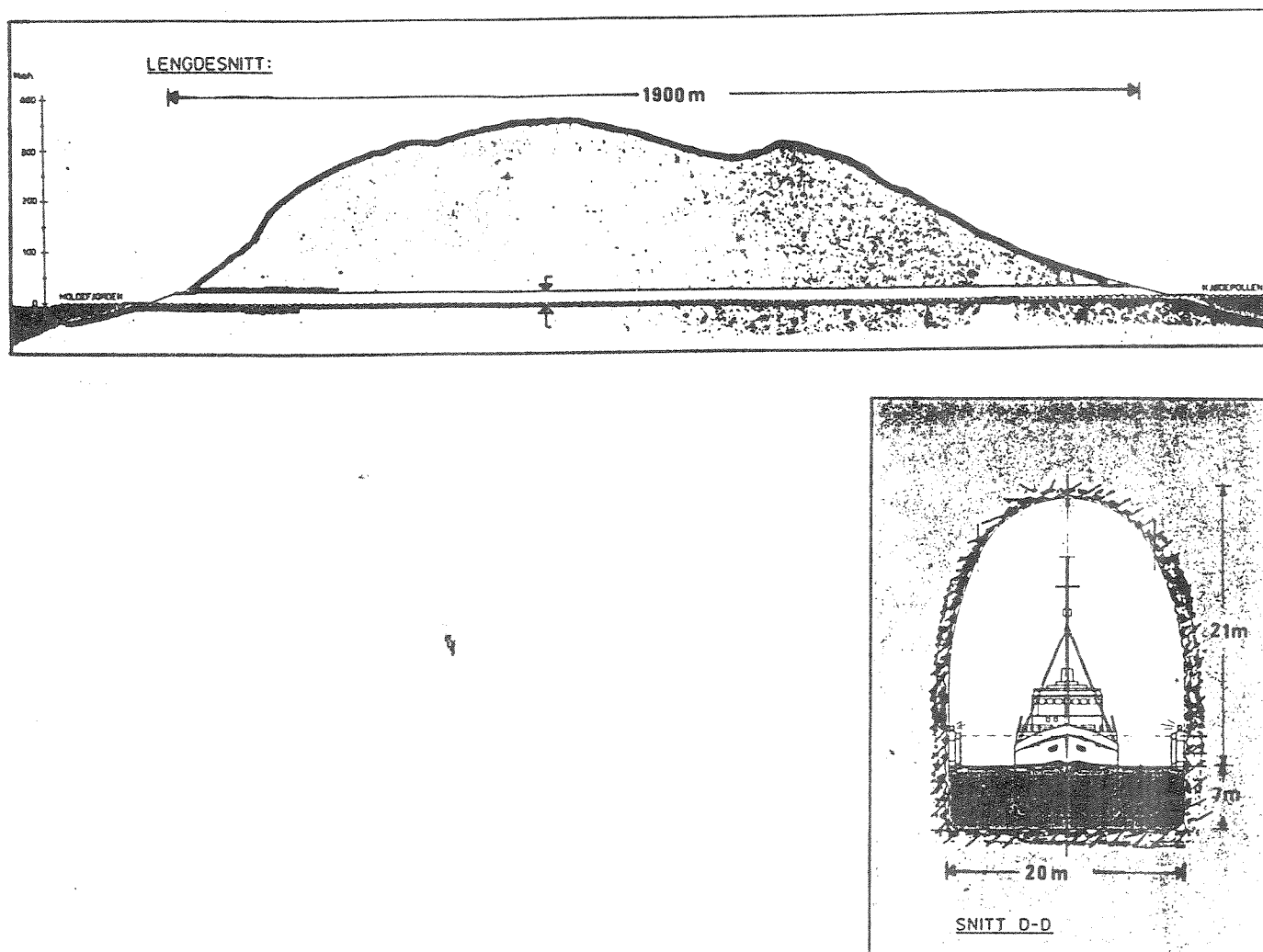


Fig. 1.1. Lengdesnitt og tverrsnitt av skipstunnelen, etter brosjyre utarbeidd av L/L Stad Skipstunnel.

Tunnelarbeidet vil og meføre ein del steinfyllingsaktivitet. Av ialt rundt 1.5 mill. m^3 steinmasse, er det foreslått å fylle ut mesteparten (1.2 mill. m^3) i eit parti langs land på nordsida av Moldefjorden.

1.3. Førehandsundersøkingane av hydrofysikk og marint miljø.

Første del av denne rapporten presenterer data og vurderingar i tilknytning til dei mulige miljømessige

endringane tunnelen kan medføre. Miljømessig datainnsamling og vurderingar er foretatt av NIVA i samarbeid med lokal observatør. Del II av rapporten presenterer tidevannsdata og vurderingar omkring straum- og seglings-tilhøve i tunnelen. Denne delen har Norsk Hydroteknisk Laboratorium (NHL) i Trondheim stått for. Den totale vurderingen av endringar i utskiftingstilhøva baserer seg på data frå begge rapportdelane.

1.3.1. NIVAs undersøkingar.

Den delen av granskingane som NIVA har stått for er utbyggjaren, L/L Stad Skipstunnel, blitt pålagt å gjennomføre av miljøvernstyresmaktene. Desse undersøkingane omfattar følgjande:

- a) Hydrografi, d.v.s. salinitet, temperatur og oksygen i sjøen, samt ulike vassprøver for kartlegging av utskiftingstilhøve.
- b) Straummålingar på ulike stader i dei berørte områda.
- c) Sedimentering og suspensjon/spreiing av bore- og krutslam nær tunnelåpningane og ved utfyllingsstadane.
- d) Botnfauna.
- e) Akvakultur, og dei konsekvensar ein tunnel vil kunne medføre.
- f) Konflikhtar i lokalmiljøet som følgje av endra bruk av sjøområda m.m.
- g) Islegging og brakkrvasstilhøve.

1.3.2. NHLs undersøkingar.

NHL sine undersøkingar hadde som formål å finne kva straumtilhøve som i ulike situasjonar kan oppstå inne i tunnelen. Eit sentralt spørsmål er om straumstyrken i perioder med kraftig vind vil bli så stor at manøvrering i tunnelen og ved tunnelåpningane blir vanskeleg. M.a.o. om tunnelen vil få redusert nyttegrad i perioder når behovet for ein slik tunnel er størst. Tidevassmålingane kan og

gje eit bilete av eventuell nettostraum gjennom tunnelen, som vil kunne påverke dei miljømessige tilhøva i området.

1.3.3. Problemstilling, tidsfrist og datarepresentativitet.

Undersøkingane som denne rapporten omtalar, har som det viktigaste formålet å danne grunnlag for å forutsei verknadane skipstunnelen kan påføre det lokale miljøet. Det er her særleg tale om Moldefjorden på sørsida av Stadlandet, og Kjødepollen/Vanylvsfjorden på nordsida. Desse to fjordarmane er i dag fysisk adskilde, og utgjer såleis to separate fjordar, med sitt særleine sirkulasjonssystem. Den prosjekterte tunnelen vil binde desse to fjordane saman, og i denne samanheng reiser det seg fleire problemstillingar.

For naturmiljøet kan det vere tale om endringar i utskiftingstilhøve og vasskvalitet, som igjen vil påverke det marine dyre- og plantelivet. Verkander for akvakultur næringa og tradisjonelt fiskeri står sentralt. Herunder kjem og faktorar som kva følgjer auka skipstrafikk vil få, og om eventuelt minka islegging i Kjødepollen vil gjere slutt på det tradisjonelle isfisket der.

Å knyte saman to fjordsystem som det her er tale om, kan òg få følgjer for m.a. spreining av fiskesjukdomar og algar. Auka skipstrafikk og endra brukstilhøve kan få negative følgjer for lokalbefolkninga, og skape interesse- og brukarkonfliktar. Skipstunnelen kan òg få positive følgjer for miljøet. I denne rapporten vil vi freiste å peike på også desse sidene ved prosjektet. Dei trafikkale og tryggleiksmessige føremonene ved å leie skipstrafikken gjennom, i staden for ut forbi Stad, er openberre. Desse sidene har vore gjennomgått av m.a. utbyggjaren sjølv.

Dei ulike delundersøkingane som blei nemnt i foregåande avsnitt, overlappar delvis kvarandre. Datainnsamlingsar-

beidet har for NIVA sitt vedkomande vore koordinert med arbeidet i samband med utarbeiding av kystzoneplan for Selje kommune. I NIVAs arbeid med kystzoneplanen inngår det ein del prøvetaking av sjøvatn og sediment. Mens denne prøvetakinga har eit tidsperspektiv på eit år (avslutting i juli 1988) har målingane i tilknytning til tunnelprosjektet foregått i ei kort og intensiv fase i perioden desember 1987 - mars/april 1988. Tidsfrist for denne rapporten var satt til 1. mai 1988, slik at målingane måtte få eit slikt avgrensa omfang. Dette er eit uheldig utgangspunkt for dei fleste av vurderingane som skal gjerast. Ein har ikkje fått med situasjonar som er representative for sommarhalvåret som er den perioden som er mest følsam for endra utskiftingstilhøve (størst organisk belastning), og som i tillegg vil få størst båttrafikk (lystbåtar m.m.). Vinteren 1987-1988 var òg unormal vêrmessig, med svært få uvêrsperioder. Dette har truleg gått ut over representativiteten til hydrografi- og tidevassmålingane. Ein kan ikkje forvente å ha observert ekstremsituationar når det t.d. gjeld vindoppstuving.

2. GENERELL OMTALE AV UNDERSØKJINGSOMRÅDET.

2.1. Geografi og botntopografi.

Figur 2.1 syner eit kartutsnitt med Stadlandet og tilstøytande område. Stadlandet strekkjer seg i nordvestleg

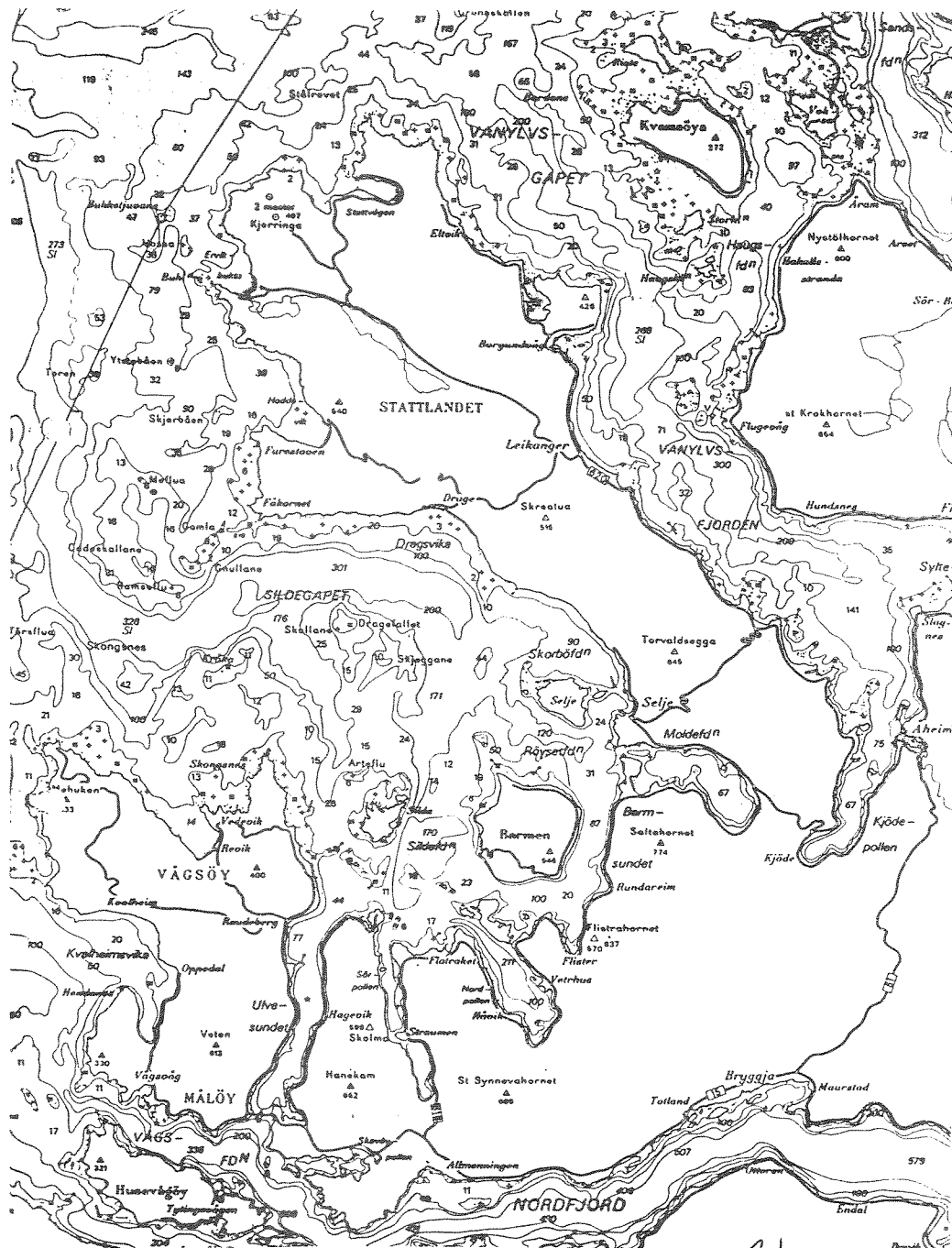


Fig. 2.1. Oversiktskart med Stadlandet og omkringliggende område.

retning i omlag 30 kilometers lengde. Smalaste og lågaste partiet er inst ved Mannseidet, mellom Moldefjorden og Kjødepollen. Moldefjorden munnar ut i Røysetfjorden gjennom ein relativt trang passasje; Saltasundet. Utanfor øyane Barmen og Selje ligg Sildegapet, som har åpent samband rett til havs.

Kjødepollen på austsida av Mannseidet dannar inste enden av Vanylvsfjorden, som over Vanylvsgapet har åpent samband til havs. Både indre deler av Vanylvsfjorden, og Moldefjorden, har spreidd busetnad langs strendene. Tettstaden Selje ligg utanfor sjølve Moldefjorden.

I figur 2.3 har vi markert eit snitt langs djupålen i h.h.v. Kjødepollen og Moldefjorden (traséen som snittet er teke langs, er indikert i fig. 2.2). I figur 2.3 er ein del verdiar for vassvolum og overflateareal markert, både for hovudbassenga og djupbasseng som er avgrensa av tersklar. Det framgår at Moldefjorden og Kjødepollen er av same storleiksorden både når det gjeld volum og areal. Kjødepollen/indre Vanylvsfjorden sitt effektive innstrøymingsareal er imidlertid vesentleg større enn Moldefjordens. Førstnemnde område har 2 tersklar med omtrent same terskeldjup og gjennomstrøymingsareal.

2.2. Vêrtilhøve.

2.2.1. Generelt.

Området kring Stad er eit av dei mest vêrharde langs Norskekysten, med hyppige stormperioder haust og vinter. Dei dårlege vêrtilhøva er den viktigaste årsaken til at spørsmålet om skipstunnel blei tatt opp.

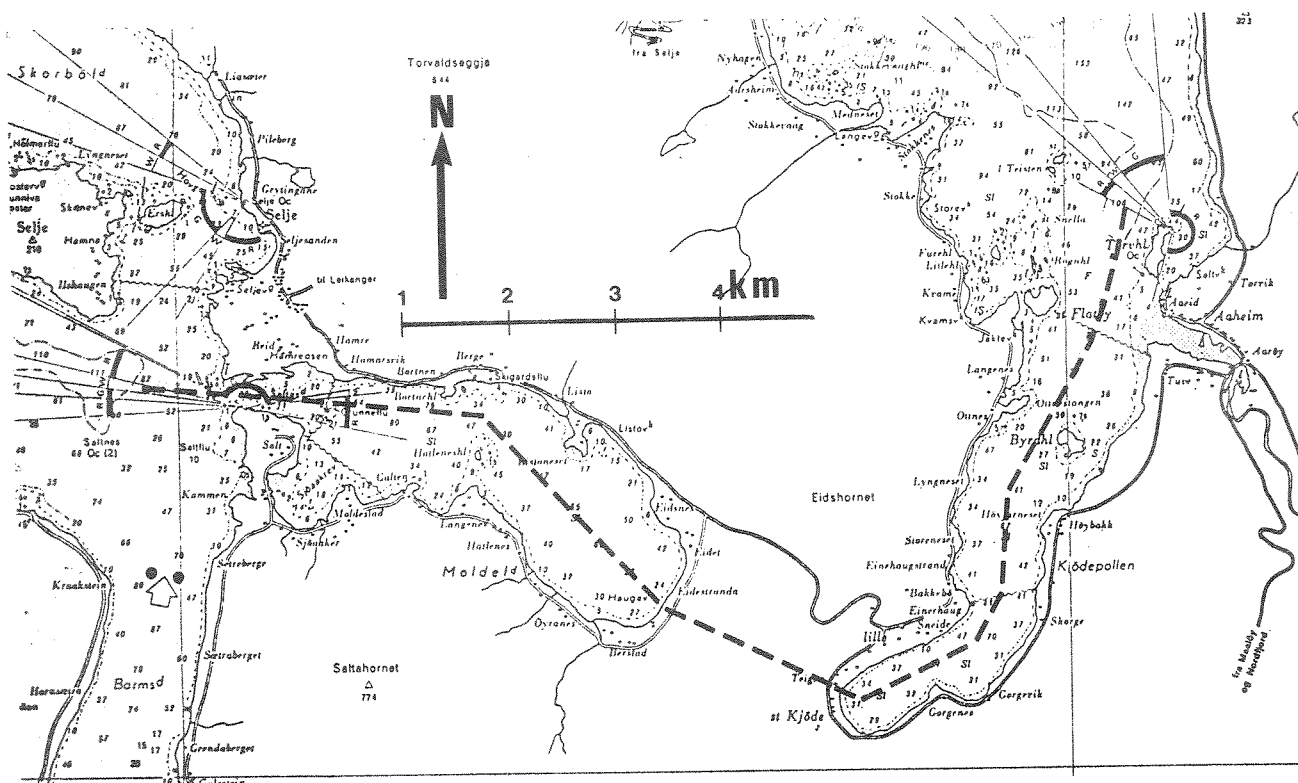


Fig. 2.2. Utsnitt av sjøkart nr. 29. Den stipla lina indikerer akse som snittet i fig. 2.3 er teikna langs.

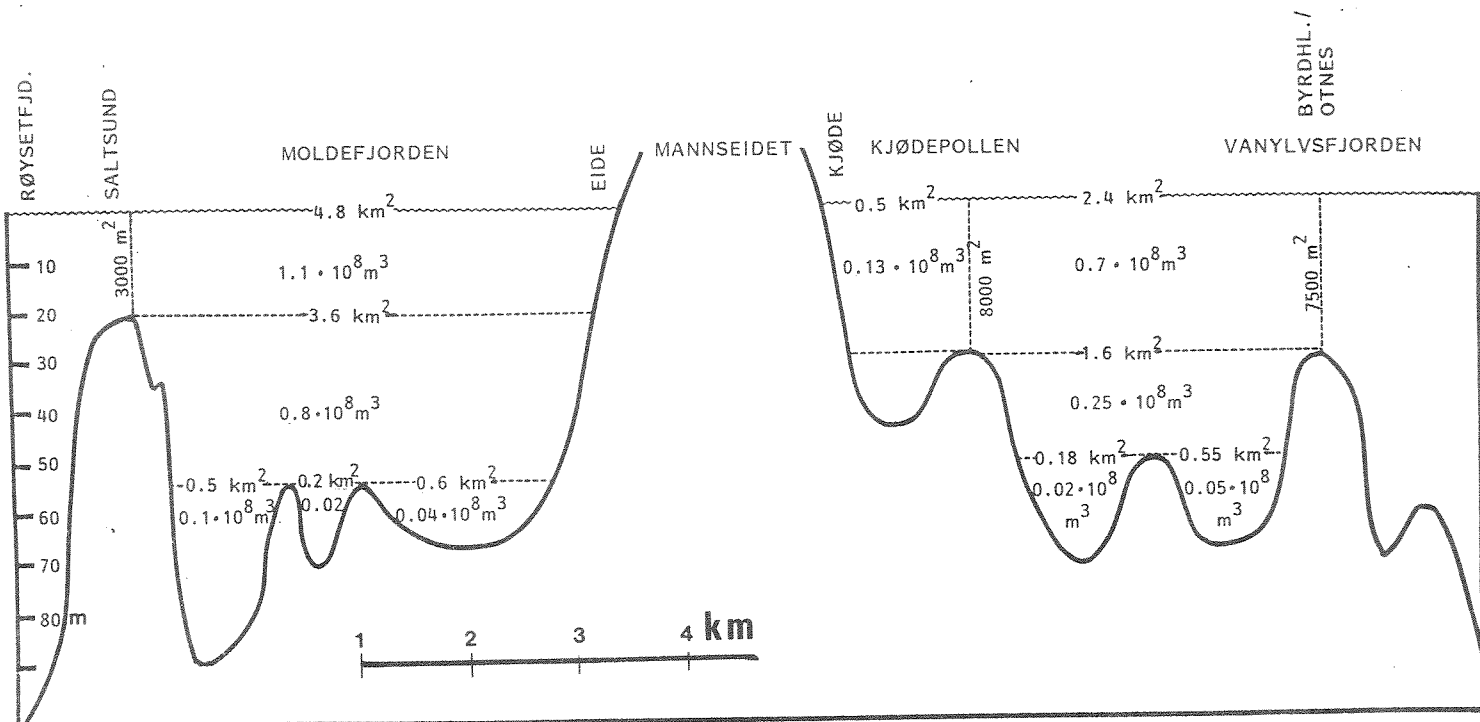


Fig. 2.3. Vertikalsnitt langs djupålen i Moldefjorden-Kjøddepollen. Ulike volum og areal er markert.

Sjølv om det bles hardt ute på sjølve Stadlandet, er vindtilhøva meir moderate i Moldefjorden og Kjøddepollen, og dei tilstøytande områda. Andersen m.fl. (1987) har gjennomgått statistikk for ulike vêrparametrar frå dei Meteorologiske stasjonane i området. Dette gjeld i første rekke Svinøy og Kråkenes, h.h.v. nord og sør for Stad. Næraste meteorologiske stasjon er Fiskåbygd, på nordsida av Vanylvsfjorden, som imidlertid kun har skjønsmessige observasjonar av vind (ingen vindmåling).

Betraktningane nedanfor baserer seg delvis på Andersen m.fl. (1987) sine kommentarar ang. generelle vêrtilhøve. På kysten representerer sørvest den hyppigast forekommande vindretninga (36% av tida), og samstundes den kraftigaste vinden. I 18% av tida bles det frå sør og søraust, og i 9% av tida frå nordvest. Desse tala er årsmedel. Sesongsmessige variasjonar forekjem. Typisk er nordavindsperioden i mai-juni.

I Fiskåbygd bles det oftare vind frå vest og nordaust, med lite sør-søraustleg vind. Sørvesten er også her hyppig. For vindstyrken nær tunnelåpningane kan det reknast med at nordvesten vil ta mest (70% av vindstyrken på Kråkenes). Sørvestleg vind vil vere redusert til 50% av styrken målt på Kråkenes. I austre innløpet (Kjøddepollen) er det rekna med 50% styrkereduksjon i sektoren SV-NV i høve til Kråkenes. Desse verdiane gjeld middelvind, ikkje vindkast. Vindkasta er statistisk rekna til å nå 40 m/s (50 års-verdien) og 35 m/s (10 års-verdien) ved tunnelåpningane, med retning mot opningane i Moldefjorden, og frå opninga i Kjøddepollen.

Temperaturtilhøva influerer m.a. på dei lokale sjiktnings-tilhøva i sjøen, samt isdanning. Sekundæreffekter kan m.a. vere lokal oppvarming og høg biologisk aktivitet/produksjon i sjøen. Karakteristisk for temperaturen på Nordvestlandet er milde vintrar og heller kjølege somrar. Årsmiddel-

temperaturen er 7°C. Kuldeperiodene i desember-april er oftast kortvarige. Avkjølinga er imidlertid periodevis så sterk at det legg seg inntil fleire tommar tjuk is i Kjødpollen. Desse periodene har oftast temperatur i området -5°C til 0°C. Middelterperaturane i vintermånadane ligg over 0°C. Sommarterperaturar over 20°C er sjeldne (0-5 dagar pr. år).

Området rundt Stad er relativt nedbørrikt, men med relativt store lokale variasjoner p.g.a. landformene. Mens Kråkenes har under 1200 mm nedbør i middel pr. år, og Svinøy 800 mm, har t.d. Stadlandet målestasjon rundt 2000 mm årsnedbør. Mai er den tørraste månaden, oktober den mest nedbørike (Kjelde: *Nedbørnormaler, Det Norske Metr. Inst., 1981*).

2.2.2. Vêrtilhøve i måleperioden.

Vind.

Hausten 1987 var prega av unormalt lite vind på Vestlandet. Første verkelege kulingen kom først i midten av desember. Dette kan ha medverka til m.a. dårlegare vassutskifting enn normalt. Januar hadde ein del kuling og storm. Styrke 10 var høgste målte vindkast på Svinøy (nordvest). For øvrig var nordavindsepisodene i januar-mars 1988 knytta til den kraftigaste vinden. Også sistnemnde periode var meir vindsvak enn normalt.

Temperatur.

Månadane desember-februar hadde middelterperatur over det normale. Mars ca. 1 grad under normalen. Første to vekene i mars haddde det mest markerte kaldvêrsinnslaget, med absolutt minimumstemperatur -2.8 grader 12/3 på Svinøy.

Nedbør.

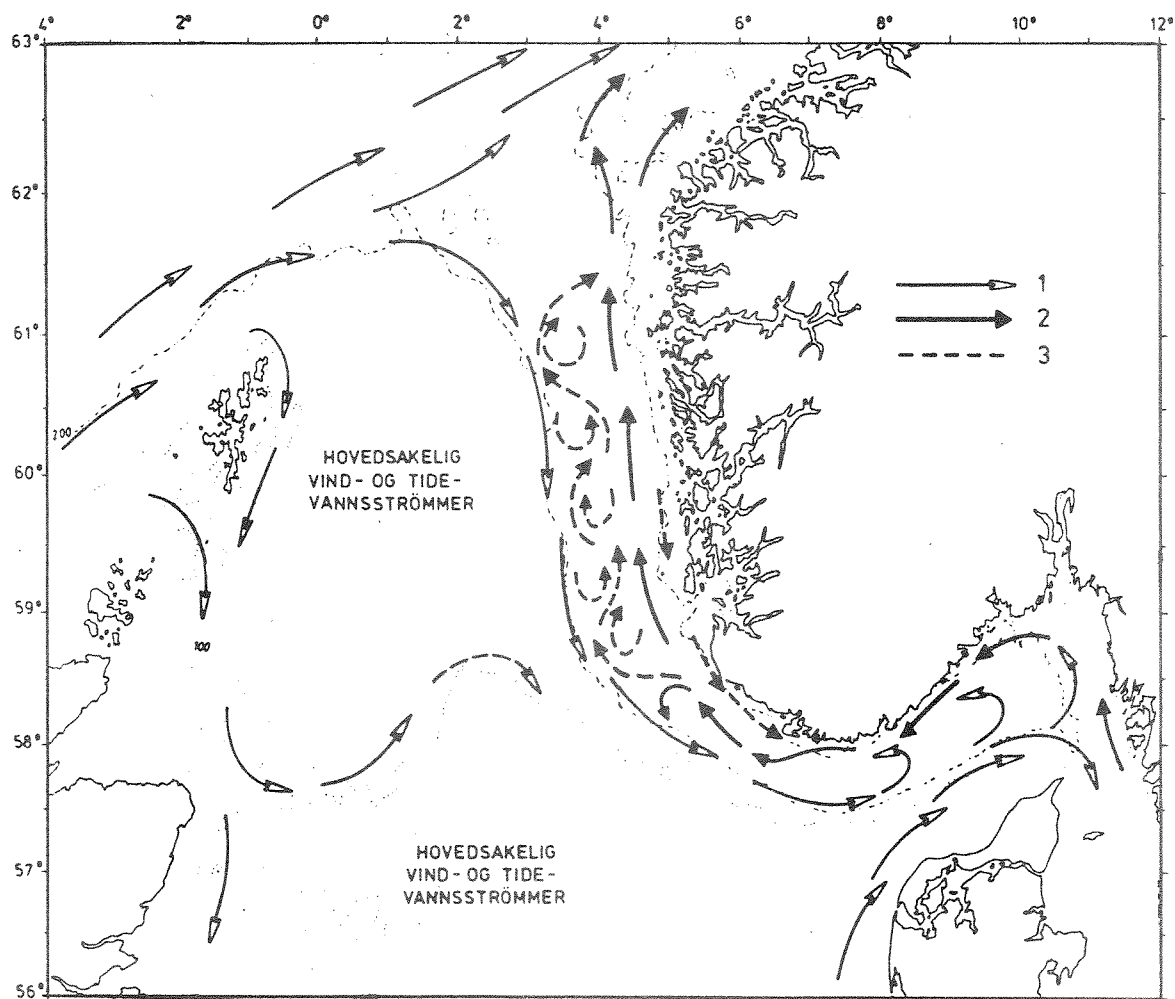
Desember-februar hadde omkring 10% meir nedbør enn normalt. Mars låg om lag 10% under normalen. Kjelde: *Klimaavd., Det Norske Metr. Inst.*

2.3. Hydrofysiske tilhøve.

Under samnemninga hydrofysiske tilhøve kjem ei rad fysiske prosessar og tilstandar. Dei mest åpenbare er bølger og straum. Genereringsmekanismene for desse er komplekse. For det marine miljøet spelar sjiktningstilhøva inn, dvs. vertikalfordelinga av salinitet og temperatur og dermed densitet. Mellom desse siste faktorane ("hydrografi") og straum/bølger er det òg eit komplekst samspel. Som modifieringsfaktor på dei foran nemnde fysiske prosessane/tilstandane kan nemnast tidevatnet, vekselverknad med atmosfæren, lokal ferskvasstilrenning, botntopografi m.m.

Det hydrografiske regimet i kystområda ved Stad vil vere dominert av Den Norske Kyststraumen, som fraktar relativt ferskt vatn nordover langs vestlandskysten. Breidda og intensiteten til denne straumen vil variere både på kortare og lengre tidsskalaer. Heilt inne ved kysten vil kyststraumsvatnet vere oppblanda med avrenningsvatn og lokalt modifisert (avkjølt/oppvarma) fjordvatn. Vestafor, og under Kyststraumen finns saltare vatn, med utgangspunkt i den Nordatlantiske Vestavindsdrifta. Dette Atlanterhavsvatnet har ei hovudstraumgrein som tangerer Eggakanten (fig. 2.4) på veg nordover. Langs vestsida av Norskerenna finns og ei straumgrein av Atlanterhavsvatn, som delvis blandar seg inn under Kyststraumen.

Samspelet mellom Atlanterhavsvatnet og Kyststraumen er svært viktig i samanheng med vassutskifting i terskelfjordane. Det er det salte Atlanterhavsvatnet som utgjer saltkjelda under danning av tilstrekkeleg tungt vatn til å fortrenge gamalt djupvatn i fjordane. I denne utskiftingsprosessen gjennomgår det gamle botnvatnet ein diffusiv modifisering (Gade og Edwards 1980) slik at det gradvis blir lettare. Utanfor terskelen må ein ha dei rette vilkåra for å få tungt (salt) vatn tilstrekkeleg høgt i vassøyla til at det kan skylle over terskelen. Desse



Midlere strømforhold i overflatelaget utenfor Sør-Norge.
 1) Atlantisk- eller Nordsjøvann. 2) Kystvann 3) Usikre eller variable strømmer (Sætre, 1983).

Fig. 2.4. Midlare strømforhold i overflatelaget utenfor Sør-Norge. 1) Atlantisk- eller Nordsjøvann. 2) Kystvann. 3) Usikre eller variable strømmer (Sætre, 1983).

vilkåra vil bestå av bl.a. tilstrekkelege mengder med salt Atlanterhavsvatn, og tilstrekkelege mengder med kaldt (og ikkje for ferskt) Kyststraumsvatn. Vidare må ulike dynamiske vilkår ang. Kyststraumen vere oppfylt. Indre bølger kan her vere viktige, og bidra til vertikale svingningar i vassøyla, med tilstrekkeleg amplitude til at tungt vatn periodevis kan nå opp over terskelnivå. Gunstige vindtilhøve (vind ut fjorden) vil så stimulere djupvassutskiftinga.

Det er kjent at dei hydrografiske parametrane i både Kyststraumen og Atlanterhavsvatnet varierer både på kortare og lengre tidsskala. Kyststraumen vil vere påverka av klimatiske tilhøve i Skagerak-Kattegat og Austersjøen. Det er kjent at salinitet og temperatur, som blir målt regelmessig i Atlanterhavsvatnet nordvest for Stad, har synt markante endringar gjennom fleire år, m.a. auka middelsaliniteten i Atlanterhavsvatnet i perioden 1978-1983. Frå 1983 har den falle igjen (Fisken og Hav 1988/1). Sidan saliniteten påverkar sterkt på sjøvatnet sin densitet, vil dette sei at eit av vilkåra for tetthetsdrevne terskeloverskyllingar og djupvassfornyng har vorte gradvis svekka i åra frå 1983-84.

Fysiske prosessar i dei områda som Stad-tunnelen vil kunne påverke, vil bli nærare omtalt i seinare kapittel. Eit sentralt fenomen her er tidevatnet og dei resulterande tidevass-straumane, som vanlegvis har eit vesentleg bidrag til utskiftinga i kystområda.

3. DATAINNSAMLING I NIVAS REGI.

For å kunne belyse dei forannemnde problemstillingane, har det vore naudsynt å samle inn ein del naturfaglege data i løpet av vinteren 1987-88. Tidspunktet for dei ulike registreringane som er nytta i denne rapporten, er synt i figur 3.1.

TIDSPLAN FELTMÅLING

	1987					1988			
	aug.	sept.	okt.	nov.	des.	jan.	feb.	mars	apr.
Prosjektperiode			←						→
Hydrografitokt	●		●	●	●	●	●	●	●
Straummåling					←			→	
Hydrokjemi				●	●	●	●	●	
Sedimentprøver	—								

Fig. 3.1. Tidsplan for NIVAS feltmålingsprogram. Data frå august blei innsamla i samband med kystsoneplanen.

3.1. Hydrografi.

Hydrografimålingane har vore gjennomført av ein lokal medarbeidar, med om lag ein månads tidsintervall. Desse målingane blei starta opp allereie i august, som ledd i granskingane under arbeidet med kystsoneplanen. Dette innsamlingsprogrammet blei noko modifisert for å stette krava til målingar i samband med Stadtunnelprosjektet som ikkje kom i gang før i oktober. I kystsoneplanen inngjekk målingar på ei rad ulike stader (stasjonar). Posisjonane for hydrografistasjonar og straussmålarriggar relevante for denne rapporten er synt i fig. 3.2.

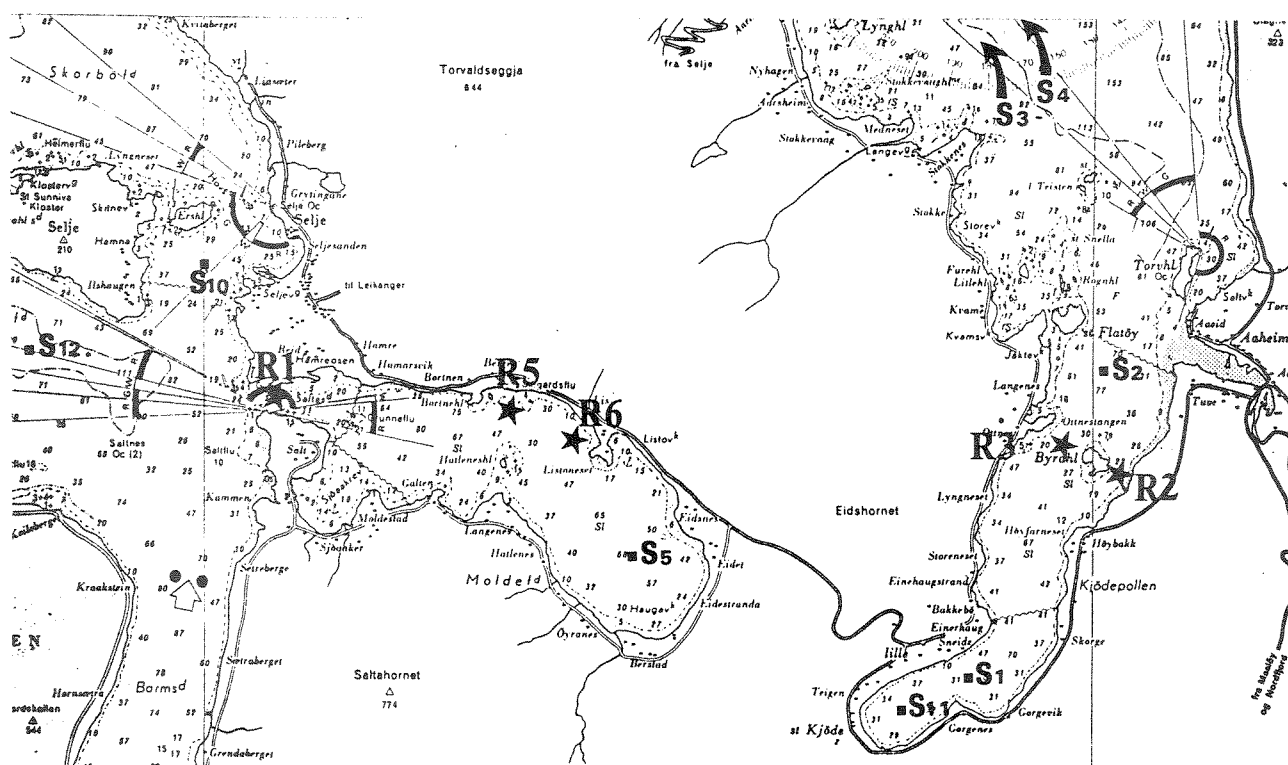


Fig. 3.2. Posisjonar for hydrografiske stasjonar og straummålarriggar i tilknytning til tunnelprosjektet.

Salitermssonde har vore nytta som måleinstrument. I tillegg er vannhentar benytta, dels for å få tatt målingar djupare enn det sonda rakk, og dels for å få vatn til kjemiske analyser. For å kontrollere salitermmålingane er det i enkelte djup tatt vassprøver for å få laboratoriebestemt saliniteten. Salinitetsdata frå dei ulike tokta har så blitt korrigert ut frå eit funne gjennomsnittleg avvik mellom lab. verdi og sondeverdi. Dei korrigererte verdiane bør etter denne korrigeringa ha ein absolutt nøyaktigheit betre enn ± 0.02 i salinitet.

3.2. Straummålingar.

For å få eit inntrykk av straumtilhøva, blei det utplassert sjølvregistrerande straummålarar på terskelen til Moldefjorden, samt i indre deler av Vannylvsfjorden. Figur 3.2 syner posisjonane for straummålarriggane. Det blei nytta straummålarar av typen Aanderaa RCM4 eller RCM7. Dette er sjølvregistrerande instrument, som i tillegg til fart og retning òg måler salinitet (eigentleg konduk-

tivitet) og temperatur i sjøen. Måleintervallet var 15 minutt. Tabell 3.1. syner djupder og måleperiode for dei ulike instrumenta.

Tab. 3.1. Oversikt over straummålarriggar og måleperiode.

Rigg	Instr.nr.	Djup	Måleperiode	
R1	183	2.5	9/12-8/2	Saltasundet
"	277	5	- " -	- " -
"	276	20	9/12-13/12	(Instrumentsvikt etter ca.14 dagar)
R2	668	5	10/12-9/2	Kjødep./Vanylvsfj.
R3	8362	2.5	10/12-9/2	- " -
"	900	5	- " -	- " -
"	269	35	- " -	- " -
R4	277	15	8/2-22/2	Hovsundet v/Selje sentrum
"	183	30	- " -	- " -
R5	277	15	22/2-3/3	Fyllingsområdet, Moldefjorden
"	183	30	- " -	- " -
R6	277	15	3/3-15/3	- " -
"	183	30	- " -	- " -

3.3. Andre prøver og data.

Sediment.

I samband med arbeidet på kystzoneplanen for Selje, blei det i august foretatt eit tokt der det blei tatt grabbprøver av sediment ulike stader i kommunen. Plasseringa til desse stasjonane er å finne i tabell 6.1 og 6.2, saman med andre data angående desse prøvene. Prøvene er førebels berre delvis analysert, særleg med tanke på å avdekke eventuelle kontrastar mellom nord og sørsida. Prøvene er imidlertid konserverte for eventuell seinare bruk.

Oksygen.

Under hydrografitokta blei det på dei fleste stasjonane tatt vassprøver for å bestemme oksygeninnhaldet kjemisk i laboratorium (Winklers metode). Generelt er det tatt prøver frå 20 meters djup, for å avdekke eventuelle geografiske forskjeller m.o.t. utskifting/oksygenforbruk i djup der tersklar ikkje hemmar utskiftinga. Vidare er det teke prøver lenger ned i vass-søyla, heilt ned til botn. Desse prøvene er analyserte ved Inst. for marinbiologi, Univ. i Bergen.

Andre prøver og registreringar.

På stasjon S11 i Kjødepollen og på stasjon S14 i Moldefjorden (fig. 3.2) blei det tatt blandprøver 0-5 meters djup i samband med øvrig hydrografi. Desse prøvene har blitt analysert på ulike næringssalt, samt klorofyll.

Av andre registreringar kan nemnast siktedjup, istilhøve og lokale vêrtilhøve. Når det gjeld vêrtilhøva for øvrig i måleperioden vår, har vi basert oss på data frå nærliggande faste meteorologiske stasjonar.

4. DATAPRESENTASJON.

4.1. Straummålingar.

Tidsserieplott av dei ulike strauummålingane er presenterte i appendiks 1. Nedanfor vil vi kort presentere dei ulike måleresultata, baserte på desse framstillingane, samt på progressive vektordiagram. Straummålingar frå rigg 4 i Hovsundet utanfor Selje sentrum er ikkje handsama i denne rapporten.

4.1.1. Moldefjorden.

I Moldefjorden blei det målt straum i utløpet, samt på to stader ved fyllingsområdet på nordsida (fig. 3.2). Ein del spesifikke måleresultat er tatt med i tabell 4.1.

Tab. 4.1. Straummålingane i Moldefjorden. Middelerdiar og ekstremverdiar.

Rigg	Djup	Vmiddel	Vmax	Vnett	D o m i n . retn.
R1	2.5	30 cm/s	140 cm/s	6 cm/s	mot V
"	5	25 cm/s	140 cm/s	1.5 cm/s	veksl.V/Ø
"	20	15 cm/s	35 cm/s	(0.4cm/s)	(V)
R5	15	8 cm/s	20 cm/s	1.5 cm/s	N/V
"	30	5 cm/s	17 cm/s	0.5 cm/s	V-Ø
R6	15	6 cm/s	18 cm/s	1.5 cm/s	N-S
"	30	4 cm/s	13 cm/s	0.5 cm/s	N-S/Ø

Eit særskilt trekk ved straumbilete på terskelen, er ein fluktuasjon med periode omlag 50 minutt, som meir og mindre markert går att i heile måleperioden vår (2 mnd). Figur 4.2 syner eit tidsserieutsnitt av målingane i 2 m djup. Desse hurtige svingningane var og synleg i 20 meters djup (barotopt signal). Svingningar med periode rundt 50 minutt

er også synleg i tidevannsobservasjonane inst i Moldefjorden, sjå NHLs Del II i denne rapporten.

Straumen på terskelen er sterkt tidevassdominert. Som ein indikasjon på nettoutsiftinga i dei ulike måledjup kan vi bruke nettostraum, som er straumen med det halvdaglege tidevass-signalet filtrert bort. Progressive vektordiagram er nyttige i nettostraumbetraktningar. Straumobservasjonane er her addert vektorielt etter kvarandre.

Nær overflata er nettostraumen retta utover (fig. 4.1), mens den i 5 meters djup vekslar mellom netto inngående og netto utgåande over 3-6 dagars perioder. I 20 m djup (like over terskelen) har vi målingar frå berre nokre få dagar, slik at det er vanskeleg å vurdera nettostraumen ut frå denne korte måleperioden.

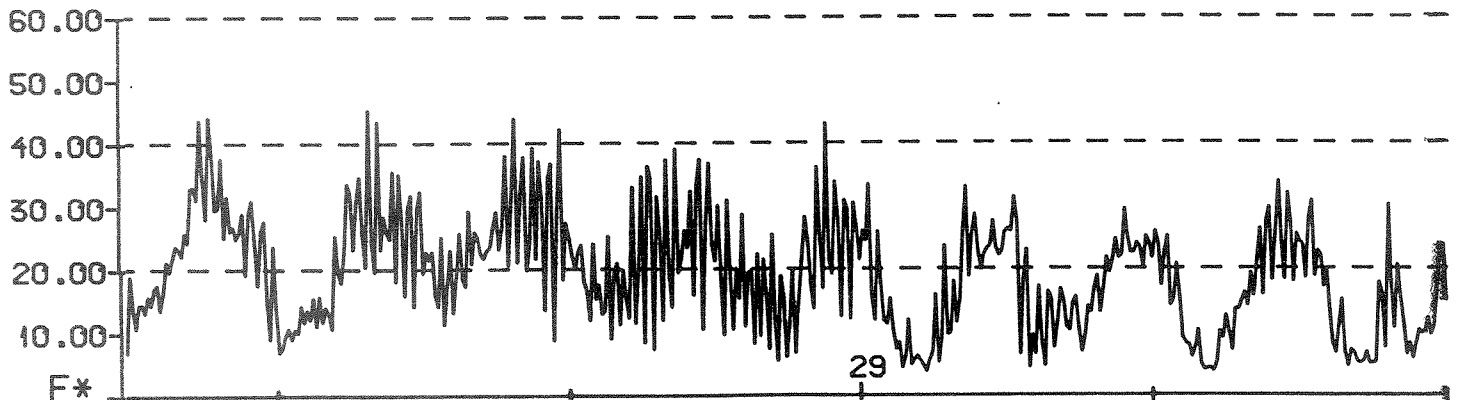


Fig. 4.1. Tidsserie av straumstyrke (cm/s) på terskelen til Moldefjorden. Dataserien er frå perioden 26.-30. januar 1988.

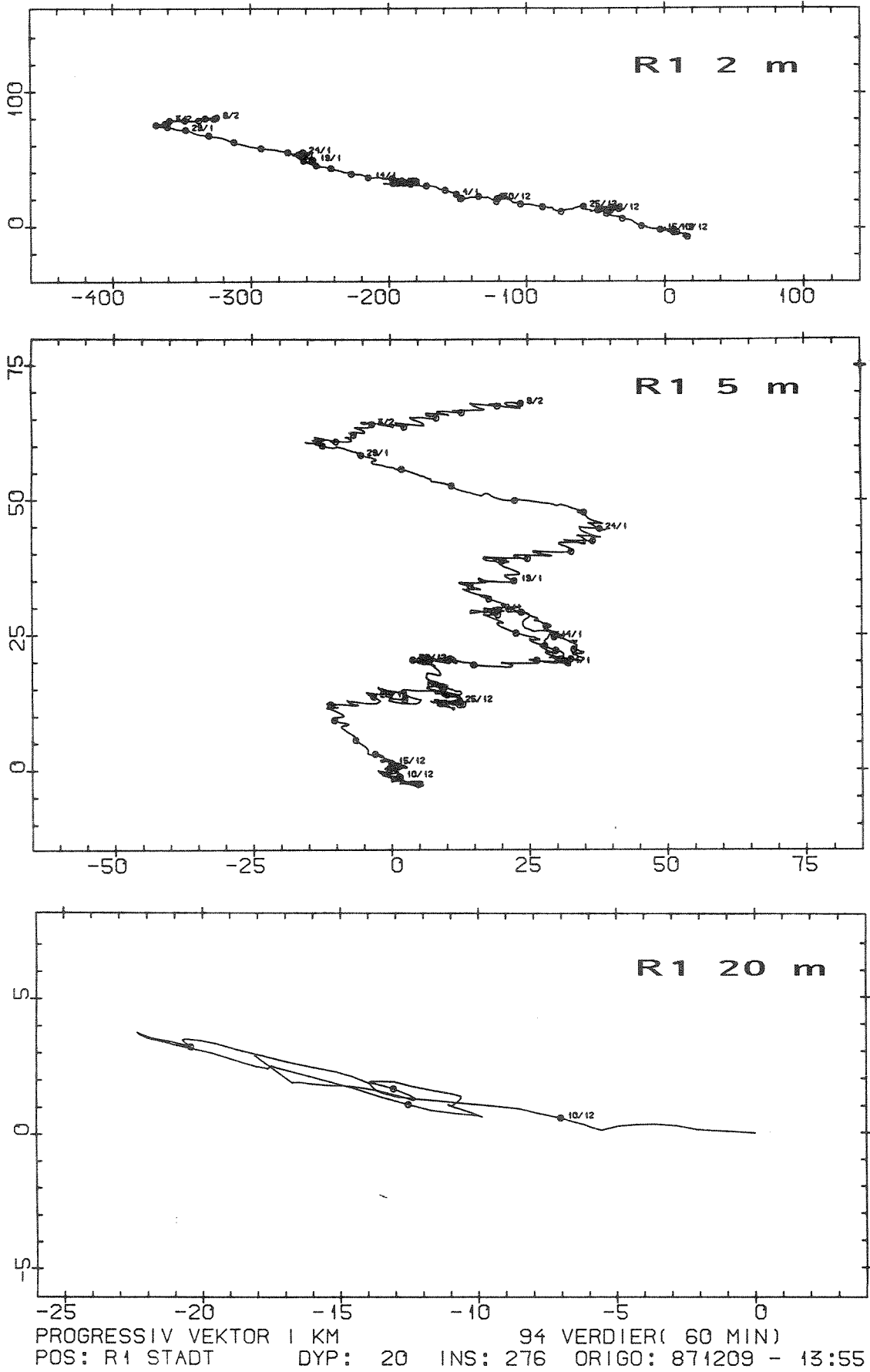


Fig. 4.2. Progressive vektordiagram for strømmålingane på Rigg 1, innlaupet til Moldefjorden.

Fyllingsområdet. Våre to korte måleseriar frå dette området indikerte relativt gode straumforhold i dette området. Ein del måleresultat er tatt med i tabell 4.1. Måleresultatata er framstilt statistisk i fig. 4.3, som retningsintervallfordeling. Av denne figuren framgår det kva retning som har flest observasjonar, størst middelfart og størst fluks (produkt av antal observasjonar og middelfart). Dei dominerande straumretningane er stort sett bestemt av den lokale topografi (langs botnkonturane). Desse måleresultatata blir diskutert nærmare i samband med tilslamming ved steinfyllinga (kapittel 7).

Kjødepollen.

I Kjødepollen blei det målt h.h.v. på aust og vestsida av Byrdholmen (fig. 3.2). Tidsserieplott av straum, samt temperatur er tatt med i appendiks 1. Tabell 4.2 gjev att ein del karakteristiske storleikar.

Tab. 4.2. Straummålingar i Kjødepollen. Nokre karakteristiske storleikar.

Rigg	Djup	Vmiddel	Vmax	Vnett	Domin retn.
R2	5	16 cm/s	45 cm/s	2 cm/s	Veksl.N/Ø - S/V
R3	2	14 cm/s	45 cm/s	2.7 cm/s	N/Ø
"	5	10 cm/s	55 cm/s	1.5 cm/s	Veksl.N/Ø - S/V
"	35	7 cm/s	47 cm/s	2.5 cm/s	S/V

Det karakteristiske trekket er netto utoverretta straum i overflata, og netto innoverretta straum nær terskeldjupet (fig. 4.4 og 4.5). Straummålingane i 5 meters djup på kvar side av Byrdsholmen er samanliknbare, med noko større verdiar på austsida. I dette djupet vekslar nettostraum mellom ut og inn (fig. 4.4 og 4.5).

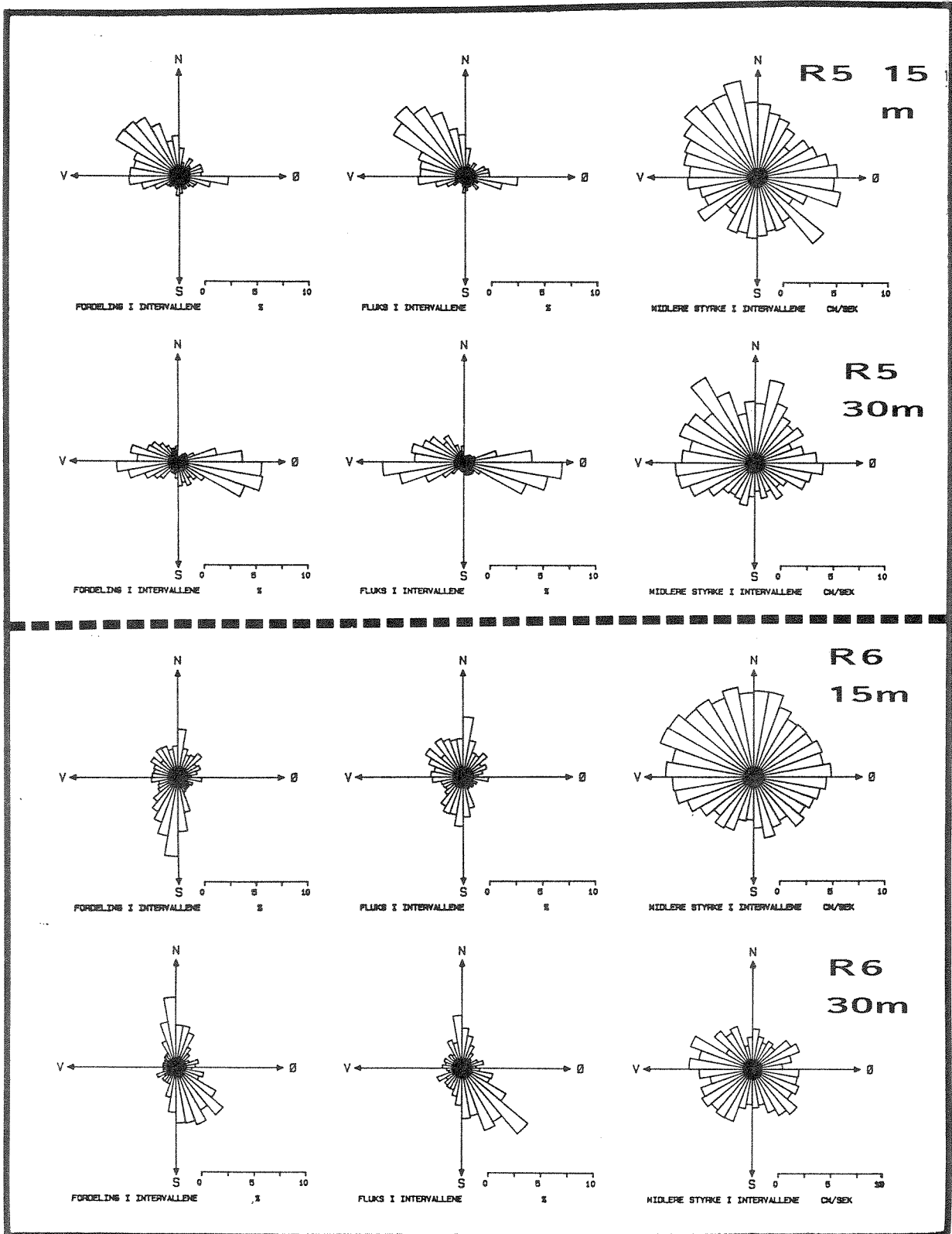


Fig. 4.3. Straumobservasjonane fordelt etter retningsintervall på R5 (øverst) og R6 i fyllingsområdet på nordsida av Moldefjorden (sjå fig. 3.2 for posisjonar).

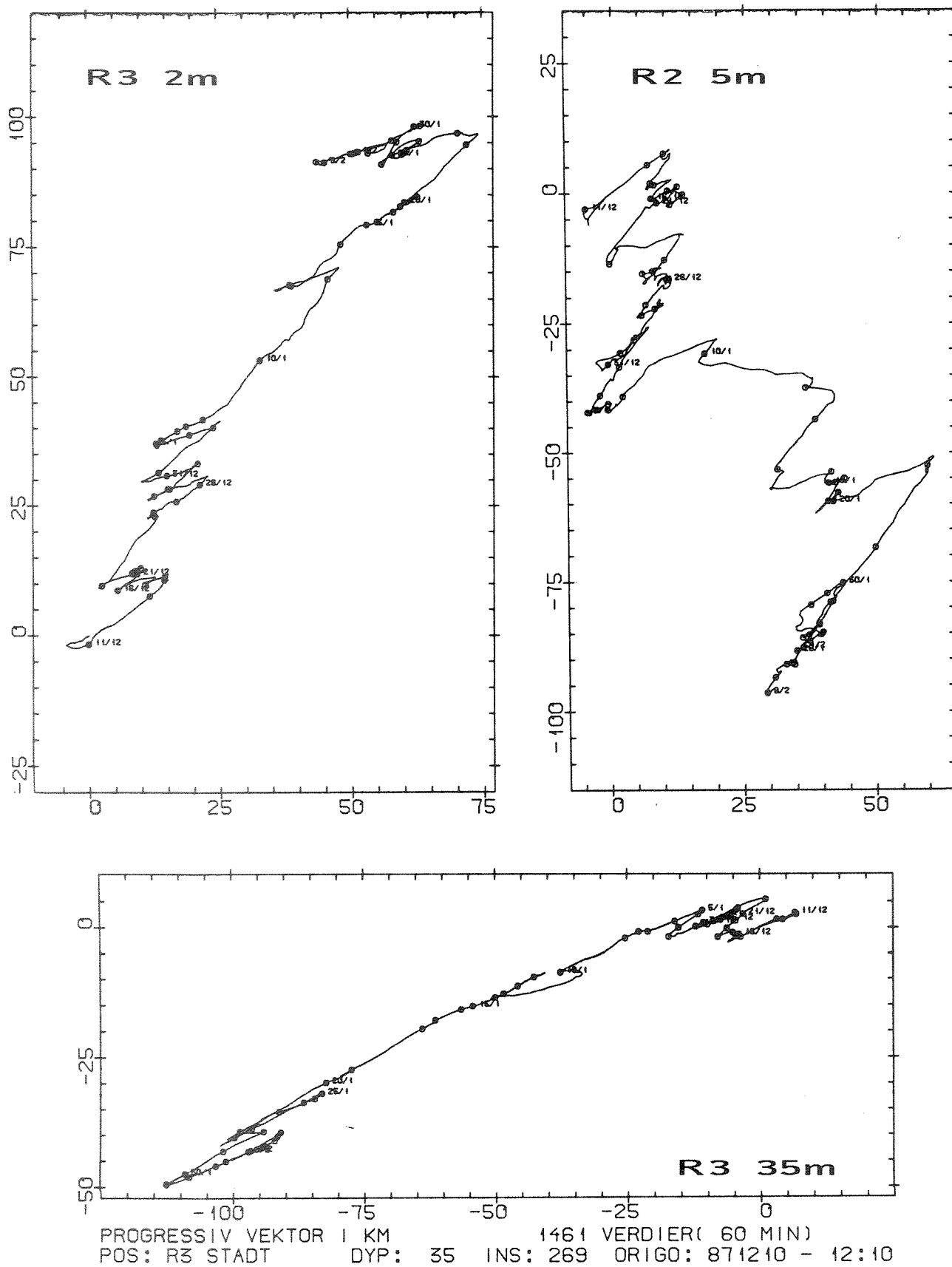


Fig. 4.4. Progressive vektordiagram for strømmålingene på R3, samt R2 i 5 m, med ytre terskelen til Kjødpollen.

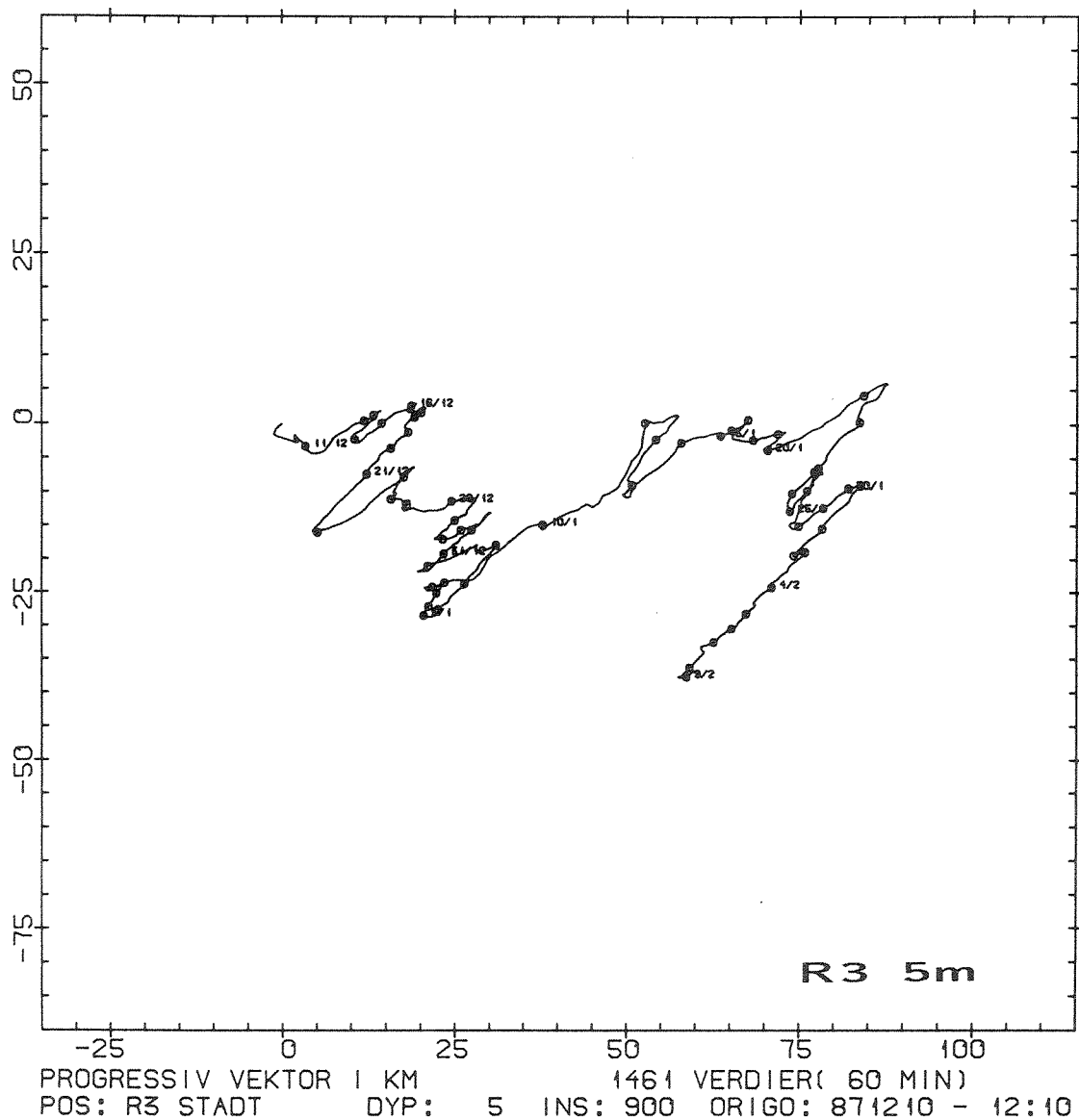


Fig. 4.5. Progressivt vektordiagram, R3 i 5 m djup.

4.2. Hydrografi.

Representativitet.

Dei hydrografiske T-S observasjonane frå Selje er plotta i spreingsdiagram, figur 4.6. Så godt som alle observasjonane fell innfor intervalla 30-35 i salinitet, og 4-13 grader i temperatur. Nokre få djupvassobservasjonar låg i overkant av 35 i salinitet, og ein del overflatesalinitetar låg i intervallet 28-30.

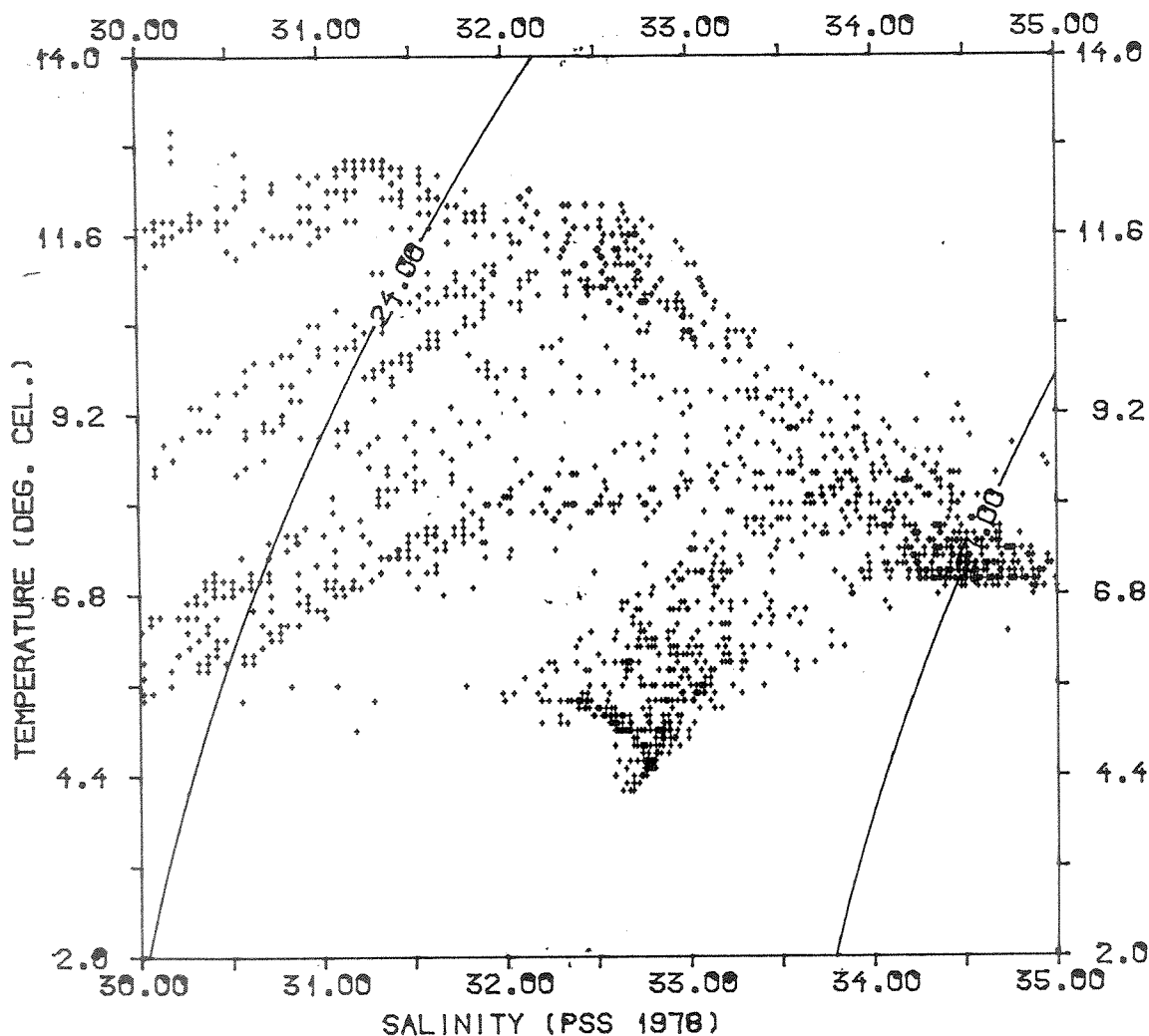


Fig. 4.6. T-S diagram, alle hydrografiske observasjoner fra Selje august 1987 - april 1988. Dei heiltrekne kurvene syner densitet (sigma-t), h.h.v. 24.0 og 27.0.

Dei to karakteristiske punktskyene markerer djupvatn ($S > 34$) og vinteravkjølt overflatevatn ($T < 7^{\circ}\text{C}$, $32 < S < 33.5$). Den gradvise avkjølinga i øvre vasslag (til venstre i fig. 4.6) gjev seg lite utslag i densitetsdifferanse mellom øvre lag og djupvatnet. Først i mars-april er øvre lag så godt avkjølt at dette gjev seg utslag i vertikalsjiktninga. Berge og Pettersen (1981) presenterte eit hydrografisk snitt langs Vanylvsfjorden, basert på data frå november 1980. Samanlikana med våre T-S observasjonar frå ytre Vanylvsfjorden i november 1987 synte 1987 verdiane høgare

Vanylvsfjorden i november 1987 synte 1987 verdiane høgare (1-2 grader) temperaturar heilt ned til 150 meters djup. Øvre og intermediære lag (0-80 m) var vesentleg ferskare i 1987. Forskjellen i salinitet i 0-30 m t.d. var rundt 2.0 mellom 1980 og 1987. Djupvass-saliniteten var høgare i 1987, samanlikna med 1980. Innanfor ytre terskelen i Kjødpollen var djupvassverdiane i salinitet og temperatur h.h.v. 34.5 og 8 grader i 1980, mot h.h.v. 34.93 og 7.1 grader i 1987. Våre observasjonar indikerer m.a.o. at vassøyla i november 1987 var meir sjikta, og mindre "innstilt" til terskeloverskyllingar (djupvassfornyng), samanlikna med tilhøva i 1980.

Det salte (og tunge) djupvatnet i Kjødpollen i 1987-88 kan ha samanheng med den før nemnde generelle reduksjon i salinitet i Atlanterhavsvatnet etter 1983-84 (avsn. 2.3). Det manglar imidlertid rapport om denne reduksjonen har halde fram også i 1987-1988. Norsk Oseanografisk Datasenter (NOD) har framskaffa T-S middelveidiar for ulike månader frå Svinøysnittet. Dette er data frå perioden 1950-1975. Samanliknar vi våre observasjonar på S4 ute i Vanylvsfjorden med NOD sine data frå området rundt Svinøy, kan vi sette opp følgjande tabell.

Tab. 4.3. Differanse i salinitet ($\times 10^{-3}$) og temperatur ($^{\circ}\text{C}$) i 30 m og 100 m mellom våre observasjonar (S4) 1987-88, og tilsvarende gjennomsnittsverdiar ved Svinøy (Kjelde: NOD).

	august		november		desember		mars	
	30 m	100 m	30 m	100 m	30 m	100 m	30 m	100 m
S diff	-0.14	-0.4	-1.0	+0.25	-1.6	+0.36	-1.5	+0.2
T diff	-0.3	-0.1	+0.8	-0.5	-1.0	-0.1	-1.1	+0.3
Ant. obs. i Svinøy- snittet	8	8	4	4	12	9	4	4

Sjølv om den statistiske signifikansen i middelværdiane frå NOD varierer frå månad til månad, indikerer tabell 4.3 at vi i 1987 hadde eit ferskare overflatelag, og (om vinteren) saltare djupvatn, samanlikna med middelværdiar frå ei tidlegare periode.

Tidsutvikling.

Hydrografi-målingane er samanstilte i form av tid-djup konturplott. Figur 4.7.1 og 4.7.2 syner tidsutviklingen for h.h.v. stasjon S4 og S12. Sjå fig. 3.2 for stasjonsplassering. S4 og S12 var stasjonane som hadde djupaste målingane, og representerer hydrografiske tilhøve i yttergrensene for vårt geografiske analyseområde, S4 på nordsida og S12 på sørsida av Stad.

Målingane syner stort sett samsvar når det gjeld hydrografiske tilhøve. Temperaturen har sitt maksimum på ettersommaren, med temperatur rundt 12 grader i øvre vassøyle. Eit mellomsjikt med vertikalt temperaturmaksimum utvikler seg ut over hausten, etter kvart som overflateavkjølinga tiltar. Dette maksimumet forsvinn rundt årsskiftet. Avkjølinga gjennom heile vassøyla heldt fram når våre målingar blei avslutta (april 1988).

Saliniteten har eit haust-minimum i øvre vassøyla (0-50 m) med lågaste overflateverdiar i underkant av 30. Dette minimumet er mest markert i Vanylvsfjorden (S4). Tetthetsfordelinga syner gradvis aukande verdiar i øvre vassøyla. Flata for sigma-t lik 26.0 ligg rundt 40 m på S12 (sørsida) om vinteren. Tilsvarende djup for S4 blir først nådd mot slutten av vår måleperiode. I utskiftingssammenheng i samband med terskeloverskyllingar, er såleis vannsøyla tilsynelatande tidlegare "klargjort" på sørsida av Stad.

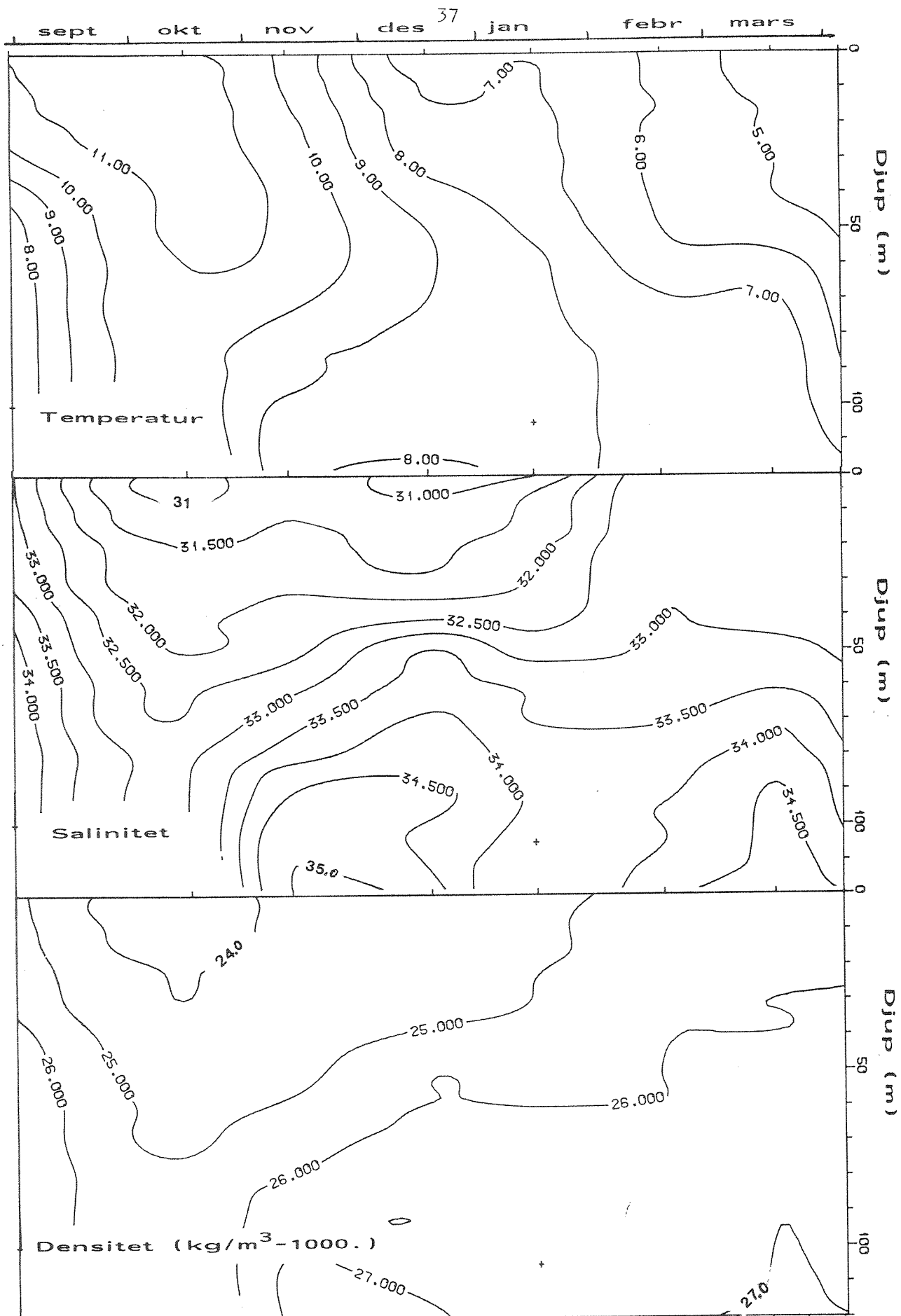


Fig. 4.7.1. Tidsutvikling av temperatur, salinitet og densitet for „dei hydrografiske observa-sjonane på S4, Vanylvsfjorden.

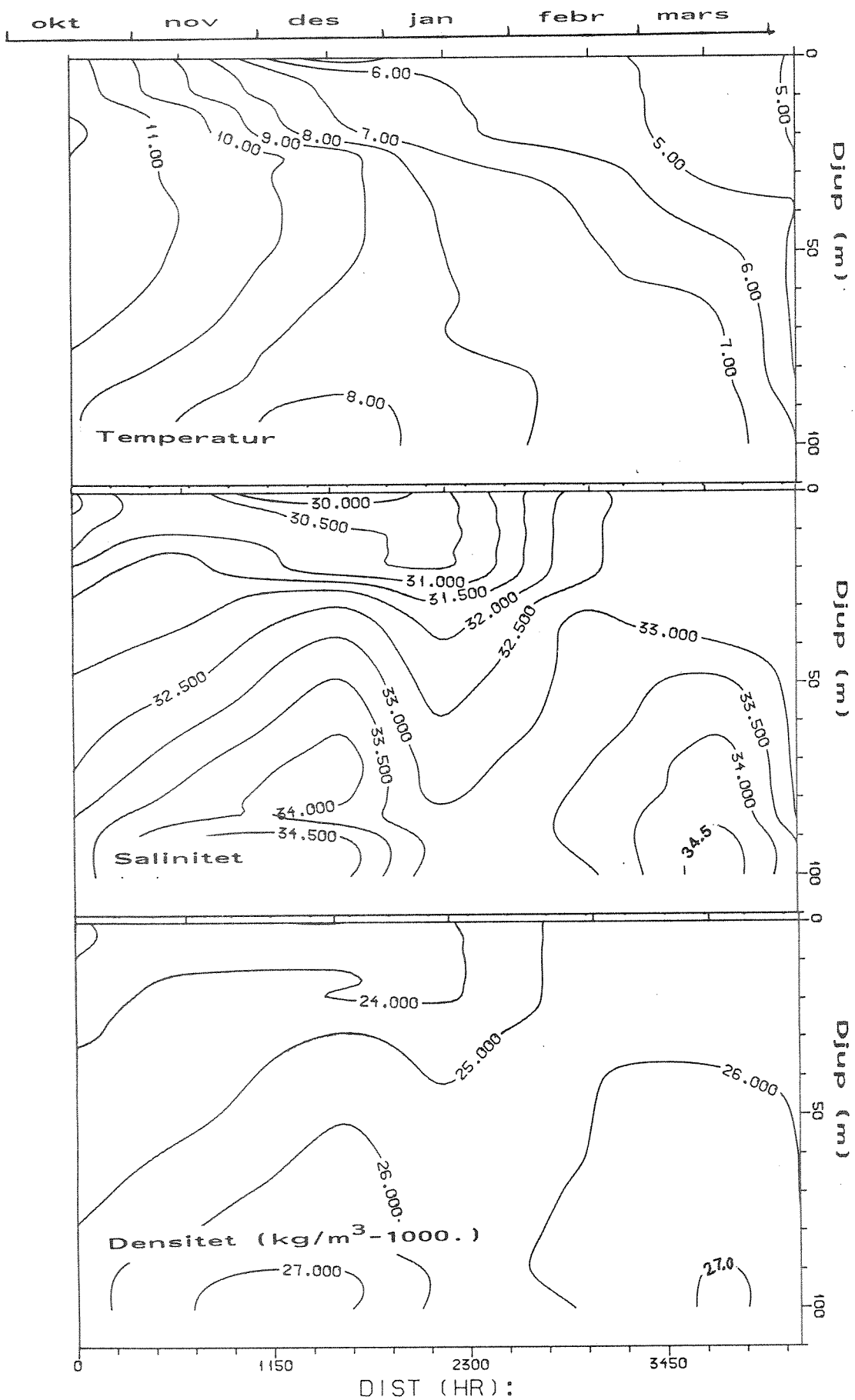


Fig. 4.7.2. Tidsutvikling av temperatur, salinitet og densitet for dei hydrografiske observasjonane på S12, Røysetfjorden.

Figur 4.7.3 og 4.7.4 syner tid-djup plott for stasjonane S1 i Kjødipollen og S14 inst i Moldefjorden. Maksimum observasjonsdjup var h.h.v. 75 m og 55 m. Det er noko meir brakkvassinnslag på S1 enn på S4 lenger ute i Vanylvsfjorden. Mest markert brakkvassinnslag hadde for øvrig stasjon S11 inst i Kjødipollen. Sjå seinare diskusjon angående islegging. Det mest markerte trekket ved både Kjødipollen og Moldefjorden er det karakteristiske sprangsjiktet i djup som samsvarar med terskeldjupnene for dei to bassenga. Dette sprangsjiktet syner teikn på å forsvinne mot slutten av vår observasjonsperiode. I begge bassenga har ein òg eit sjikt med temperaturmaksimum, som gradvis blir svekka, men fortsatt eksisterer mot slutten av vår observasjonsperiode. Sjiktet er mektigast i Kjødipollen. Dette karakteristiske sjiktet består av vatn frå foregåande sommar/haust, og er typisk også for dei fleste andre terskelfjordar.

Hydrografiske korttidsvariasjoner.

Dei regulære salitermålingane vil ikkje kunne avsløre korttidsvariasjonar i salinitet-temperatur. Straummålarane registrerte imidlertid desse parametrane kontinuerleg. Figur 4.8 syner tidsutviklinga i 2 meters djup på terskelen til Moldefjorden, samt i 35 meters djup på R3. Desse målingane er ikkje kalibrerte. Måleperiode: desember-januar.

Figur 4.8 syner generelt sett fallande temperatur og aukande salinitet i begge djup. Densitet (X) aukar også i løpet av måleperioden desember-januar. Øvre lag ved terskelen til Moldefjorden opplever raske endringar i salinitet på $1-2 \times 10^{-3}$. Temperaturendringane dreier seg om 1-2 grader. I 35 meters djup (Kjødipollen) er korttidsendringane mindre, typisk rundt 0.5 i salinitet og 0.5 grader i temperatur. Første to vekene i januar aukar densiteten frå 24.75 til 26.25 slik at eventuell djupvassutskifting i bassenga innafor teoretisk kan skje.

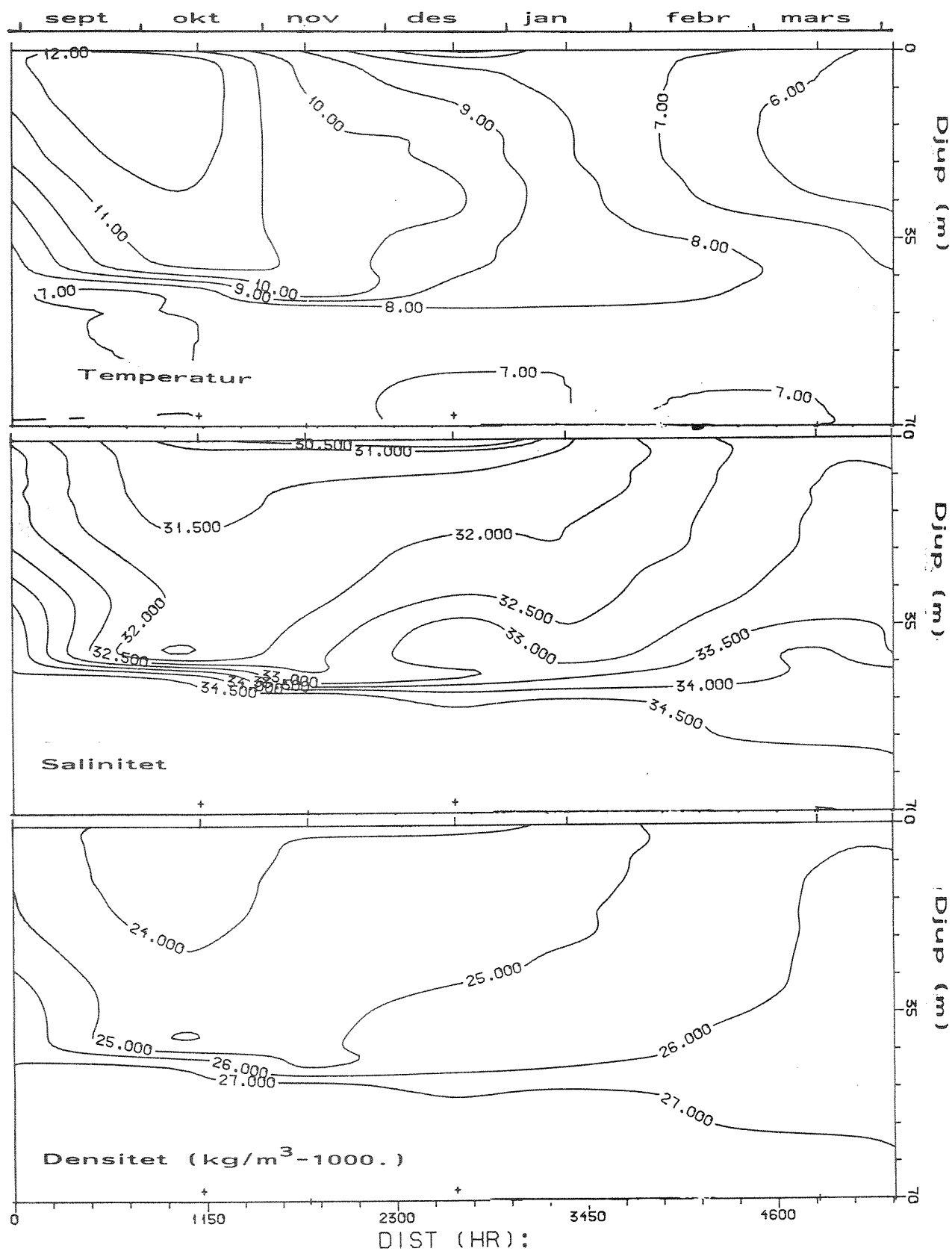


Fig. 4.7.3. Tidsutvikling av temperatur, salinitet og densitet for dei hydrografiske observasjonane på S1, Kjødepollen.

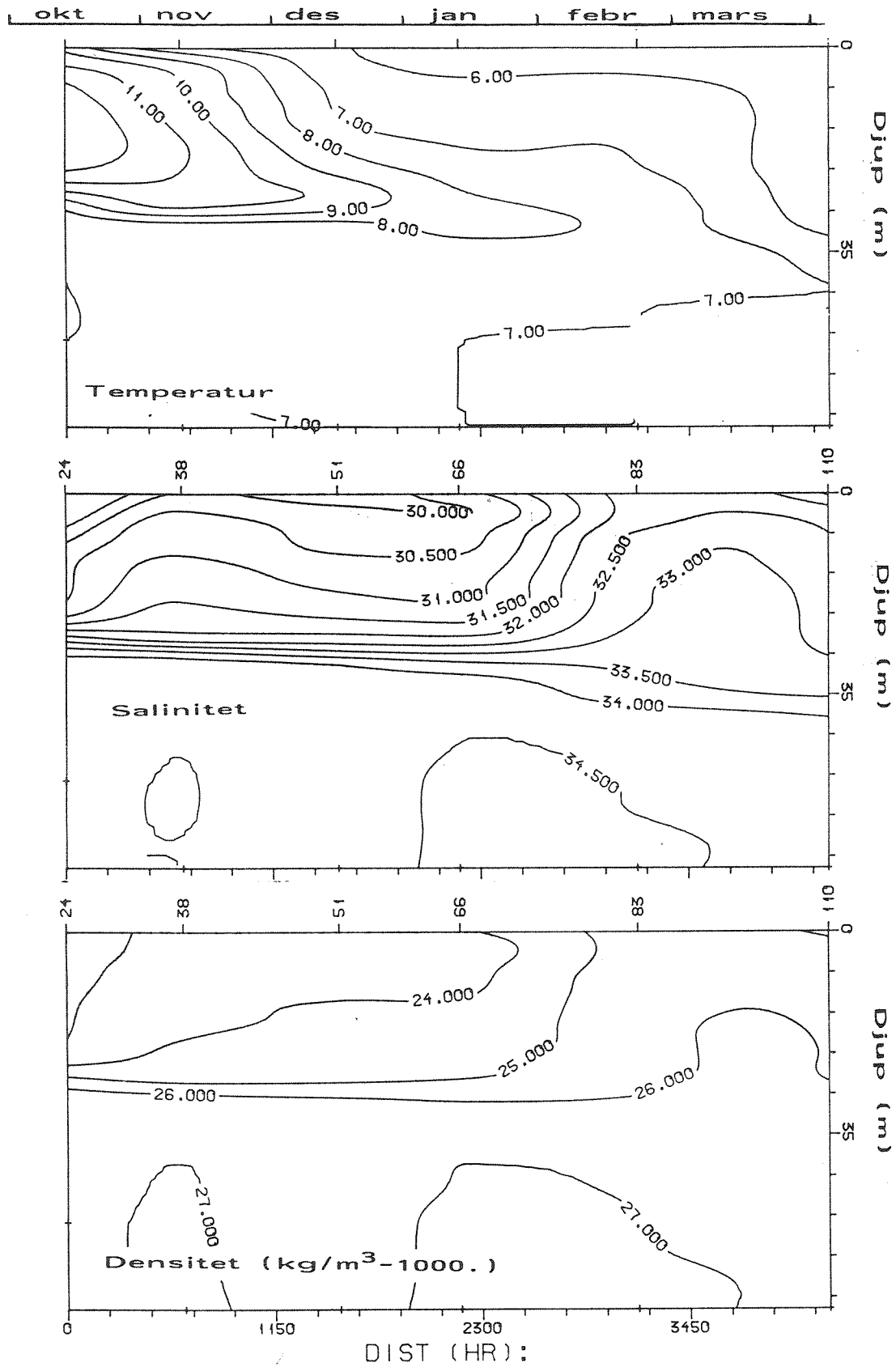


Fig. 4.7.4. Tidsutvikling av temperatur, salinitet og densitet for dei hydrografiske observasjonane på S14, Moldefjorden.

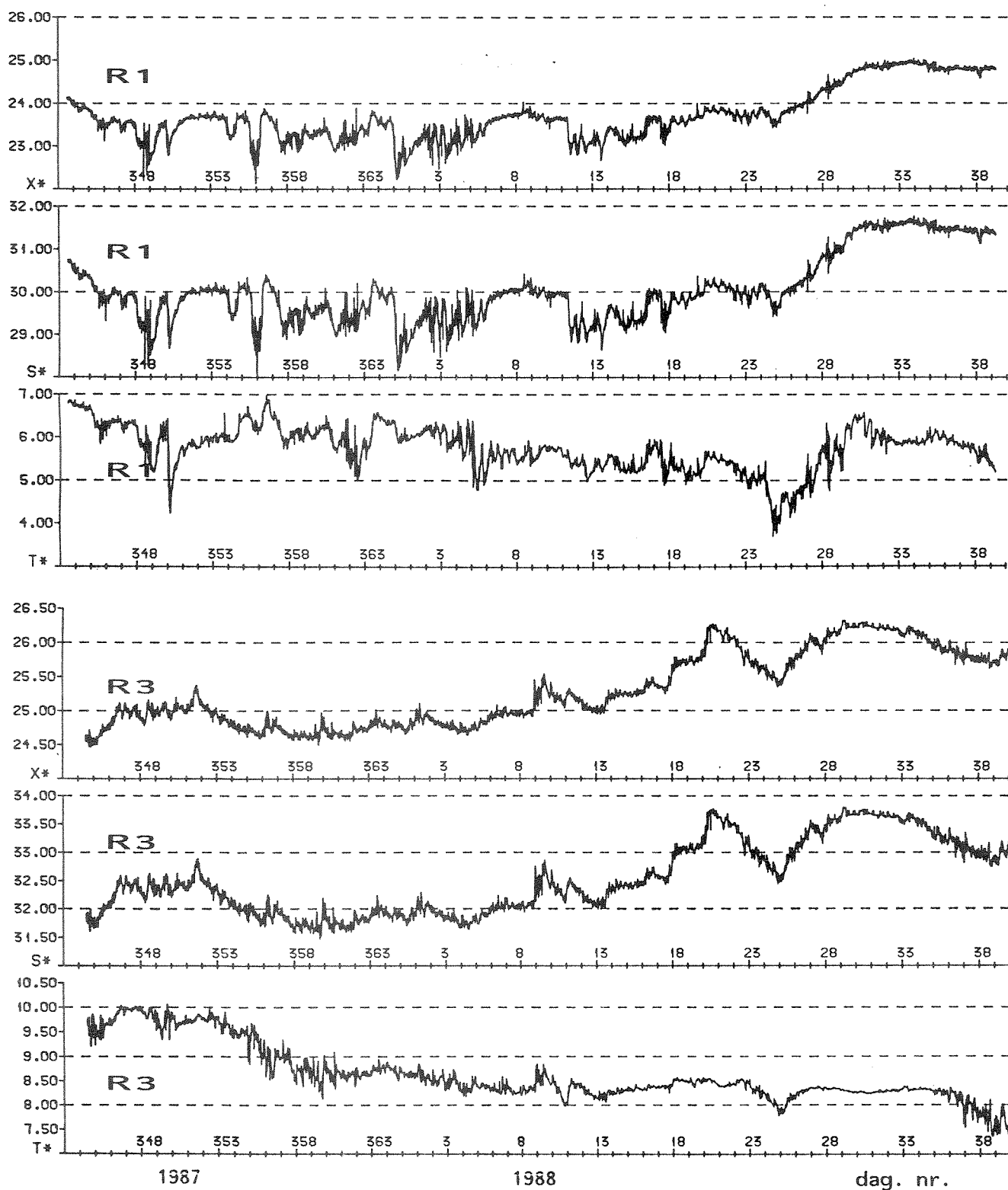


Fig. 4.8. Tidsserier av temperatur (T), salinitet (S) og sigma-t (X) for perioden 10/12 1987 - 10/2 1988 på rigg 1 i 2 m og rigg 3 i 35 m djup.

4.3. Andre data.

Oksygen.

Mange av dei stasjonane som inngår i det pågåande måleprogrammet i Selje ber preg av redusert oksygeninnhald i djupvatnet. Dette gjeld særleg stasjonar i Moldefjorden og Kjødpollen, der det frå før har vore konstatert låge oksygenverdiar (Hovgaard og Moldestad, 1984, Johannessen, P. og Stensvold, A.M. 1986, Berge og Pettersen, 1981). Også stasjon S10 (fig. 3.2) utanfor Selje sentrum har kritisk låge verdiar i botnvatnet, med H_2S observert i april 1988. Som eksempel presenterer vi tidsutvikling i oksygen i djupvatnet på S5 og S11 i fig. 4.9. På begge stasjonar er det kritisk låge verdiar i djupvatnet. S11 hadde ei mellomlagsutskifting i februar. Ved botnen merkast ikkje denne utskiftinga før i april, då verdiane er oppe i 4 ml/l, tilsvarende ca. 60% metning. Det kan nemnast at på S1 lenger ute merkast inga utskifting i djupvatnet. Verdiane fell der til 0.3 ml/l i april. På S5 fell verdiane i 55 meter kontinuerleg, utan at noka vesentleg utskifting har skjedd innan april. I 40 meter er det ei forbigåande forbetring i februar-mars, før verdien der fell til 2.5 ml/l i april. Nye data frå mai 1988 tyder på framleis dårleg djupvasskvalitet i dei nemnde bassenga (J.P. Venøy, pers. komm.).

Stigebrandt og Aure (1988) undersøkte oksygentilhøva i 29 fjordar på Møre i 1986. Kjødpollen hadde den nest-høgaste observerte oksygenreduksjon i djupvatnet av alle desse fjordane. Moldefjorden var ikkje med i denne undersøkjinga.

Næringssalt m.m.

Desse prøvene blei tatt h.h.v. i Moldefjorden og i Kjødpollen. Prøvene blei tatt på eit tidspunkt på året då ein ikkje forventar dramatiske utslag i desse verdiane. Prøveverdiane kan gje indikasjon på bakgrunnsverdiar og eventuelle skilnader i vasskvalitet i overflatelaget

mellom dei to fjordane. Verdiane vil og vere nyttige i samband med framtidig overvaking. Tabell 4.4 syner måleresultata (frå NIVAS laboratorium i Oslo), samt middelerdiar og differanse i middelerdi mellom Moldefjorden og Kjødepollen. For dei fleste parametrane har Moldefjorden dei høgste verdiane. Tot-N/Tot-P forholdet er rundt 11-12, og kan indikere eit visst N-overskudd i begge fjordane. TOC verdiane er høge, og indikerer store mengder organisk stoff av ikkje-planktonisk art (lave klorofyllverdier). Verdiane i tabell 4.3 blir vidare kommentert i kapittel 7 om akvakultur.

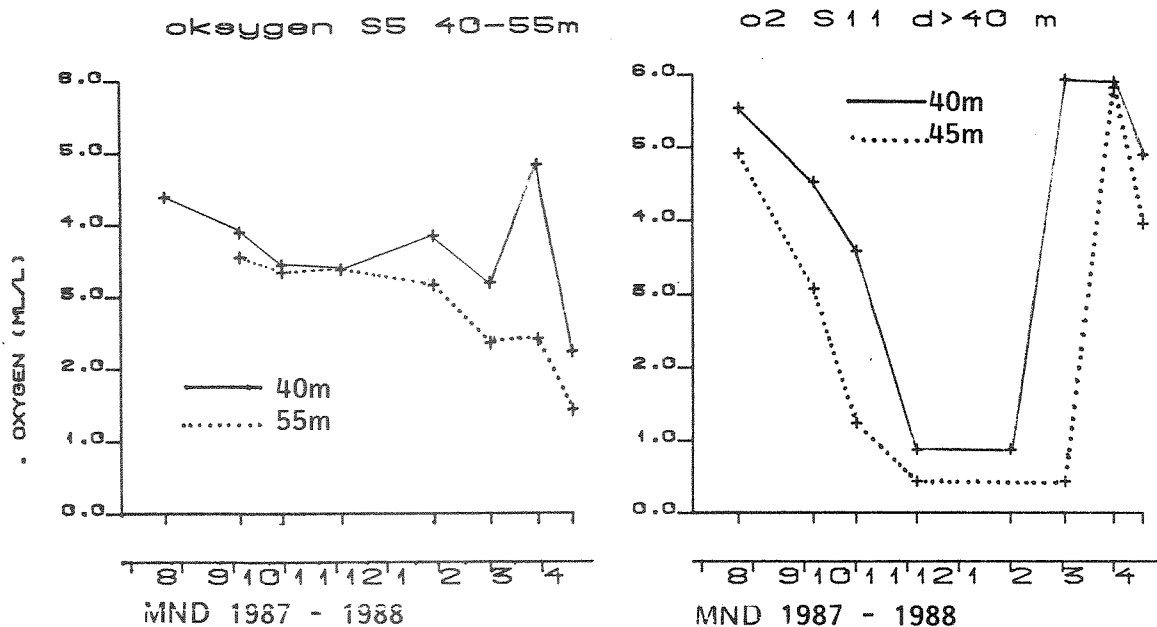


Fig. 4.9. Tidsutvikling av oksygeninnhald (ml/l) i djupvatnet på stasjon S5 og S11. For S5 er verdier frå 40 og 55 m plotta. For S11 tilsvarande 40 og 45 m.

Tab. 4.4. Måleresultat for blandprøver 0-5m (prøvetakingsdjup: 0, 2, 3, 4 og 5 m) i Kjødipollen og Moldefjorden.
x angir middelværdi

		1987		1988			X	Diff. X (Mo-Kj)
		nov.	des.	jan.	feb.	mars		
NO ₃ (µg/l)	Mo	81	104	125	135	89	107	+17
	Kj	61	107	119	129	32	90	
Tot-N (µg/l)	Mo	281	383	353	341	306	333	-12
	Kj	465	371	309	273	306	345	
Tot-P (µg/l)	Mo	23	36	30	37	22	30	+8
	Kj	12,5	26	21	25	23,5	22	
PO ₄ -P (µg/l)	Mo	14	17,5	28,5	28	15	21	+7
	Kj	11	16	16	17,5	10	14	
NH ₄ (µg/l)	Mo	60	28	15	19	14	27	+9
	Kj	40	26	6	15	12	20	
TOC (mg/l)	Mo	8,5	3	3,1	2,6	3,7	3,9	-0,6
	Kj	4,1	3,9	7,9	3,5	3,1	4,5	
KLA	Mo	0,46	(0,17)	(0,04)	-	1.8	-	-
	Kj	0,7	(0,199)	(0,1)	-	10.5	-	

5. TUNNELENS INNVERKNAD PÅ STRAUMTILHØVE.

5.1. Overflatehelling.

Horisontalgradientar i overflatenivå kan i prinsippet oppstå p.g.a. horisontale lufttrykksvariasjonar, fase/amplitudeforskjell i tidevatn, vindoppstuving og horisontalgradientar i den vertikalintegreerte densitetsanomalien (dynamisk djup).

Andersen m.fl. (1987) har berekna at den førstnevnte faktoren vil spele liten rolle over dei korte avstandane det er tale om for den foreliggende problemstillinga.

Målingane av tidevatn vinteren 1987/88 indikerer at ein i middel ikkje har nokon signifikant skilnad i (samtidig) overflatenivå mellom Kjødepollen og Moldefjorden om vinteren som følgje av faseforskjell. Ei midlare faseforskjell på 6 minutt under rolege vêrtilhøve vil, forutsatt same tidevassamplitude i Moldefjorden og Kjødepollen, skape ein retnings-vekslande straum i tunnelen, med null nettostraum.

Første antaking vil då bli at ein ikkje vil få ein einsretta, tidevassdreven nettotransport av overflatevatn gjennom tunnelen frå eine fjorden til den andre. Tidevassmålingane har imidlertid avdekt episoder med signifikant nivåforskjell, vesentlegast på grunn av vindoppstuving. Desse episodene vil kunne einsrette nettotransporten over fleire dagar.

Ein annan faktor som påverkar overflatenivået er vertikalfordelinga av densitet i sjøen. Ei vassøyle med tungt (t.d. kaldt og salt) vatn vil oppta mindre volum enn ei vassøyle bestående av lett vatn, slik at overflata vil ligge lågare i førstnemnde tilfelle. Sjå t.d. Pond og Pickard, 1986. Denne effekten kan ikkje avlesast frå NHLs

tidevassmålinger.

Dei hydrografiske målingane på stasjon S11 og S14 kan gje ein indikasjon på denne nivåforskjellen. I tabell 5.1 har vi lista nivåforskjeller til ulike observasjonstider. α dh er integrert mellom overflate og 40 meter. α er sjøvatnets spesifikke volum (m^3/kg), innafor djupdeintervallet dh.

Tab. 5.1. Dynamisk høgdeskilnad ,D, (cm), Moldefjorden minus Kjødepollen. Integrasjonsgrenser: 0 - 40 meter.

Tidspunkt:	okt.	nov.	des.	jan.	febr.	mars	april
D	-5,1	-17.0	-8.5	4.8	4.45	-	6.7

Tabell 5.1 syner at om hausten står den dynamiske overflata i Kjødepollen høgst, mens den om vinteren og våren står høgst i Moldefjorden. Denne skilnaden blir i dag naturleg kompensert, slik at horisontale trykkgradientar blir tilnærma null. I terskelfjordar skjer dette ved å "fylle på" ekstra overflatevatn (eller vatn over terskeldjup) der den dynamiske høgda er lågast. I ein fjord med markert ferskvasstilrenning vil overflata helle nedover ut fjorden. Trykkrafta (retta ut fjorden) vil generere den utoverretta overflatestraumen. I prinsippet vil tunnelen i følgje våre målingar kunne skape ein nettostraum av overflatevatn frå Kjøde til Moldefjorden om hausten, og motsatt vinter og vår.

Vindoppstuvingseffekter er omtalt i NHL sin rapportdel.

5.2. Endring i islegging.

Mens Moldefjorden berre sjeldan er islagd (i inste enden), er Kjødepollen vanlegvis islagd i lange perioder om vinteren. Nokre dagar med lufttemperatur i underkant av 0 grader kombinert med klårvêr og dermed netto stråletap frå

sjøoverflata, er nok til å starte isfrysinga der. Desse vêrtilhøva er oftast knytte til vind frå nordleg eller austleg retning, som i tillegg bidrar til å auke opphaldstida for overflatevatnet i Kjødipollen, og dessutan fører til oppstuving av brakkvatn. Kjødipollen har jamn tilførsel av ferskvatn frå et kraftverk, med middel vassføring $2.600 \text{ m}^3/\text{time}$ i vinterhalvåret (kjelde: Saunes, Ytre Sunnfjord Kraftlag). Dette bidrar til å oppretthalde eit brakkvass-sjikt i avkjølingsperioden som oftast har lite nedbør. Kraftverksmagasinet ligg for øvrig relativt høgt, slik at tilrenninga til fjorden i nedbørsperioder vil vere langt større enn $2.600 \text{ m}^3/\text{time}$.

Skipstunnelen vil i følgje dei foregåande betraktningane kunne føre til (periodevis) endring i hydrografiske tilhøve i dei to fjordane i høve til i dag. I samanheng med islegging vil dette seie meir brakkvatn i Moldefjorden, og mindre i Kjødipollen i høve til i dag, og tilsvarande endring i sjiktningsstilhøve. Umiddelbart peikar desse endringane mot mindre is i Kjødipollen, og større mogelegheit for islegging i deler av Moldefjorden. Den auka skipstraffikken vil bidra til å halde tidlegare islagde områder opne, slik at m.a. brukspotensialet for isen (isfiske) kan bli redusert. Opne råker bidrar dessutan effektivt til å avkjøle sjøen (eit islag reduserer varmetapet).

For å studere kor følsam sjøen i dei berørte områda er for avkjøling og islegging, er det anvendt ein modell som simulerer avkjøling og resulterande vertikal konveksjon (ikkje-penetrerande) i vassøyla. Datagrunnlaget er dei hydrografiske observasjonane frå vinteren 1987/88. Berekningsmodellen er omtalt av Golmen (1986), og vil ikkje bli nærmare presentert her. Kort kan nemnast at modellen også tar omsyn til auke i øvre lags salinitet under isdanning. Utgangspunktet er ein gjeven avkjølingsrate (varmefluks) til atmosfæren. Vi har vald ein fluxverdi lik 300 W/m^2 , som er relativt høgt, men realistisk under kalde

klårværsperioder. Vi antar at denne fluxen blir opprettheldt i eit døger. Dette svarar til eit totalt varmetap på omlag $2.6 \times 10^7 \text{ J/m}^2$, som tilsvarar latent smeltevarme for 10 cm tjukk is. Ein del (eller heile) varmefluxen vil imidlertid gå med til avkjøling av overflatevatnet, og påfølgjande oppblanding av djupare lag.

Tabell 5.2 syner den istjukkleiken som teoretisk kan bli danna under ei kuldeperiode basert på våre hydrografiske observasjonar. Der ingen is er danna, har heile varmetapet gått med til avkjøling, med påfølgjande vertikalkonveksjon, utan at overflatevatnet har nådd frysepunktet.

Tab. 5.2. Berekna istjukkleik (cm) i Kjødepollen og Moldefjorden ved eit samla varmetap lik $2.6 \times 10^7 \text{ J/m}^2$ frå overflata.

	nov.	des.	jan.	febr	mars	apr.
S11, Kjødepollen	3.6	-	0.0	3.4	4.5	0.0
S14, Moldefjorden	-	0.0	0.0	0.0	-	0.0

Tabell 5.2 stadfester at sjøvatnet i Kjødepollen i dag er mest følsamt for isdanning. Det faktum at Kjødepollen ofte er islagd om vinteren, er m.a.o. vesentlegast ein følgje av dei lokale hydrografiske tilhøva, og ikkje lokalklimatiske forskjeller mellom Kjødepollen og Moldefjorden.

6. BUNNFAUNA. EVALUERING AV ORGANISK BELASTNING BASERT PÅ EN SUMMARISK GJENNOMGANG AV GRABBPRØVENE.

6.1. Innledning.

Som hovedregel ble det tatt tre replikate grabbhugg pr. stasjon med Petersen 0,1 m² bunngrabb. Grabbstasjonene ble fortrinnsvis lagt til dypbassengene i h.h.v. Moldefjorden og Kjødepollen. Under feltarbeidet ble det i enkelte tilfeller besluttet å sondere området omkring hovedstasjonene. I slike tilfeller ble det tatt ett enkelt grabbhugg.

Prøvene ble vasket gjennom perforerte stålplatesikter med lysåpning på h.h.v. 5 og 1,0 mm. Sikterestene ble fixert i 4% nøytral formalin for senere overføring til 70% etanol.

Stasjonene er nærmere beskrevet i tabell 6.1 og 6.2. For geografisk plassering henvises til kart, fig. 6.1.

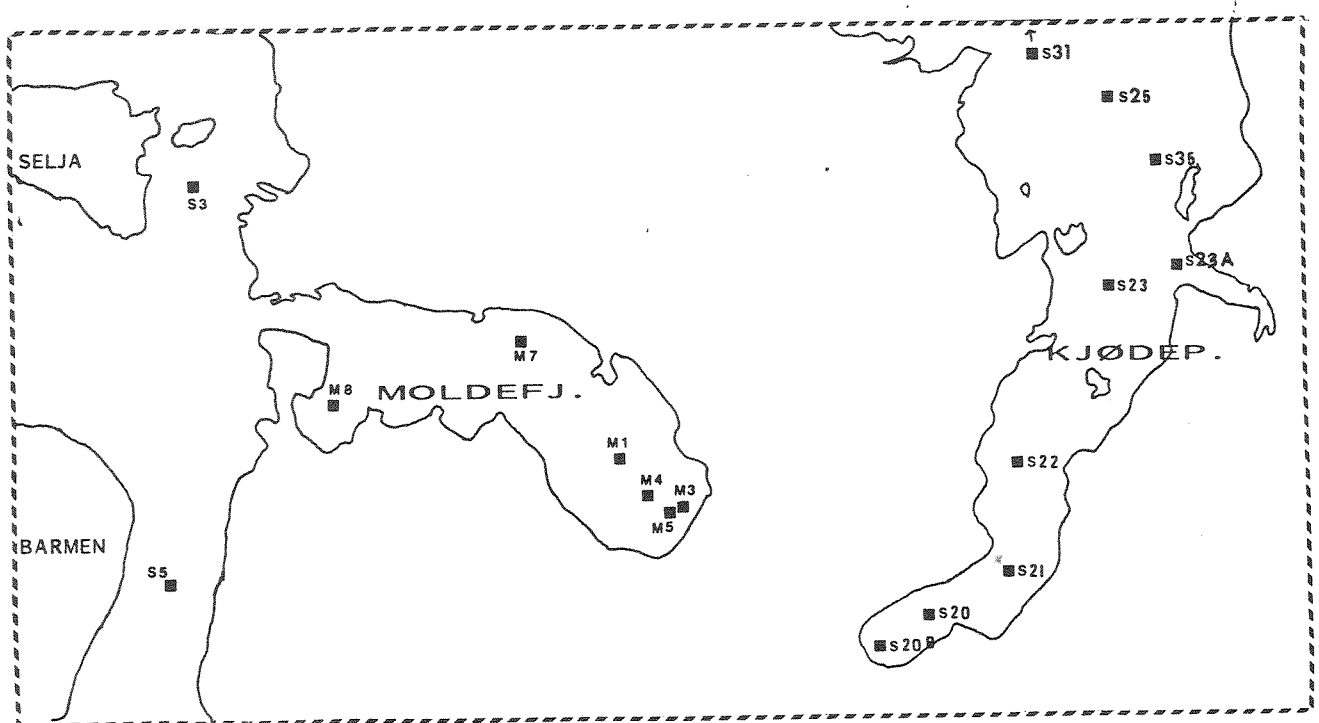


Fig. 6.1. Bunnprøvestasjoner august 1988.

Tab. 6.1. Anslått påvirkningsgrad og stasjonskarakteristika for Moldefjorden med referansestasjon S-5.

St.nr.	Lokalitet	Dyp (m)	S Ø R S I D E N					
			Ant. pr.	Fyll-grad	Sediment	H ₂ S	Fauna-mangfold	Påvirkningsgrad
M-3	Moldefjorden Skråning mot tunn.-innslag	15	1	Tom	Stein, sand ?		Ingen indikasjoner	Ingen indikasjoner
M-5	Moldefjorden, utf. planl. tunn.-innslag	35	1	Tom	Sand, stein ?		Ingen indikasjoner	Ingen indikasjoner
M-4	Moldefjorden, indre basseng	55	1	1/1	Svartbrunt	++	Meget lavt	Sterk
M-1	Moldefjorden indre basseng	67	3	1/1,1/1 1/1	Mørkt, grå- brunt mudder	++	Meget lavt	Sterk
M-7	Moldefjorden midtre dyp- basseng	70	1	1/1	Mørk brunt mudder	+	Lavt	Betydelig
M-2	Moldefjorden Ytre dyp- basseng	94	3	1/1,1/1 1/1	Mørk brunt mudder, skjellsand	+	Ingen org. påvist	Sterk
M-8	Moldefjorden Øygardsvika	20	2	1/1,1/1	Fin sand, gytje	++	Lavt	Betydelig
S-3	Mell. Selje og Selja	55	1	1/1	Sand, gytje	+	Lavt	Moderat
S-5	Mellom Barmen og land	90	3	1/1,1/1 1/1	Silt, fin sand, skjell	-	Høyt	Upåvirket

Tab. 6.2. Anslått påvirkningsgrad og stasjonskarakteristika for Kjødipollen og deler av Vanylvsfjorden (Referansestasjon S-25).

St.nr.	Lokalitet	Dyp (m)	N O R D S I D E N					
			Ant. pr.	Fyll-grad	Sediment	H ₂ S	Fauna-mangfold	Påvirkningsgrad
S-20B	Kjødipollen innerst	35	1	1/1	Mørk grå fin sand	-	Høyt	Upåvirket
S-20	Kjødipollen St. dyp	45	3	1/1,1/1 1/1	Mørk brun gytje	+	Lavt	Betydelig
S-21	Kjødipollen Nest innerste dypbasseng	72	3	1/1,1/1 1/1	Mørk gytje	++	Lavt	Betydelig
S-22	Kjødipollen Nest innerste dypbasseng	67	3	1/1,1/1 1/1	Mørk grå silt, fin sand	-	Moderat	Moderat
S-23	Kjødipollen ved Åheim	78	3	1/3,1/10 0/0	Hard bunn, fin sand	-	Høyt	Upåvirket
S-23A	Kjødipollen ved Åheim	76	1	1/2	Sand	-	Høyt	Upåvirket
S-35	Kjødipollen ved Åheim	107	3	3/4,1/1 3/4	Silt, fin sand. Grå.	-	Høyt	Upåvirket
S-25	N.V. for Åheim	121	3	1/1,1/1 1/1	Silt	-	Høyt	Upåvirket
S-31	Vanylvsfjorden ved Leikanger	145	3	1/1,1/1	Silt	-	Høyt	Upåvirket

Bearbeidelsesteknikk.

Som bakgrunn for den foreliggende beskrivelsen er kun en replikat fra hver stasjon bearbeidet.

Materialet ble gjennomgått under stereolupe, men ingen organismer plukket ut. Forekommende hovedgrupper ble registrert og antallet anslått ved telling. Kun molluskene ble bestemt til art i tillegg til den karakteristiske og belastningsindikerende børste-marken spiochaetopterus typicus og den gravende kråkebollen brissopsis lyrifera. En del andre arter ble bestemt til familienivå.

Enkelte prøver var så store at bare deler av dem ble gjennomgått. Dersom f.eks. ca 1/4-del av en prøve ble gjennomgått ble de fremkomne tall multiplisert opp. Trolig er tallene for polychaeter lavere enn det virkelige fordi mange av de rørbyggende formene ikke ble sjekket m.h.t. tomme rør. Bare når det positivt ble påvist at rørene inneholdt dyr ble disse tallet med.

6.2. Resultater.

Fortegnelse over det biologiske materialet er listet opp i appendiks 3. Stasjonsrekkefølgen er arrangert slik at den innerste stasjonen er ført opp først og den ytterste sist for hver av de to fjordene.

En evaluering av påvirkningsgraden av de ulike stasjonene er vist i tabell 6.1 og 6.2 for h.h.v. Moldefjorden og Kjødepollen. Evalueringen skiller ikke mellom naturlig organisk påvirkning (belastning) og forurensing fra landbruk, industri m.m.

Karakteriseringen av faunamangfold er basert på skjønn og erfaring og følgende graderinger er anvendt: Meget lavt, - lavt, - moderat og høyt. For angivelse av påvirkningsgrad (organisk belastning) er følgende betegnelser brukt: Sterk - betydelig - moderat og upåvirket. Som bakgrunn for denne

graderingen er faunamangfoldet benyttet samt hvorvidt de enkelte arter er forurensningsømfendtlige eller forurensningstolerante.

Hydrogensulfid i prøven (vurdert i felt) er angitt med følgende symboler: - : ingen lukt

+ : svak lukt

++: tydelig lukt.

Konklusjonen for de to fjordarmene kan kort oppsummeres som følger:

6.2.1. Moldefjorden.

Fjorden er forholdsvis sterkt avstengt fra åpent farvann ved en terskel på ca. 20 m. Største dyp innenfor terskel er ca. 95 m. (Ytre del av dypbassenget). Indre del av bassenget har et største dyp på nesten 70 m. Jamfør avsn. 2.1. Dypere enn ihvertfall 50 m må indre del av bassenget karakteriseres som relativt sterkt organisk belastet idag. Ved gjennomgang av bunnprøvene var det tydelig at den organiske belastning kunne identifiseres som terrigent plante-materiale. Stasjonen på 70 m (M7) hadde en svakere organisk belastning enn de mer indre og grunnere M4 og M1. Dette skyldes trolig et større nedslagsfelt for de to sistnevnte. Stasjonen på 94 m i ytre del av bassenget (M2) hadde et tilsynelatende azoisk miljø, men JOHANNESSEN & STENSVOLD påviste en utarmet fauna bestående av forurensningstolerante polychaeter i dette området i 1985. Foreliggende registrering signaliserer neppe noen forverring, men kan forklares av en mindre grundig bearbeidelse av materialet fra 1987.

At Øygardsvika (M8) også var preget av en betydelig organisk belastning var mer overraskende, men sedimentet hadde også her et markert innslag av terrigent plantemateriale. Man kan tenke seg at vika er en bakevje i strømbildet som forsterker sedimentasjon av organiske

partikler, samtidig som man ikke kan utelukke betydningen av tilførsler fra fiskeoppdrett og landbruk.

6.2.2. Kjødepollen.

Kjødepollen ut til Åheim består av tre dypbasseng hvorav det ytterste er den indre del av Vanylvsfjordens dypål. Terskel-dypene ligger på ca. 30 m mens det indre bassengets største dyp er ca. 45 m og det neste ca. 70 m. Den dypeste delen av innerste basseng må karakteriseres som betydelig påvirket (45 m) mens det samme basseng var upåvirket på 35 m dyp. Her er det altså tale om bratte gradienter over korte vertikale avstander.

Indre del av det mellomste bassenget (70 m) var også betydelig påvirket av organisk belastning mens den ytre del av det samme området (67 m) var moderat påvirket. Samtlige stasjoner utenfor det mellomste bassenget, altså i selve Vanylvsfjorden hadde et høyt faunamangfold og må karakteriseres som upåvirket av organisk materiale.

Avslutningsvis skal understrekes at den bearbeidelsesteknikk som er anvendt i den foreliggende sammenheng er for grov til å påvise utviklingstendenser over tid (i forhold til andre undersøkelser). Imidlertid er alt materiale konservert og er således tilgjengelig for en mer seriøs bearbeiding om dette skulle bli ønskelig.

Dersom tunnel-prosjektet blir realisert og sprengningsmassene deponert i sjøen eller med direkte avrenning til sjøen, kan man vente at eutrofisituasjonen i Moldefjorden og Kjødepollen kan endres - muligens drastisk. Det er i den senere tid blitt kjent at nitrogenavrenning fra steintipper er av en ganske annen størrelsesorden enn man hittil har antatt.

7. AKVAKULTUR.

7.1. Noverande aktivitet.

I Moldefjorden ligg det to matfiskanlegg for laks og aure (fig. 8.3), det eine med konsesjonsvolum 3.000 m^3 , det andre 4.000 m^3 . Begge anlegga har søkt utviding til 8.000 m^3 , som er øvre volumgrense for slike konsesjonar i dag. Begge anlegga er lokalisert på sørsida av fjorden, innafor linja Langenes - Lestanes.

Det ligg to setjefiskanlegg for laks og aure ved Moldefjorden, det eine ved Øygarðsvika med konsesjonsstorleik 15.000 stk. sjøferdig setjefisk, det andre ved Berstad med konsesjonsstorleik 50.000 stk. Ved anlegget i Øygarðsvika blir smolten sett ut i merder i sjøen for aklimatisering om våren. Det er og gjeve konsesjon for eit setjefiskanlegg ved Eide på 20.000 stk. sjøferdig fisk.

Det føreligg ein søknad om konsesjon for oppdrett av blåskjell (1.000 m bøyestrek) ved Øyranes.

I Kjødepollen/Vanylvsfjorden innafor linja Stokkenes-Slagnes ligg det eit matfiskanlegg på Vanylvsida ved Skorge på 8.000 m^3 og eit stamfiskanlegg for laks og aure på 1.000 m^3 ved Tuve. Ved Skorge ligg det og eit setjefiskanlegg på 80.000 sjøferdig fisk. Ved Tuve ligg det og eit blåskjellanlegg.

I Selje kommune sin del av nemnte fjordområde ligg det eit oppdrettsanlegg for laks og aure med konsesjon på 8.000 m^3 . Ved Lyngneset er det søkt om ein konsesjon på 8.000 m^3 for oppdrett av marin fisk (fig. 8.4).

Med dagens konsesjonsvolum vil dei to anlegga i Moldefjorden kunne innehalda fisk til ein verdi i storleiken 5-10 mill. kr varierende med årstida, medan det eine anlegget

ved Skorge i Vanylvsfjorden kan innehalde fisk for same verdi.

7.2. Verknader på akvakultur.

Dei moglege verknadane av tunnelen kan bli både kort- og langsiktige. Dei kortsiktige verknadane vil vera knytta til sjølve anleggsarbeidet, og kan listast opp slik:

- Partikkelureining frå tunneldrift og fyllingsarbeid.
- Ureining av nitrose forbindelsar frå sprengstoff og sekundære algeoppblomstringar som følgje av dette.
- Anna ureining frå anleggsverksemda.

Dei langsiktige verknadene vil vera knytta til endringar i vassutskiftingsdynamikken og påverknad av vasskvaliteten i fjordsystemet på kvar side av tunnelen, samt til verknader frå den auka skipstrafikken.

Nedanfor har vi søkt å konkretisera desse verknadene og å klarlegga kva betydning dei kan få for akvakulturnæringa i dei områda som vil bli berørt av tunnelen.

7.2.1. Partikkelforureining.

Verknadene på fisk varierer med storleik, form og mengde av partikler i vatnet, noko som m.a. heng saman med berggrunnsgeologien i sprengingsområdet, sprengingsteknikken, avstanden frå utsleppsstaden, samt tettleik og straumtilhøve i vassmassane.

EIFAC (Alabaster og Lloyd, 1982) føreslår at følgjande kriterier vert gjort gjeldande når det gjeld vasskvalitet for ferskvassfisk:

Partikkelkons. mg/l	Grad av skade
< 25	ikkje skadeleg
25-80	reduisert fiske
80-400	sterkt reduisert fiske

Det er ikkje gjort undersøkingar som vi kjenner til når det gjeld oppdrettsfisk i sjøen, og dens toleranse overfor partiklar. Oppdrettsfisk vil, i motsetnad til vill fisk, ikkje kunne unnvika ureininga.

Røynsler frå ei nylig utført undersøking av partikkelureining stadfester at skadene varierer med fisken sin storleik (Bjerknes m.fl. 1988). Ut frå dette vil vi tru at laks i sjøen vil vera mest utsatt første sommar i sjøen.

De konkrete verknadene på fisk er irritasjon av gjeller og slimlag. Foruten direkte fysisk skade/irritasjon og påfølgjande bakterieinfeksjon, kan dette redusera fisken sin appetitt og dermed tilvekst. Ved høg tettleik av finfordelt partikulært materiale blir sikten i vatnet reduisert, noko som kan påverka fisken sin evne til å finne føret.

Bortsett fra føropptak vil dei same tilhøva gjere seg gjeldande for låssett villfisk.

For skjell, som lever av partikler som dei siler frå vatnet, vil høgt innhald av uorganiske partikler i vatnet føre til opptak av slike partikler, og redusera tilveksten og kvaliteten av skjella.

Tidspunktet for sjølvne åpninga av tunnelen mot fjordområda utanfor, og den næraste tida etter, vil truleg bli ei særleg kritisk periode når det gjeld partikkelureining.

Store mengder slam frå tunneldrifta vil då gå i suspensjon over eit kort tidsrom, og truleg representere eit maksimum også når det gjeld moglege effekter på oppdrettsfisk.

Det knytter seg stor grad av uvisse til kva verknader den forventa partikkelureininga frå tunnel- og fyllingsarbeidet vil få på oppdrettsfisk i Moldefjorden og Kjødepollen/Van-ylvsfjorden. På grunn av omfattande fyllingsarbeid i den meir innelukka Moldefjorden vil vi tru at verknadene vil bli størst her, idet dei aktuelle oppdrettsanlegga også ligg nær opptil anleggsområdet. Det blir derfor tilrådd eit overvåkingsprogram under anleggsarbeidet, samt at det blir utarbeid ein beredskapsplan som kan setjast i verk dersom tilhøva syner seg trugande for fisk. Evt. bør det for oppdrettsanlegga i Moldefjorden sitt vedkommande stillast til rådvelde ein suppleringslokalitet for smolt utanfor Moldefjorden til bruk under anleggsperioden.

All boring for fjellsprenginga skal utførast som grovhol, diam. 55-65 mm.

Som medel kan reknast med 0.6 lm boring pr. m³ fast fjell, dvs. 600.000 lm. Dette vil gje 2.500 m³ boreslam. Frå Bjarne Instanes A/S har vi fått oppgjeve at alt boreslam skal samlast opp og gå gjennom slamavskiljar. Likevel vil truleg store mengder slam og partiklar både frå fjellboringa og frå sjølve sprengingsarbeidet følgje med fyllmassene ut i vatnet.

Straummålingane i 15 og 30 meters djup i fyllingsområdet på nordsida av Moldefjorden indikerer straum av storleiksorden 5-10 cm/sek. (fig. 4.3.). M.a.o. gode vilkår for at slam frå utrausa masse blir spreidd utover i bassenget.

Figur 4.7.4. syner at densiteten til øvre vasslag er størst på ettervinteren. I tungt vatn vil slammet synke meir langsamt enn i lett vatn. Fåren for overkonsentrasjon og eventuelle skadeverknader kan såleis vere størst i denne

delen av året, når det gjeld akvakultur. Partikkelureininga vil vera eit mellombels problem som vil avta når anleggsarbeidet er slutt.

7.2.2. Nitrogentilførsle.

Total sprengstoffmengde som vert nytta til tunneldrifta er rekna til 0.5 kg pr. m³ fast fjell i gjennomsnitt, dvs. at det går med 500 tonn sprengstoff til 1.0 mill. m³ fast fjell. Dette svarer til kring 160 tonn nitrogen, i hovudsak NH₄NO₃ og Ca (NO₃)₂.

Den kjemiske samansetnaden av naturleg sjøvatn syner at eit mindre antal stoff vil vera begrensande for utviklinga av planteplankton. Dei viktigaste er fosfor og nitrogen, men silikat, jern og sporstoff kan og ha betydning. I sjøvatn er nitrogen det elementet som oftast verkar begrensande for planktonproduksjonen.

I ferskvasspåverka fjorder med markert brakkvasslag kan ein venta ei meir tilnærma balanse mellom N og P i høve til algene sitt behov (Sakshaug et. al. 1986).

Det ideelle masseforholdet mellom N og P i marint vatn er kring 7/1 (Broecher & Peng 1982). Medelverdiar frå blandprøver 0-5 m i vinterhalvåret gav Tot-N/Tot-P = 11/1 i Moldefjorden og 16/1 i Kjødipollen (jfr. tab. 4.4). Dette er eit stort avvik frå det som er normalt, noko som kan skuldast tilførsler av partikulært materiale på land. Verdiane av oppløyste næringssalter (nitrat/fosfat) synast relativt normale.

Auka tilførsler av nitrat frå sprengstoffrester kan gje betydelege algeoppblomstringar til sjenanse for m.a. fiskeoppdrett, dersom tilførsla skjer i sommarhalvåret. Ettersom dei største fyllingsarbeida er planlagt i Moldefjorden vil verknadane bli størst her.

Ved å leggja arbeidet med moloen kring fyllingsområdet til vinterhalvåret, vil desse verknadane kunne bli redusert.

I alle tilfelle vil denne belastninga vera tidsavgrensa.

7.2.3. Anna ureining.

90% av sprengstoffet som skal nyttast vil vera ANFO som inneheld 5% dieselolje. Denne oljen vil følgje med sprengsteinmassene og verka ureinande på vatnet.

Ellers vil spillolje og andre avfallsstoff frå riggplassar samt partikkel- eller dieselholdig vatn frå sjølve tunnelen verka ureinande dersom dette får siga ut i resipientane på begge sider av tunnelen.

Støy frå sprenging og fyllingsarbeid verkar uroande på fisken. Det er imidlertid lite undersøkt kva slik uroing har å seie for fisken sin almenne trivnad og tilvekst.

7.2.4. Tiltak i samband med anleggsarbeidet.

- Løysinga med først å leggje ut to moloarmer ved Lesto, og så lukka fyllingsområdet inne, vil begrensa tilførslene av slam, nitrogen og anna ureining til Moldefjorden. Det vert tilrådd å utføra dette arbeidet vinterstid.
- Plastring av fyllinga vil redusera lekkasjen av finstoff ytterlegare.
- Partikkelholdig og ureina vatn frå tunnelen bør handsamast, td. leiast gjennom eit sedimentasjonsanlegg før det vert leia ut i resipientane.
- Vasking og sortering av tunnelmasser er ønskeleg, særleg for dei massene som skal nyttast til innelukkning av fyllinga ved Lesto. I såfall må vaskevotnet haldast tilbake med tilstrekkeleg opphaldstid for sedimentasjon av finstoff.

- For å avgrensa sedimentasjonsområdet for finstoff og for å hindra tilgrising av strender, båter, oppdrettsanlegg osv. med diesel, bør ein vurdera bruk av lenser kring fyllingsområdet under anleggsarbeidet.
- Ein beredskapsplan for utflytting eller naudslakting av oppdrettsfisk bør utarbeides for å møte moglege kritiske situasjonar.

7.2.5. Langsiktige endringar.

Dei hydrografiske målingane frå 1987-1988 tyder på at ein vil få sesongvariasjonar i nettostraumen gjennom Stadunnelen, med ein vest-austleg nettostraum (frå Moldefjorden mot Kjødepollen) i vinterhalvåret og ein aust-vestleg nettostraum i sommarhalvåret.

Tunnelen vil medføra endring av tidevasskarakteristikken til innstrøymingsperiodene over tersklane i Kjødepollen og Moldefjorden. Sprangsjiktet under tersklane vil bli meir påverka av turbulens, som bidrar til ei nedbryting av sprangsjiktet under terskelnivå, med ein betre vertikal kommunikasjon med djupvatnet som resultat.

På bakgrunn av at bassenga i indre deler av Kjødepollen (Berge og Pettersen 1981) og Moldefjorden (Johannesen og Stensvold 1986) idag må karakteriserast som sterkt organisk belasta vil dette representera ei generell betring av resipienttilhøva.

Redusert opphaldstid for overflatevatnet og betre djupvasstilhøve vil auka resipientkapasiteten for fiskeoppdrett.

I Kjødepollen vil ein forventast eit noko svekka brakkvassjikt og mindre tendens til isdanning. Moldefjorden vil få eit meir markert brakkvassjikt, men mindre markert enn det ein har i Kjødepollen idag. Desse endringane blir truleg for små til å gje nokon merkbar

effekt for akvakulturdrifta i dei to fjordområda når det gjeld dei artene som vert oppdretta der idag. Ferskare overflatelag vil likevel gjera Moldefjorden mindre eigna for t.d. bøyestrek-kultur av ein Stenohaline art som t.d. stort kamskjell.

Auka turbulens ved tunnelåpningane og på tersklane, samt auka skipstrafikk vil stimulera blandinga i øvre vasslag, noko som igjen kan stimulera planktonoppblomstringar.

Skipstrafikken vil uroa fisk som står i merder både direkte pga. støy og indirekte pga. vassbevegelser. Effekten av slik uroing er lite kjent.

Forureining i form av oljespill og avfallstømming frå passerande skip vil auka. Foruten generell ureining av vatn og strender vil dette representera eit tilgrisingsproblem på flyteeiningar, merder osv. Ved større utslepp kan ein heller ikkje utelukka skader på reidskap og fisk. Det bør derfor setjast strenge restriksjonar mot slike utslepp. Service i form av avfallsdeponering ved inngangene til tunnelen kan vera eit positivt førebyggjande tiltak. På grunn av einvegskøyring vil båtane vanlegvis få ei viss liggetid her, som kan nyttast til slike føremål.

Diverre syner røyntslene at tjueri av fisk og hverk på anlegg og reidskap aukar proporsjonalt med småbåttrafikken. Ein slik utvikling må møtast med betre politiovervaking av sjøområda - særleg i sommarhalvåret.

Ved auka skipstrafikk vil og faren for spreiding av smittsomme fiskesjukdomar auka. T.d. må ein rekne med at brønnbåter med smolt og slaktefisk vil nytta Stadunnelen. Oppdrettsanlegga i Kjødepollen og Vanylvsfjorden, som til no har vore uvanleg godt beskytta mot slike smitteoverføringar, vil etter at tunnelsambandet er oppretta, vere blant dei mest utsatte anlegga langs kysten. Dersom det oppstår smittsom sjukdom i nokre av anlegga, vil desse på si side

representera ei smittekjelde overfor fisk som vert transportert forbi i brønnebåt.

Eit aktuelt tiltak kan vera påbod om å stenga vassgjennomstrøyminga når brønnebåten passerer indre farvatn. Det blir likevel problematisk å føra oppsyn med at slike påbod blir overhaldne. Med generelt betre fiskehygiene, utvikling av vaksiner osv. er det von om at slike problem kan bli mindre i framtida enn det som er stoda idag.

8. MULIGE KONSEKVENSER FOR BRUKERINTERESSER.

8.1. Problemavgrensning.

Skipstunnelen gjennom Stad vil kunne medføre konsekvenser for interesser som knytter seg til bruk og vern av sjø- og strandområdene på hver side av tunnelen. Det bør skilles mellom de direkte konsekvensene av selve tunnelen og de indirekte konsekvensene forårsaket av den økning i båttrafikk som vil finne sted.

Det er utført en enkel kvalitativanalyse med det mål å identifisere og peke på mulige konsekvenser av tunnelen og båttrafikken for andre interesser som nytter ressurser/arealer i Moldefjorden og Kjødpollen.

De gitte rammer for undersøkelsen tilsier et lavt ambisjons- og presisjonsnivå m.h.p. konsekvensvurderingene.

Vurderingene omfatter ikke sosio-økonomiske og næringsmessige konsekvenser for lokalsamfunnene i Moldefjorden eller Kjødpollen. Forhold av eiendomsrettslig karakter er heller ikke vurdert i denne undersøkelsen.

Undersøkelsen og vurderingene av mulige konsekvenser er basert på prosjektskissen som er utarbeidet av sivilingeniør Bjarne Instanes a/s datert 03.85 samt en informasjonsbrosjyre utgitt av selskapet L/L Stad Skipstunnel. Andre alternativer eller eventuelle endringer er ikke tatt med.

For å kunne peke på eventuelle konsekvenser for ressurs- og arealbruken i de aktuelle områdene er følgende arbeidsprogram gjennomført:

- Gjennomgang av prosjektskisse/informasjonsbrosjyre for tunnelprosjektet og punktvis oppstilling av planlagte inngrep m.m.
- Registrering av eksisterende og planlagt bruk og vern av sjø- og strandområdene på hver side av tunnelen.
- Intervju av personer som er engasjert for eller imot tunnelprosjektet.
- Enkel deskriptiv analyse m.h.p. konsekvensvurderinger basert på tilgjengelige data og relevant faglitteratur om miljøeffekter/brukerkonflikter.

8.2. Planlagte inngrep og endringer i bruk.

I det følgende er prosjekterte inngrep og bruksmessige endringer satt opp punktvis (ut fra prosjektskissen):

- Tunnelpåhugg i Moldefjorden og i Kjødepollen.
- Tilkost- og anleggsveger (traséene framgår ikke av prosjektskissen).
- Utfylling av steinmasser i sjøen ca. 50 m for regulering av strømmen ved tunnelåpningene.
- Fylling av masse (sprengstein) langs strandlinjen til kote ca. + 2.50 i tilknytning til tunnelåpningene. Det er beregnet ca. 600.000 m³ fyllmasse på hver side av tunnelen som tilsvarer et areal på 50 da med 12 m fylldybde.
- Anlegg av nye havner (ventehavner) på hver side av tunnelen i nærheten av tunnelpåhuggene (lokalisering fremgår ikke av prosjektskissen).
- Nye seilingsmerker/fyrlykter for markering av farleden.

Generelt må de planlagte inngrepene antas å medføre:

- Økt press på arealutnyttelsen (til ferdsel, havneformål, rekreasjonsaktiviteter etc.) i Moldefjorden og Kjødepollen.
- Økning og endring i ferdselsmønster og intensitet på begge sider av tunnelen. Det er prosjektert med minst

50 tunnelpasseringer av fartøy pr. døgn, dvs. i gjennomsnitt 2 fartøy i timen.

- Endringer i miljøforholdene i sjøen (pga. endrede strømforhold, suspendert materiale, forurensning, støy osv.) og på land (pga. fysisk omforming av strandsonen, forurensning, støy osv.).

8.3. Registrering av bruker- og verneinteresser.

I forbindelse med kystzoneplanarbeidet for Selje kommune er det utført en registrering av bruker- og verneinteresser (både eksisterende og planlagte) i de aktuelle områdene.

Registreringene er presentert på temakart (foreløpig utgave), grunnlag ØK, M = 1:20.000). I det følgende vises utsnitt av temakartene (fig. 8.1 - 8.8) for Moldefjorden og Kjødpollen. Registreringene er basert på tilgjengelig offentlig kildemateriale, opplysninger fra kommunale nemnder og andre organer som representerer sektorinteressene samt egne feltregistreringer. Registreringenes nøyaktighet og fullstendighet vil variere innen de ulike temaene. Det må også påregnes at det vil være ulike lokale oppfatninger og meninger om hva som er viktige friluftsområder, fiskeplasser o.l.

8.4. Vurdering av mulige konsekvenser.

Bruker- og verneinteresser for nærmere vurdering m.h.p. konsekvenser er skjønnsmessig utvalgt:

- bosetning/jordbruk
- kommunaltekniske anlegg
- samferdsel
- oppdrett (behandles spesielt i kap. 7)
- fiske
- friluftslivsinteresser
- naturvern
- kulturvern

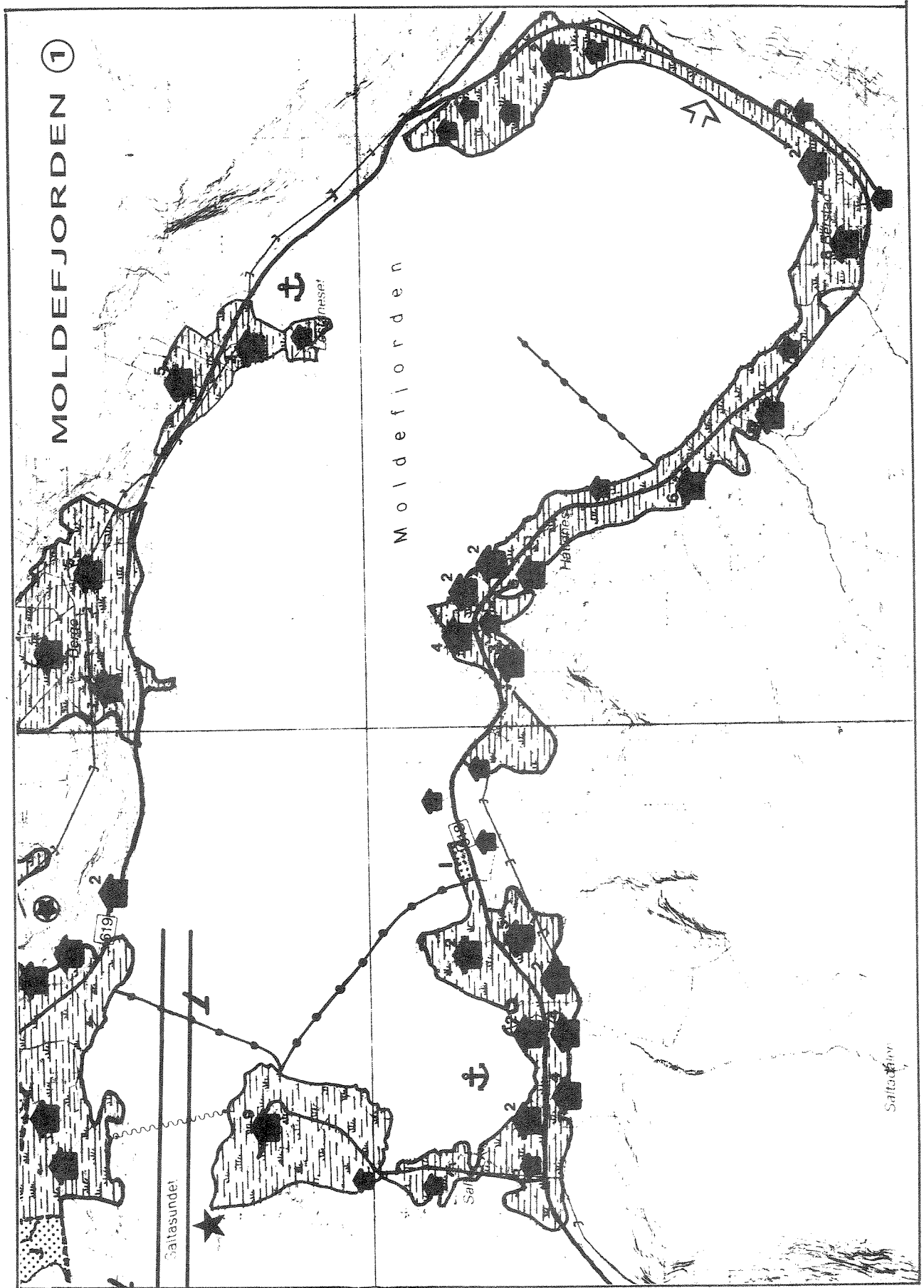
8.4.1. Konsekvenser for bosetning/jordbruk.

Bosetningen fordeler seg relativt jevnt langs Moldefjorden (jfr. temakart, fig. 8.1). Bosetningskonsentrasjoner finnes på Salt, Hatlenes, Berstad, Lestadneset og Berge. Bosetningen er knyttet til jordbruksarealet som ligger som et relativt smalt, sammenhengende belte på begge sider av fjorden. Moldefjorden er ca. 1 - 1.5 km bred innenfor Saltasundet.

De direkte konsekvensene for bosetning og jordbruk vil først og fremst komme ved tunnelpåhugget (markert med pil på temakartene). Noe jordbruksareal vil gå tapt dersom fyllmasser skal plasseres på hver side av tunnelen. Spørsmålet er om det vil være ønskelig og mulig å nytte sprengmassene til en innvinning av nytt jordbruksareal. Den faste bosetningen (bebyggelsen) vil trolig ikke bli direkte berørt.

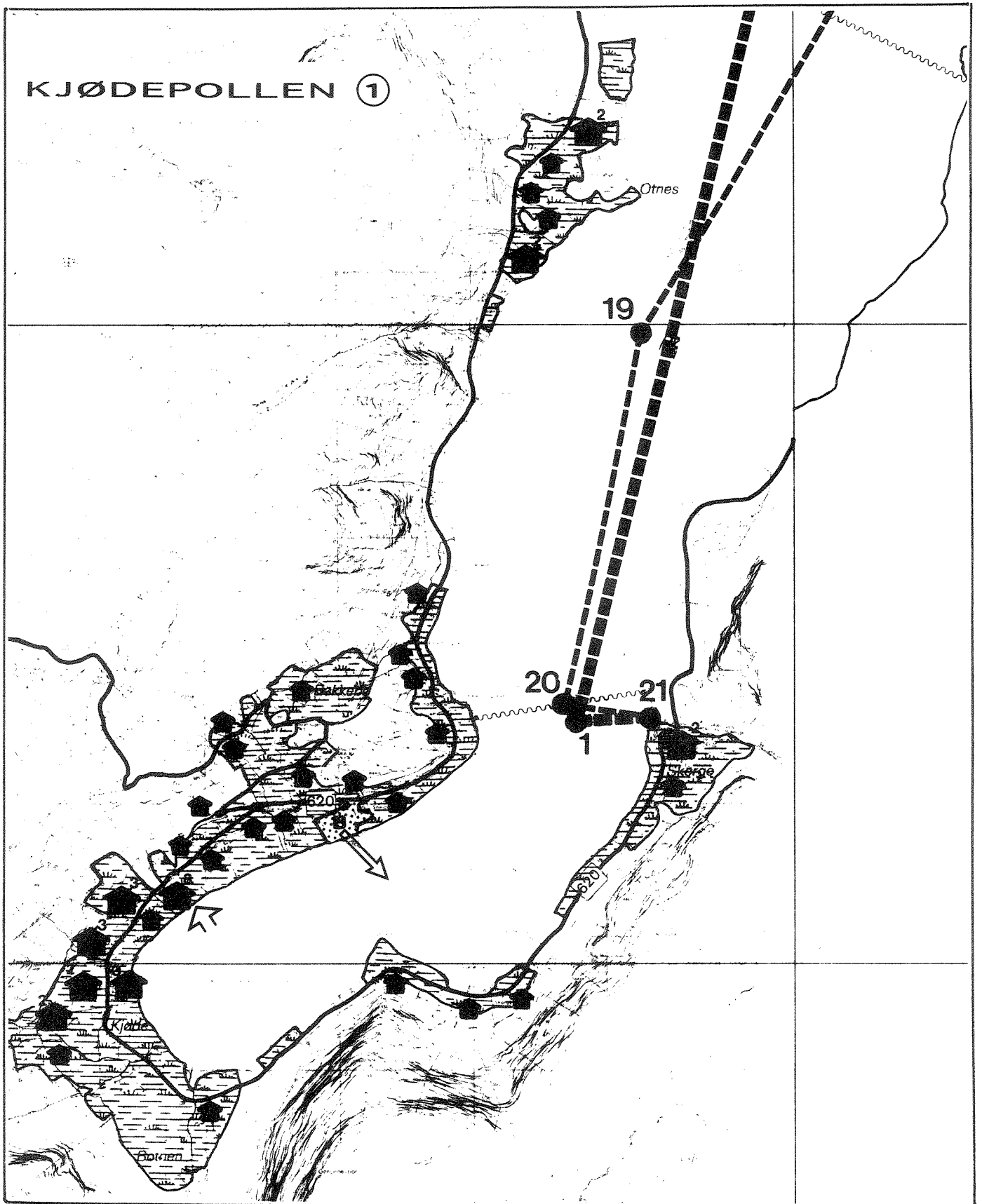
De indirekte virkningene av økningen i båttrafikken vil trolig merkes hovedsakelig gjennom støy fra motorisert ferdsel. Eventuelle støyproblemer vil være særlig merkbare i og i nærheten av ventehavnen.

Sammenlignet med Moldefjorden vil trolig ulempene for bosetning/jordbruk bli større i Kjødipollen (jfr. temakart, fig. 8.2). Kjødipollen er relativt smal (ca. 600 m) i indre del med høge fjellsider, noe som kan føre til at forurensning og støy fra båttrafikken merkes bedre. Landskapsrommet er mer lukket og vil ha mindre evne til å "absorbere" trafikkmengden. Ulempene med forurensning og støy vil også her trolig være størst ved ventehavnen (Gorgenesvika?) og forøvrig i områdene i nærheten av tunnelåpningen.



TEMA: BOSETNING, SAMFERDSEL M.M

Fig. 8.1



TEMA: BOSETNING, SAMFERDSEL M.M

Fig. 8.2

I Kjødepollen finnes bosetningskonsentrasjoner i områdene Kjøde, Bakkebø, Otnes og Skorge. Et regulert boligfelt ligger ned mot sjøen ved Bakkebø. Bebyggelsen er lokalisert til områder med produksjonsareal.

Tunnelprosjektet vil få direkte konsekvenser for 2-3 husstander (gårdsbruk) samt naust i området hvor påhugget er planlagt. Jordbruksareal vil gå tapt, men det vil også her være et spørsmål om fyllmasser fra tunnelen kan nyttes som kompensasjon for tapt areal.

Dersom de direkte konsekvensene for bosetning/jordbruk skal reduseres må tunnelpåhugget trekkes ca. 400 m nordover eller fortrinnsvis nord for Bakkebø mot Storeneset hvor bebyggelsen slutter.

8.4.2. Konsekvenser for kommunaltekniske anlegg.

I Moldefjorden går hovedvannledning fra Hamre til fiskeindustrianlegget på Moldestad. Ledningen knytter også Salt til Selje vannverk (jfr. fig. 8.1). Ved Hatlenes er utlagt rørledning for utslipp av ferskvatn i dypbassenget i et forsøk på å forbedre utskiftningen av bunnvannet.

Tunnelen og båttrafikken vil neppe ha konsekvenser for de eksisterende rørledningene. Dersom det skal tilrettelegges for båtforankringer/ventehavner i eller i nærheten av de aktuelle områdene, bør en vurdere eventuell risiko for konflikter.

I indre del av Moldefjorden er registrert en kraftlinje som løper parallelt med vegen. Linjen må trolig legges om i dette området som følge av tunnelpåhugget.

I Kjødepollen er det registrert en kabel på sjøbunnen ved Einerhaugneset som krysser fjorden i dette området (jfr. fig. 8.2). Tunnelen/båttrafikken vil ikke få konsekvenser for kabelen.

Det er registrert kommunal avløpsledning fra boligfeltet på Bakkebø. Ledningen har utslippsdyp på -15 meter. Tunnelen vil ikke komme i konflikt med denne.

8.4.3. Samferdsel.

Trafikk som følge av tunnelen vil øke behovet for ankringsplasser/havnefasiliteter i Moldefjorden. Eksisterende ankringsplasser i Øygardsvika ved utløpet av fjorden og Lestadvika på nordsiden vil trolig få større brukspress (fig. 8.1). Dersom trafikken i perioder blir stor, kan konflikter oppstå med dagens brukere. Tilrettelegging med egen ventehavn vil kunne avlaste de andre ankringsplassene.

Vegen (Selje - Måløy) passerer indre del av Moldefjorden like overfor strandbeltet. Vegen må legges noe om i området ved tunnelpåhugget.

I Kjødepollen (jfr. fig. 8.2) vil de skjermede vikene på nordsiden sannsynligvis få økt bruk fra fartøy som venter på å slippe gjennom tunnelen. Dybden her er god og kan ta større fartøyer. Småbåttrafikken i området vil trolig i liten grad bli berørt.

8.4.4. Fiske.

Moldefjorden blir nyttet til lokalt fiske, men hører ikke til de viktigste områdene for yrkesfiske (jfr. fig. 8.3). I Sjøaakrevika (Øygardsvika) finnes en kaste- og låssetingsplass. Plassen er mye nyttet hele året og er av fiskarlaget vurdert som viktig. Selve tunnelen vil neppe ha konsekvens for bruken av plassen, men generell økning i båttrafikk og behov for ankringsplasser kan medføre muligheter for brukerkollisjoner.

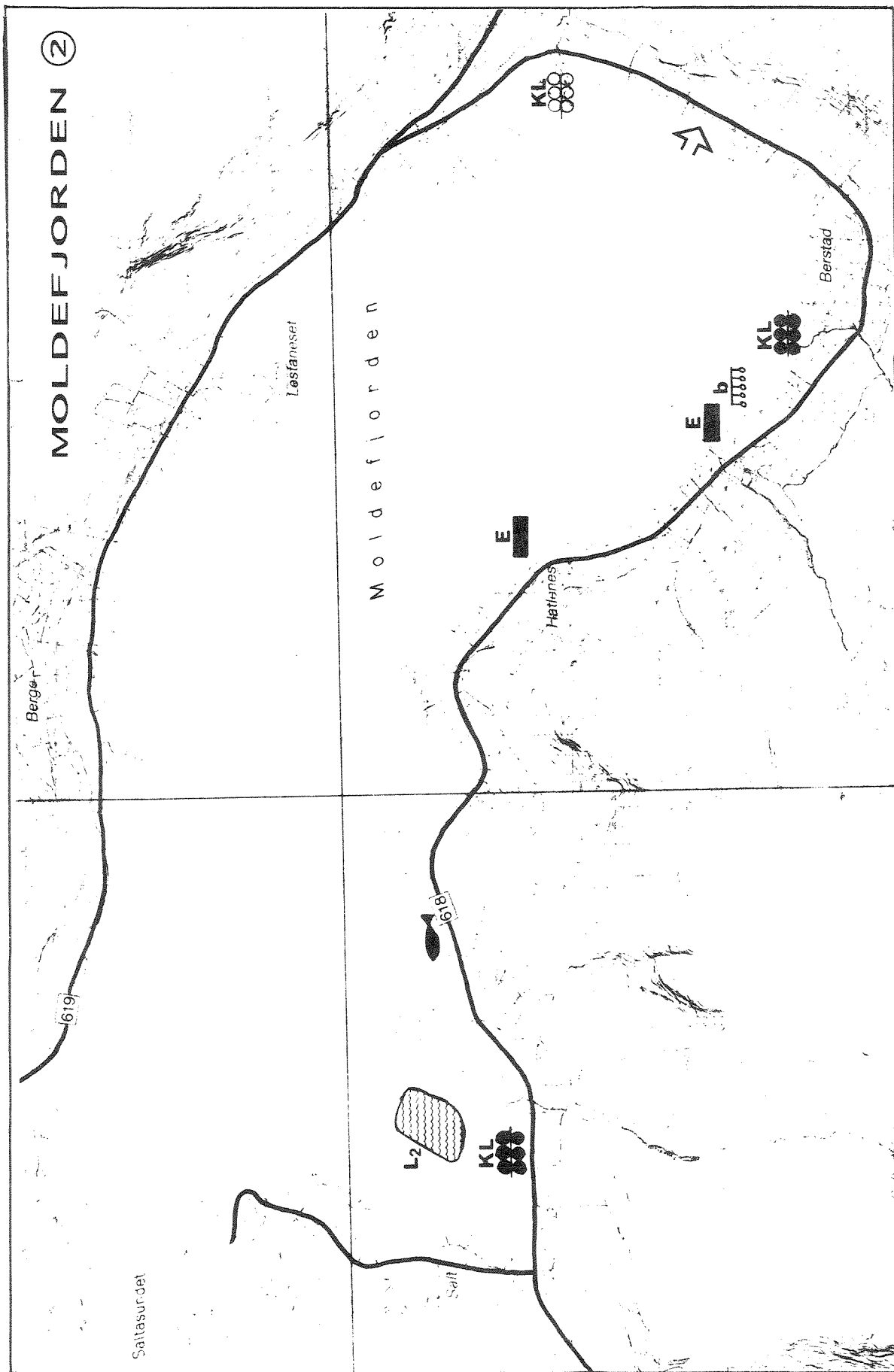
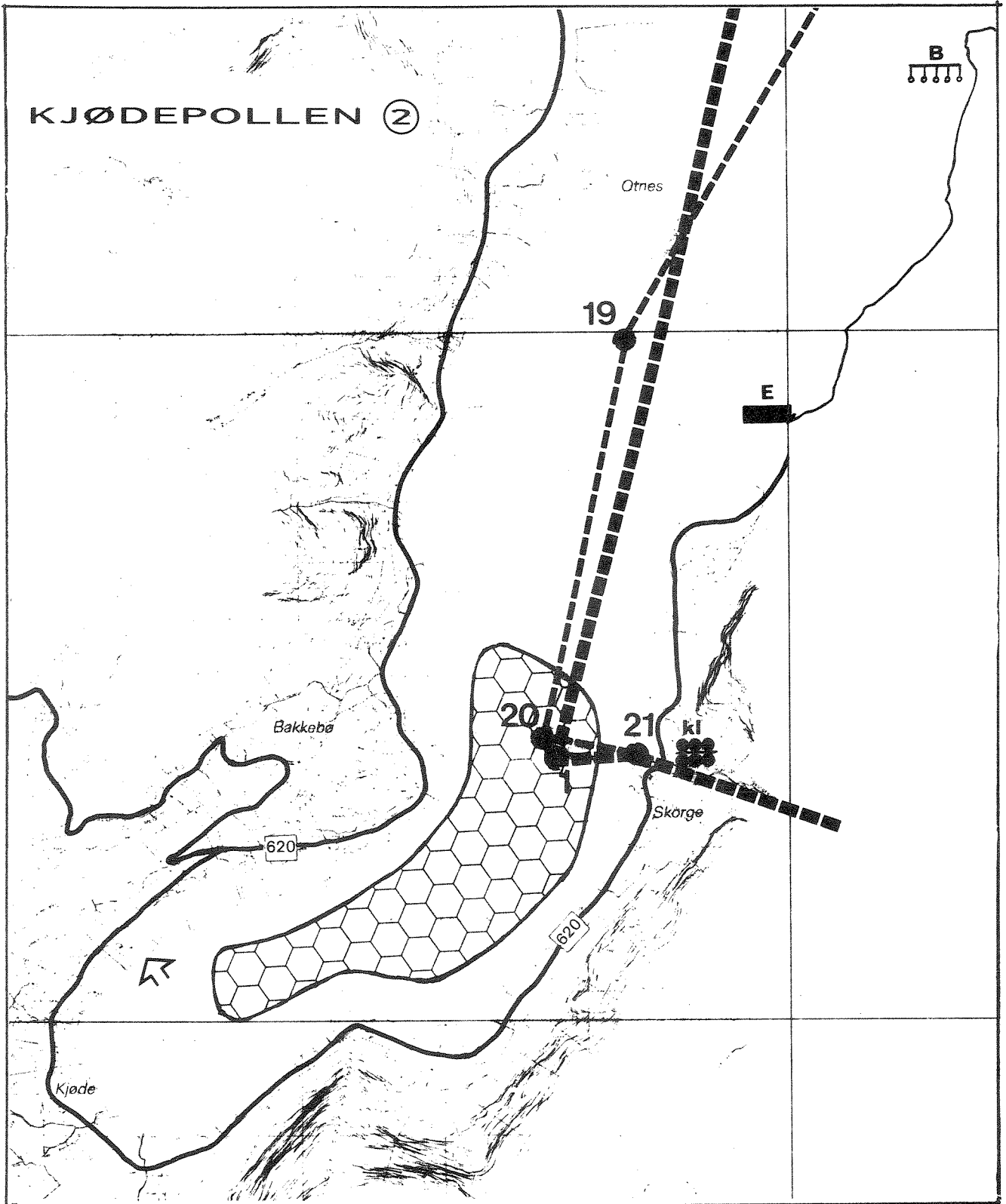


Fig. 8.3

TEMA: FISKE, AKVAKULTUR



TEMA: FISKE, AKVAKULTUR

Fig. 8.4

Kjødepollen blir nyttet til lokalt fiske og det er registrert en god fiskeplass utenfor det planlagte tunnelpåhugget (jfr. fig. 8.4). Sprengnings- og anleggsvirksomhet, mudring etc. i forbindelse med tunnelarbeidet (i anleggsperioden) vil kunne ha negative effekter på fisket i området. Om effektene eventuelt vil være midlertidige eller varige er vanskelig å estimere. Hvor store miljøendringer som skal til avhenger bl.a. av fiskeslag og deres respektive optimale miljøkrav. Om tunnelen vil påvirke produksjonsgrunnlaget for den naturlige fiskebestanden i fjorden er også vanskelig å vite noe om. Generelt vil produksjonen variere med en rekke forskjellige forhold som temperatur, oksygeninnhold, saltinnhold, strømforhold, innhold av miljøgifter og en rekke andre ting. Nærmere undersøkelser må til dersom en ønsker å anslå effektene mer presist.

Av andre forhold som kan påvirke produksjonsevnen for fisk i Kjødepollen er større fyllmasser som tippes i gruntområdene der næringsproduksjonen er høyest. Det samme gjelder områder der sjøbunnen mudres for tilrettelegging for havneformål.

Fiskeområdet i Kjødepollen ligger i fartsleden inn mot tunnelen. Trafikken vil derfor også kunne føre til arealmessige konflikter.

Vintertid drives noe isfiske på fjorden i kalde perioder. Isfiske vil neppe være mulig som følge av tunnelen og den planlagte farleden.

8.4.5. Friluftsjnteresser.

Moldefjorden er registrert som båtutfartsområde av lokal verdi (FRIDA).

I Fylkesplanen (1980-83) er området omtalt som et velegnet båtutfartsområde av lokal verdi, men er gitt lav prioritet m.h.p. sikring.

Tunnelprosjektet vil trolig øke verdien av Moldefjorden som båtutfartsområde. Økt bruk vil neppe komme i konflikt med den relativt begrensede, lokale bruken som er idag.

Det er registrert 8 hytter i området Moldefjorden (jfr. fig. 8.5). En hytte ligger ved det planlagte påhugget for tunnelen. Denne hytten vil sannsynligvis gå tapt. Forøvrig vil hytteinteressene i liten grad bli berørt annet enn generelt gjennom den økning i trafikk som vil skje i Moldefjorden.

I Kjødepollen (ytre deler) er registrert et friluftsområde (båtutfart, fritidsfiske) ved Stokkenes - Otnes - Åheim. Området er høyt/svært høyt prioritert (iflg. FRIDA) og er av lokal/regional verdi. I samme område ligger Kvamsvika, et badeområde av lokal verdi.

Det må forventes økt press på friluftsområdet som følge av tunnelen og båttrafikken. Området ligger relativt uberørt idag.

I området ved tunnelpåhugget i Kjødepollen ligger en hytte som trolig vil bli direkte berørt av tunnelen. I indre del av pollen ligger 3 hytter som vil merke den økte trafikken i området. Hyttene har utsikt mot tunnelåpningen.

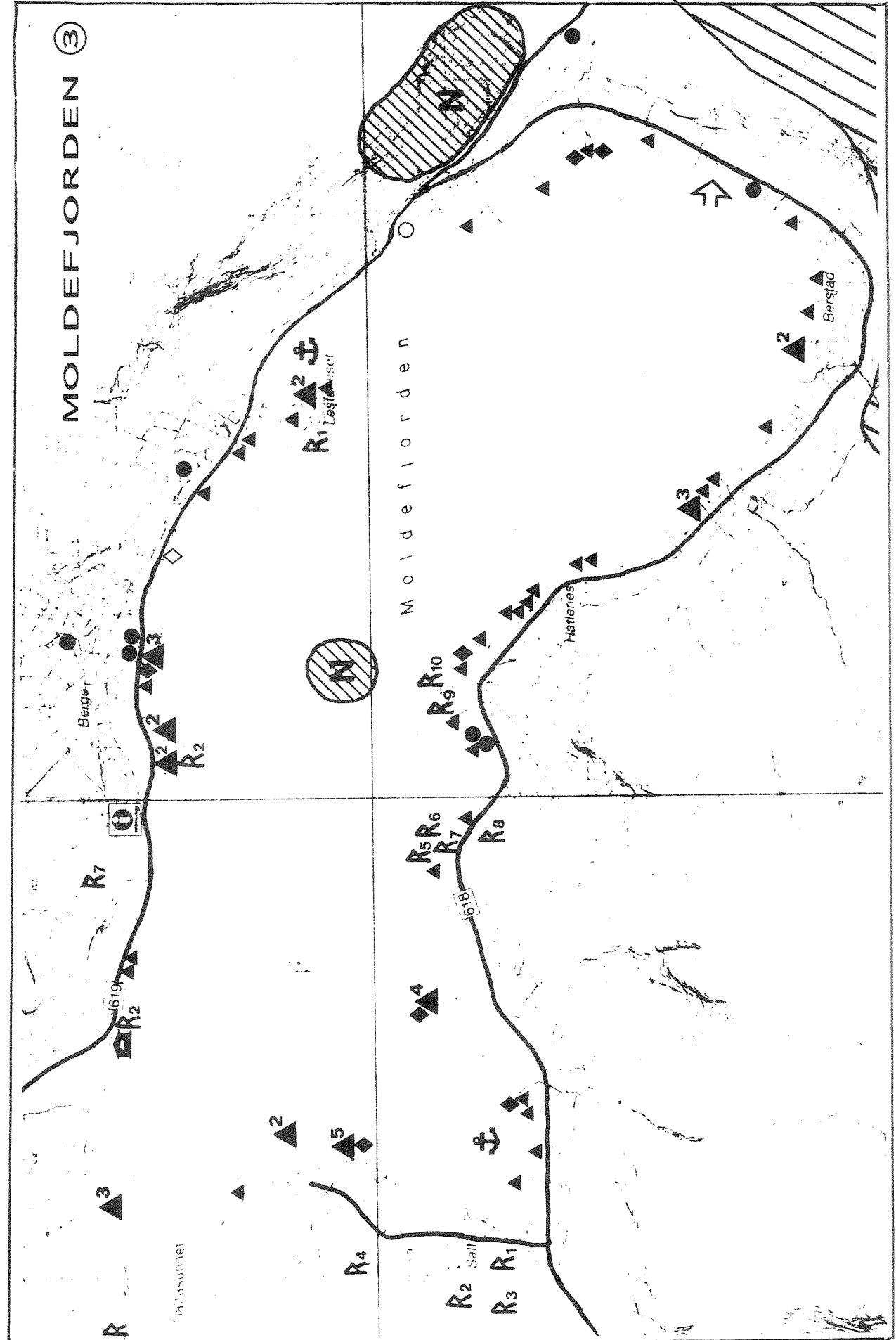
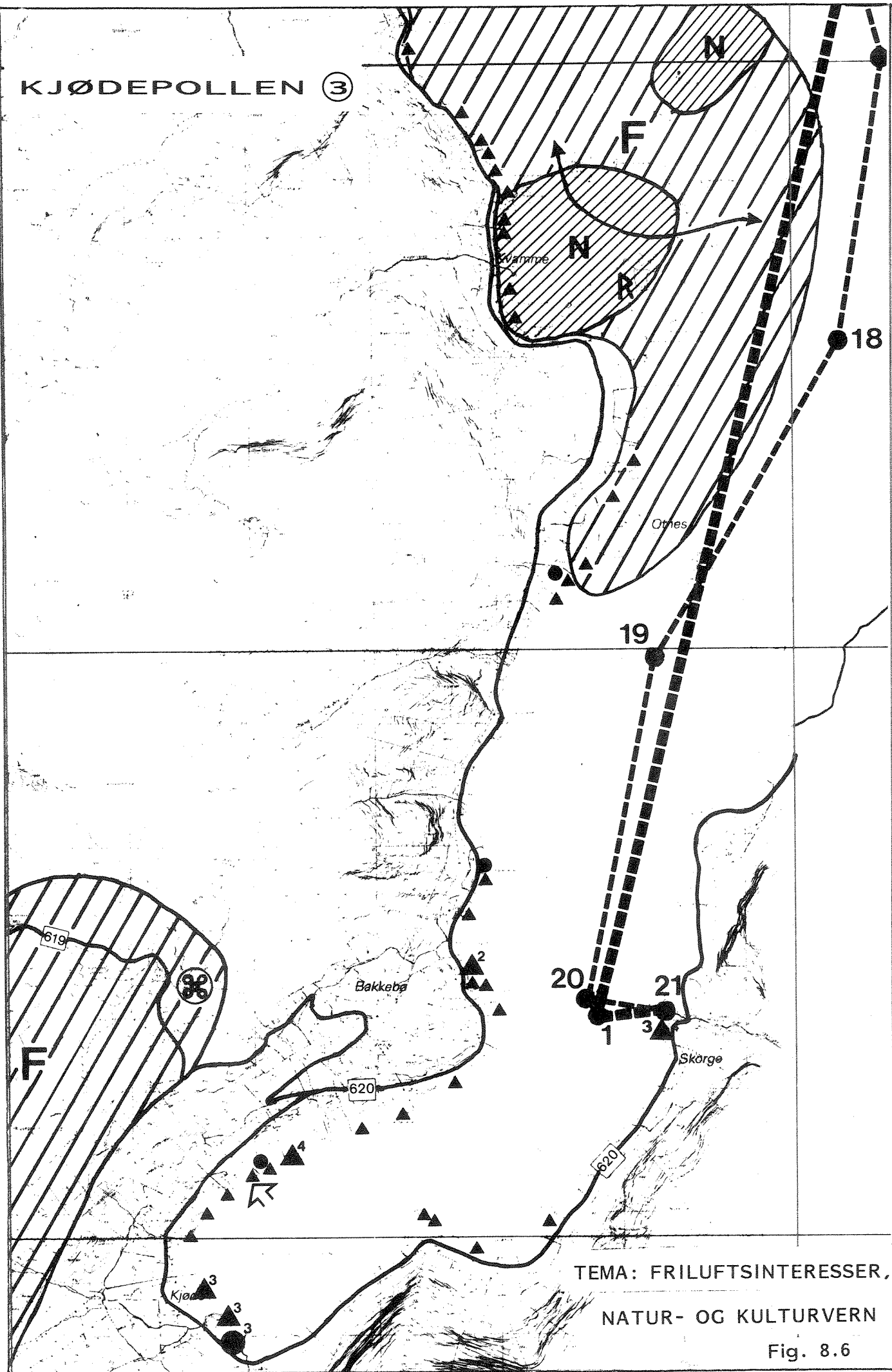


Fig. 8.5

TEMA: FRILUFTSINTERESSER, NATUR- OG KULTURVERN

KJØDEPOLLEN ③



TEMA: FRILUFTSINTERESSER,
NATUR- OG KULTURVERN

Fig. 8.6

Tunnelen vil på begge sider båndlegge strandareal av hovedsaklig lav kvalitet for friluftaktiviteter. I følge strandklassekartene (fig. 8.7 - 8.8) kommer påhuggene i områder med såkalt "vanskelig tilgjengelig" (farbar) strand.

8.4.6. Naturvern.

I Moldefjorden finnes registrerte områder med naturverninteresser ved Eide og på Hatlenesholmen (jfr. fig. 8.5). Eide har verneverdig (lokal) svartor-strandskog som er vurdert i samband med verneplanarbeidet for edelløvsog. Området kommer ikke i berøring med tunnelprosjektet. Hatlenesholmen er sjøfugllokalitet og er av ornitologisk verneinteresse (lokal verneverdi). Økt båttrafikk, evt. ilandstigning, støy osv. vil kunne virke forstyrrende på sjøfugl i området.

I Kjødipollen finnes områder av lokal verneverdi: Kvamsvika - våtmarksområde og Teisten - sjøfuglområde (jfr. fig. 8.6). Økt bruk av friluftsområdet ved Stokkenes-Otnes - Åheim (jfr. kap. 8.4.5) som følge av båttrafikken vil kunne virke negativt på våtmarksområdet og sjøfugllokaliteten.

8.4.7. Kulturvern.

Kulturverninteressene er ikke systematisk registrert i de aktuelle områdene.

Ved enden av den gamle kongeveien i indre del av Moldefjorden (Mannseidet), kan det ligge gjenstander av kulturhistorisk verdi både i strandsonen og i sjøen utenfor.

Fornminner som er registrerte fremgår av fig. 8.5 og 8.6. Funn bl.a. på Berstad innerst i Moldefjorden (pilesmiss,

steinøks). Registrerte fornminner kommer ikke i berøring med tunnelen.

I Kjødipollen er registrert funn ved Otnes (steinøks). Registrerte fornminne kommer heller ikke her i berøring med tunnelen.

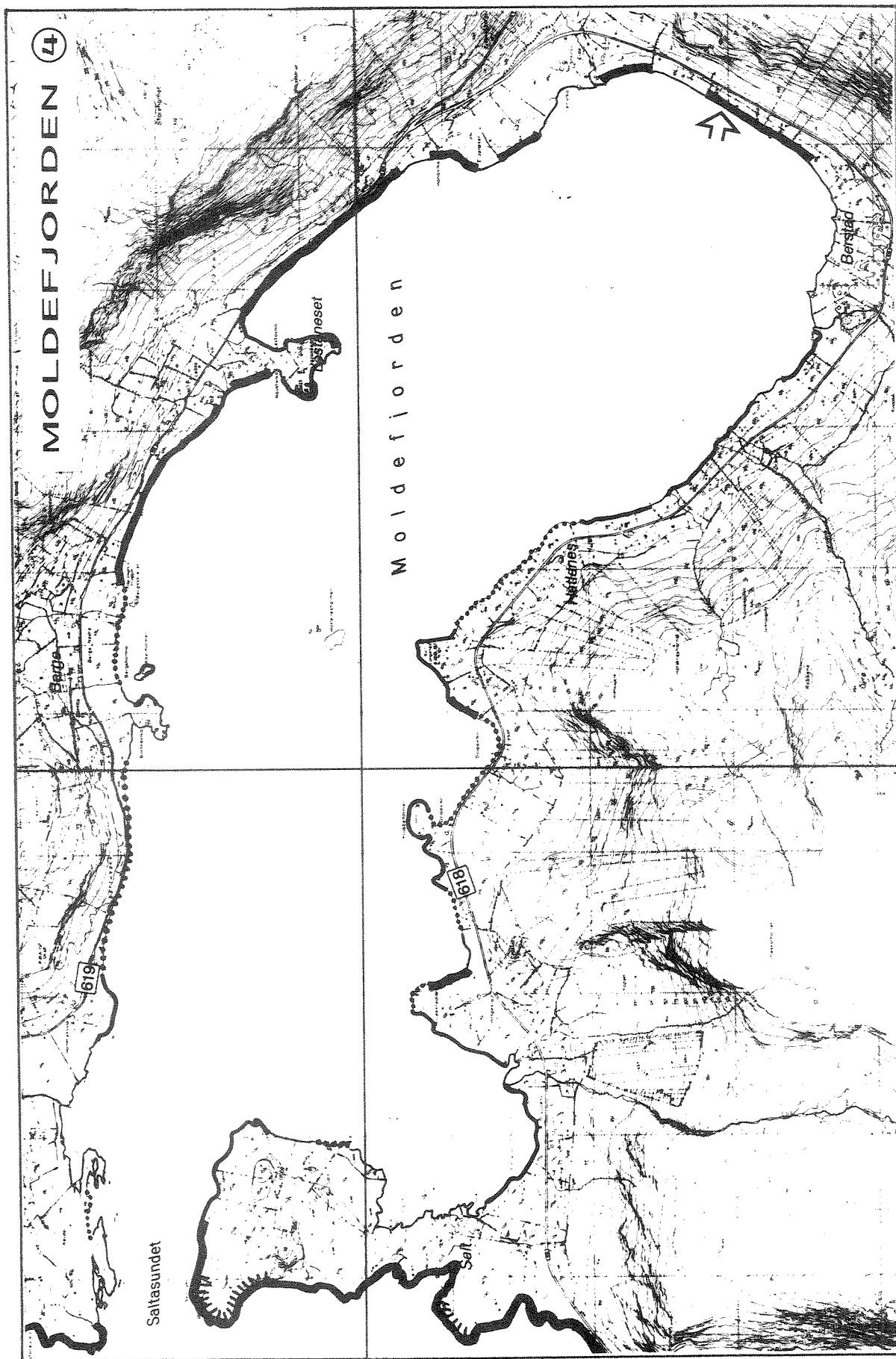
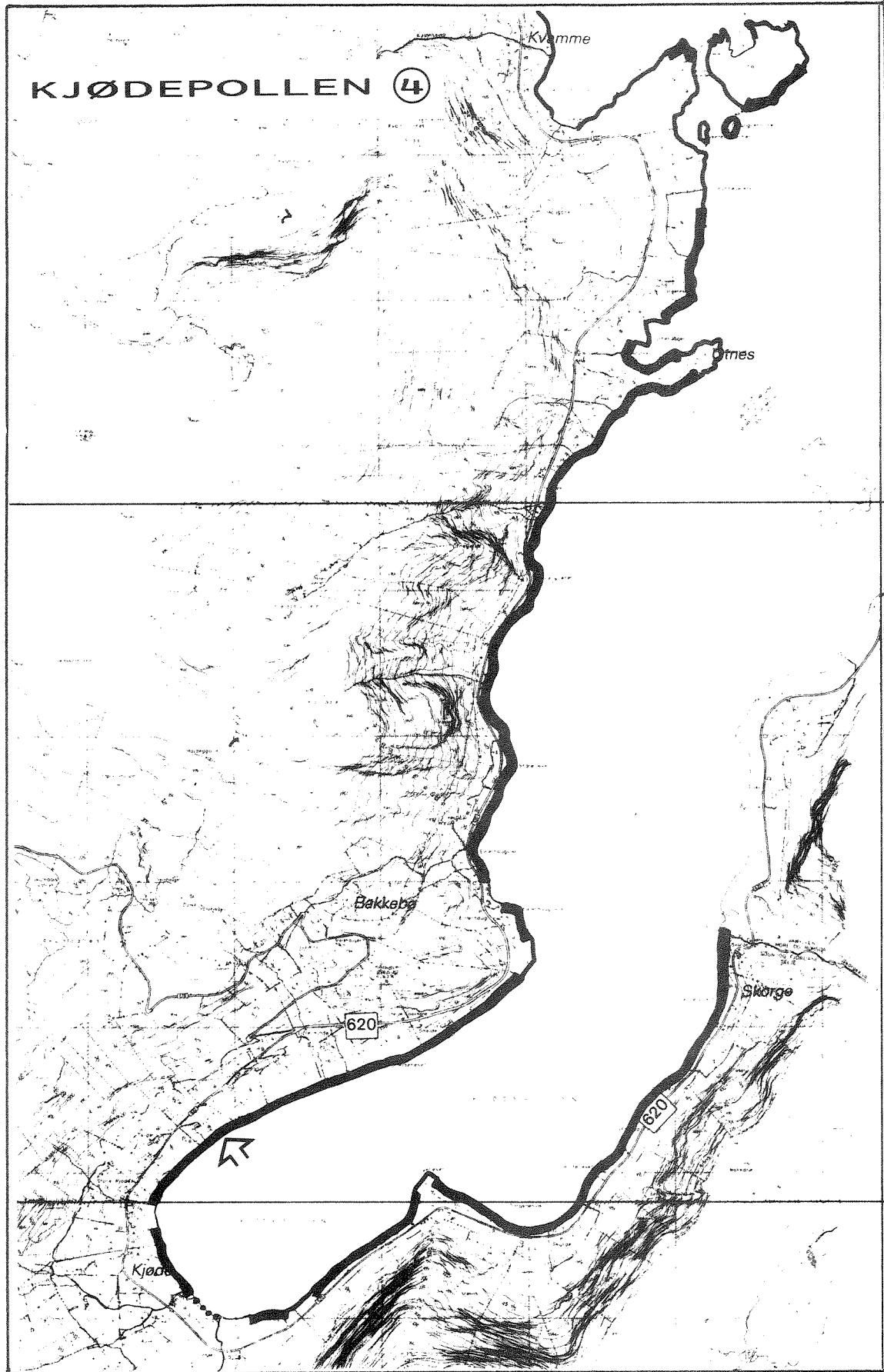


Fig. 8.7

TEMA: STRANDKVALITET.



TEMA: STRANDKVALITET

Fig. 8.8

9. SLUTTORD. OPPFØLGJANDE GRANSKINGAR OG OVERVAKING.

Dei målingane som er blitt gjort i samband med tunnelprosjektet, er lite representative for sommarhalvåret. For å kunne danne seg eit meir representativt bilete av tilstand og utvikling i Moldefjorden og Kjøddepollen, er det naudsynt med supplerande data. Ein del slike data vil ein få i samband med kystsonoplanarbeidet. Dette gjeld ordinær hydrografi, samt ein del oksygendata (Moldefjorden). Innsamling av hydrografiske data i samband med kystsonoplanen vil bli avslutta i byrjinga av juni 1988.

Data som blei innsamla i midten av mai 1988 synte ingen teikn på at gjennomgåande utskifting hadde skjedd. Vi vil difor foreslå at datainnsamlingsarbeidet sommaren 1988 blir litt utvida, med hydrografi i juli-august, og med blandprøver i dei to fjordane på same måte som sist vinter. Vidare at det blir tatt oksygenprøver i djupvatnet i Kjøddepollen (prøver frå Moldefjorden er forutsatt innsamla av Universitetet i Bergen).

Måleperioden desember 1987 - mars 1988 for tidevatn var prega av rolege vindtilhøve. Tidevassmålingar bør gjentakast hausten 1988, for å få med meir representative uversperioder. Dette er viktig, sidan det er i uversperioder tunnelen har sitt største brukspotensiale.

Under anleggsperioden vil det vere naturleg med overvaking av vasskvalitet, særleg partikkeltettleik i vatnet. Dette kan dels skje ved hjelp av automatisk registrerande instrument. Det vil òg vere naudsynt med nærare utarbeiding av evakueringsplaner o.l. for oppdrettsanlegg i tilfelle kritiske situasjonar skulle oppstå.

Tunnelprosjektet knyter til seg ei rad interessante problemstillingar ang. det marine miljøet. Det vil vere svært ønskeleg å få oppretthalde ei overvaking i dei

berørte fjordområda ei tid etter at tunnelen er opna. Eit slikt program må vere lagt opp slik at ulike endringar kan bli dokumenterte. Dette gjeld både fysiske endringar (straum, is m.m.) og biologiske endringar. Det vil vere særst interessant å kunne få høve til å følgje med migrasjonen av alger innover i tunnelen. Saman med straummålingar, vil dette gje verdifulle opplysningar om kva fjord som blir mest endra i sirkulasjon og marin flora og fauna, og kor raskt desse endringane skjer.

Fleire av dei sistnemnde problemstillingane har almenn interesse, og kan kanskje bli støtta av offentlege myndigheter og forskningsinstitusjonar, i eit meir grunnforskningsprega prosjekt. Dette forutset at planlegging kan skje i god tid, slik at midlar kan bli søkt, og nødvendig personell allokert.

REFERANSER.

- Andersen, L., Harstveit, K. og Sunde, A. 1987: Stad Skipstunnel. Meteorologiske vurderinger. Det Norske Meteorologisk Institutt, rapp. 34/87 KLIMA.
- Berge, G. og Pettersen, R. 1981: Miljøforholdene i indre Vanylvsfjorden, Syltefjorden og Kjødepollen. Rapp. Havforskningsinstituttet 1981 nr. 5, serie B.
- Bjarne Instanes A/S, 1985: Prosjektskisse og anbudsokument for Stadtunnelen.
- Broecker, W.S. & Peng, T.H. 1982: Tracers in the sea. Columbia University, Palisades, New York.
- Fisken og Havet 1988/1: Ressursoversikt for 1988 og havmiljørapport for 1986 og 1987.
- Gade, H.G. og Edwards, A. 1980: Deep water renewal in fjords. I: Fjord oceanography. (Red: H.J. Freeland, D.M. Farmer og C.D. Levings). Plenum, New York.
- Golmen, L.G. 1986: Flytebru Bømlo-Stord. Konsekvensar for straumtilhøve og vassmiljø, NIVA-rapport nr. 1923.
- Hovgaard, P. og Moldestad, M. 1984: Hydrografiske observasjoner i Moldefjorden i Selje. Rapp. Sogn og Fj. DH, 1984.
- Johannesen, P. J. og Stensvold, A.M. 1985: Resipientundersøkelse i Moldefjorden, Selje kommune. Rapp. nr. 27, 1985 Inst. for Mar.Biol. UiB.
- Pond, S. og Pickard, G.L. 1986: Introductory Dynamical Oceanography. Andre utgåve. Pergamon Press, U.K.
- Sakshaug, E., Andersen, K., Myklestad, S. & Olsen, Y. 1983: Nutrient status of phytoplankton communities in Norwegian waters (marine, brackish and fresh) as revealed by their chemical composition. I. Plankton Res., Vol. 5, No 2, pp 175-196.
- Stigebrandt, A. og Aure, J. 1988: On the influence of topographic factors upon the oxygen consumption rate in sill basins of fjords. For publ. i Estuarine, Coastal and Shelf Mar. Sci.
- Sætre, R. 1983: Strømforholdene i øvre vannlag utenfor Norge. FOH rapport nr. 4/83. Miljøverndept.

N - 7034 TRONDHEIM - NTH

TEL.: (07) 59 23 00
TELEX: 55 435 NHL N

ISBN NR.:

RAPPORTENS TITTEL SKIPSTUNNEL GJENNOM STADTLANDET HYDRAULISKE FORHOLD	DATO 1988-05-03
	ANTALL SIDER OG BILAG 17 sider, 24 bilag
SAKSBEARBEIDER/FORF. Tor E. Dahl, Anders Storler, Svein Vold, Knut Ås	ANSV. SIGN. <i>Svein Bjørdal</i> Sverre Bjørdal
	PROSJEKTNUMMER 604195

OPPDRAGSGIVER A/S Stadt Skipstunnel	OPPDR. GIVERS REF. Åge Starheim
--	--

EKSTRAKT Målsetningen har vært å måle vannstandsforskjellen mellom de to fjordbassengene som skal forbindes med tunnel. Resultatene er brukt til å beregne den strømhastighet en må forvente i tunnelen og den betydning den vil få for skipstrafikken.
--

5 STIKKORD PÅ NORSK

Hydroteknikk
Skipstunnel
Strømhastigheter
Squat
Stadt

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
INNHALDSFORTEGNELSE	I
TABELLFORTEGNELSE	II
BILAGSLISTE	III
1. INNLEDNING	1
2. PROBLEMBESKRIVELSE	2
3. VANNSTANDSOBSERVASJONER	3
3.1. Måleprogram	3
3.2. Måleopplegget	3
3.3. Måleresultater	5
4. VINDMÅLINGER OG VINDSTATISTIKK	8
5. ANLEGGSTEKNISKE DATA	9
6. DIMENSJONERENDE STRØMHASTIGHET I TUNNELEN	10
7. HYDRAULISKE FORHOLD	14
7.1. Strømningssituasjonen	14
7.2. Begrensende hastighet og "squat"	14
8. KONKLUSJON	17
REFERANSE	

TABELLFORTEGNELSE

- Tabell 1 Frekvensdiagram for perioden 87-12-16
 til 87-12-22.
- Tabell 2 Frekvensdiagram for perioden 87-12-28
 til 88-01-06.
- Tabell 3 Frekvensdiagram for perioden 88-01-23
 til 88-03-17.

BILAGSLISTE

Bilag 1	Kartskisse
" 2	Måleresultater
" 3	Måleresultater
" 4	Måleresultater
" 5	Måleresultater
" 6	Måleresultater
" 7	Måleresultater
" 8	Måleresultater
" 9	Måleresultater
" 10	Måleresultater
" 11	Måleresultater
" 12	Måleresultater
" 13	Måleresultater
" 14	Kortperiodiske svingninger
" 15	Kortperiodiske svingninger
" 16	Langperiodiske tidevannssvingninger med overliggende kortperiodiske svingninger.
" 17	Vindobservasjoner
" 18	Vindstatistikk
" 19	Symboler brukt i vindstatistikk
" 20	Beaufort skala
" 21	Tunneltverrsnitt

1. INNLEDNING

Tanken om å bygge en tunnel for skipsfarten gjennom Stadtlandet er gammel.

I 1974 utarbeidet Sivilingeniør Bjarne Instanes et grovt skisseprosjekt for en skipstunnel gjennom Stadtlandet. I begynnelsen av 1984 tok han på ny opp dette prosjektet for å undersøke det seriøst, teknisk og økonomisk. Teknologien som skal til for å gjennomføre prosjektet er gammel og velprøvd, og gjennomføringen skulle derfor ikke by på overraskelser.

Miljøkonsekvensene av å sprengre en skipstunnel gjennom Stadtlandet må imidlertid analyseres før prosjektet kan påbegynnes.

NIVA og NHL utarbeidet i 1987 i fellesskap et program som tok sikte på å skaffe til veie nødvendige data som kunne danne grunnlaget for en konsekvensanalysen.

Denne rapporten beskriver noen av de undersøkelser som er gjort.

NHLs oppgave har vært å belyse de hydrotekniske problemer som knytter seg til selve skipstrafikken gjennom og til og fra tunnelen. I tillegg kan de data som nå foreligger brukes til å vurdere utskiftningen av vann mellom Moldefjorden og Kjødpollen.

Rapporten fra NHL beskriver bare denne delen av programmet.

Etter avtale er imidlertid rapporten skrevet slik at den kan stå for seg selv, selv om den bare er den ene delen av konsekvensanalysen.

2. PROBLEMBESKRIVELSE

Vannstanden i Kjødepollen og Moldefjorden varierer innbyrdes. I mesteparten av tiden er forskjellen liten, men under spesielle værforhold kan den bli større. Vannet vil derfor strømme igjennom tunnelen i begge retninger avhengig av vannstandsforholdene. Når vannstandsvariasjonene er kjent kan strømhastighetene i tunnelen beregnes.

Årsaken til vannstandsforskjellen er først og fremst forårsaket av to forhold.

Det ene er forplantningshastigheten av tidevannsbølgen. Med andre ord det blir høyvann til forskjellige tidspunkt i hver ende av tunnelen. Den andre faktoren som påvirker vannstanden er vindoppstuvning.

Når vi har vind vil friksjonen mellom havoverflaten og luften ikke bare utvikle bølger, men også sørge for en skråstilling av havoverflaten.

Med vind fra NV vil for eksempel vannstanden innerst i Kjødepollen være høyere enn ute i Vanylvsgapet. Den samme effekten får vi ikke i Moldefjorden med vind fra NV, og dermed oppstår vannstandsforskjellen.

Disse effektene kan beregnes teoretisk, noe vi gjorde på et tidlig tidspunkt. Nøyaktigheten av slike beregninger er imidlertid for usikre til å brukes for et så stort prosjekt som skipstunnelen er. NHL har derfor observert vannstandsvariasjonene fra 87-12-16 til 88-03-16. Noen bølgeanalyse ved tunnelinnløpene ble ikke gjennomført, fordi vi anså bølgene for små til å ha noen betydning for skipsfarten gjennom tunnelen og i innløpet til tunnelen.

3. VANNSTANDSOBSERVASJONER

3.1. Måleprogram

Vannstandsobservasjoner ble utført over en 4 måneders periode fra 87-12-16 til 88-03-16. Opprinnelig var måleperioden i programforslaget satt til 2 måneder. På grunn av de spesielle værforholdene vi fikk med vind stort sett fra NØ i hele desember, januar og februar måtte vi forlenge måleperioden til vi var sikre på at vi hadde stor nok variasjon i vindretning og -styrke.

3.2. Måleopplegget

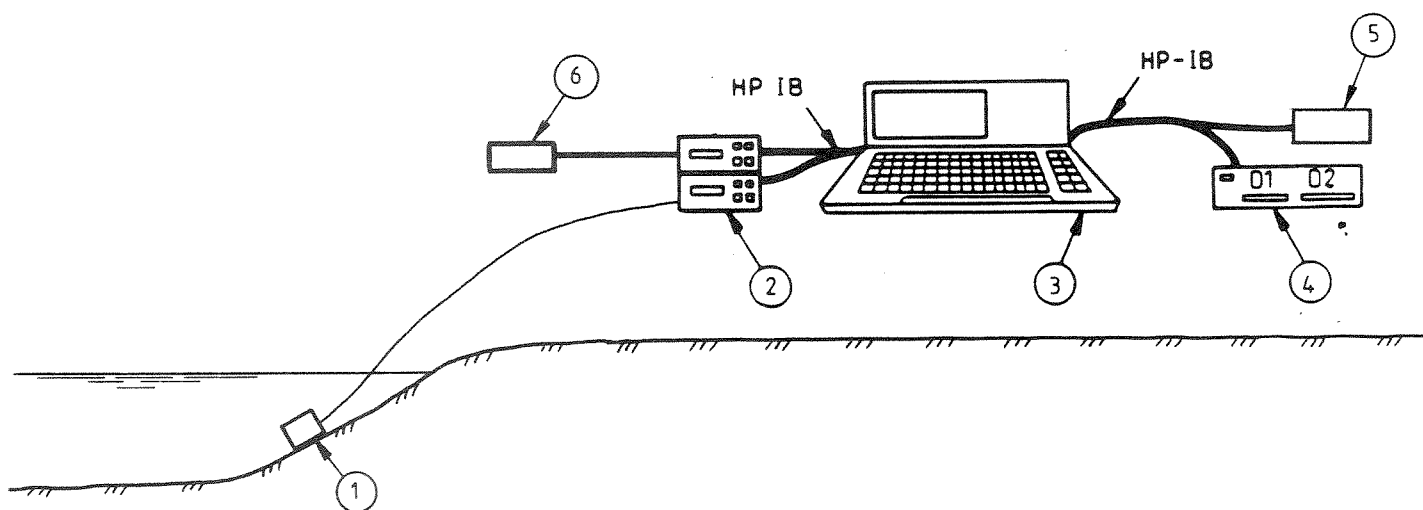
Det opprinnelige måleopplegget var basert på tre trykkmålere, en i Kjødepollen, en i Moldefjorden og en lufttrykksmåler. Data ble registrert av en microdatamaskin som var plassert på Kjødesiden. En kabel som var trukket fra Eidstranda til Kjøde forbandt denne trykkmåleren med datamaskinen. Dette opplegget var i drift fra 16 desember 1987 til 22 januar 1988.

I løpet av denne perioden hadde vi flere avbrudd i målingene, fordi vi fikk elektriske utladninger mellom den lange kabelen og atmosfæren under spesielle værforhold. Vi så oss derfor nødt til å endre opplegget. Vi kuttet ut kabelen og installerte en datamaskin på Eidestranda i tillegg til den på Kjødesiden. Microdatamaskinen leste vanntrykket samt lufttrykket fra vanntrykkscellen via et voltmeter med HP-1B interface. Lufttrykket ble lest på tilsvarende måte fra en celle som sto ved microdatamaskinen. Vann-nivået kom fram ved å beregne differansen mellom luft og vanntrykk samt lufttrykk.

De to anleggene er synkronisert ved at det er koblet et kvartsur til HP-1B Snittet. Det er disse klokken som styrer loggeprosessen. Dataene ble lagret på diskettstasjonen for videreforsendelse til behandling og plotting ved NHL.

Målenøyaktigheten på cellene er ca ± 5 cm vannsøyle.

Skisse av måleutstyr



1. Trykkselle vann + luft
2. Voltmeter
3. HP 87
4. HP 9122 D
5. Klokke
6. Lufttrykkselle

Repetisjonen innenfor et døgn ved noenlunde konstant temperatur er imidlertid betydelig bedre (ca ± 1 cm vannsøyde).

For et måleprosjekt som dette der utgangspunktet er middelvannstanden over lang tid på øst og vestsiden av tunnelen, er det viktigere at repetisjonen er god enn den absolutte målenøyaktighet.

For å glatte målesignalene før lagringen ble vanntrykket funnet ved å ta middelveien av 40 målinger med 0.5 sek mellomrom.

Lufttrykket ble funnet ved å ta middelveien av 20 målinger med 1 sek mellomrom. Dette gjentas for hvert 2.5 minutter. Under plottingen ga dette en relativt glatt tidevannskurve der sporene etter vindbølger er borte.

3.3. Måleresultater

Resultatene av vannstandsobservasjonene er vist på bilagene 2 - 13. På hvert bilag er det tegnet opp tre kurver. To av kurvene viser hvordan vannstanden varierer over tid på hver side av Stadtlandet, mens den tredje viser hvordan forskjellen mellom de to vannstandskurvene varierer til en hver tid. Differansekurven er vist i dobbel målestokk sammenlignet med tidevannskurvene.

Disse observasjonene er behandlet videre og i tabell 1, 2 og 3 har vi gjengitt et frekvensdiagram for differansen i vannstand mellom Eide i Moldefjorden og Kjødepollen ($H_{\text{Eide}} - H_{\text{Kjødep.}}$).

Den største nivåforskjellen i måleperioden er 0.34 m.

På bilagene 14 og 15 har vi forstørret plottet av vannstandsdifferansen for 29 desember, som var den dagen vi hadde størst vannstandsforskjell.

Hele denne dagen (24 timer) ville vannet ha strømmet fra Moldefjorden til Kjødepollen hvis tunnelen hadde eksistert. Den 29 desember kl 1900 er vi oppe i en vannstandsforskjell på 0.34 m, som er den største observerte. Vi hadde den dagen vind fra SV av styrke 7 Beaufort. En uke

tidligere var vindstyrken oppe i 9 Beaufort fra samme retning (SV) uten at vi fikk så store vannstandsdifferanser.

Av måleresultatene kan vi trekke ut tre effekter som er av stor betydning for vannstandsforskjellen. Disse effektene er:

1. Tidevannsvariasjonene.
2. Egensvingninger av vannspeilet i Moldefjorden og i Kjødepollen.
3. Vindpåvirkning.

Ad. 1.

Av bilagene som viser observasjonene ser vi at den beregnede vannstandsdifferansen varierer i takt med tidevannsbølgen. Dette betyr at vi har en liten tidsforskjell i tidevannet mellom de to målepunktene. Tidsforskjellen er imidlertid såvidt liten at den ikke kommer fram tydelig når vi sammenligner tidevannskurvene for de to målepunktene. Av differansekurven kan vi lett se at denne effekten utgjør ca 5 - 10 cm i høydeforskjell mellom vannspeilet i de to målepunktene.

Ad. 2.

På begge sider av tunnelen har vannspeilene en egensvingning som er bestemt av topografien i området.

På bilag 16 har vi forstørret en del av observasjonene. En ser her tydelig de overliggende svingningene på tidevannskurvene. Mest framtrædende er svingningene i Moldefjorden, som er vist med heltrukket linje. Perioden for denne svingningen er ca 50 min. Betrakter vi bukten helt ut til Sildegapet som et basseng, så vil egensvingeperioden for et slikt basseng stemme overens med den observerte svingning.

Betrakter vi disse svingningene som på bilag 14 er forstørret for observasjonen som ble gjort den 29 des, så ser vi at de representerer en forskjell i vannstandshøyde på ca 10 - 20 cm.

Ad. 3.

Friksjonskreftene mellom vinden og vannoverflaten skaper ikke bare bølger, men virker også slik at vi får skråstilt vannspeilet og får hva vi til daglig kaller vindoppstuvning.

Her er vi først og fremst interessert i hvilke forskjeller dette kan forårsake i vannstand mellom Moldefjorden og Kjødepollen. På bilag 3 ser vi et tydelig eksempel. Vannstanden i Moldefjorden er vedvarende høyere enn i Kjødepollen i hele tidevannsperioden. Forskjellen utgjør ca 0.20 m. Det betyr at vi ville ha hatt strøm fra Moldefjorden til Kjødepollen fra 29 des kl 00 til 30 des kl 16. I denne perioden hadde vi stort sett vind fra SV med gjennomsnittsstyrke på 15 m/s. Av bilagene 3 og 4 ser vi at i perioden 31 des 87 til 6 jan 88 var vannspeilet vedvarende høyest i Kjødepollen. Vindobservasjoner mangler for denne perioden.

Av bilag 10 ser vi at vannstanden 22 jan - 23 jan er uvanlig høy, uten at dette har ført til vannstandsforskjeller mellom målepunktene. Vinden i denne perioden var oppe i en gjennomsnittshastighet på 20 m/s fra SSV. Den motsatte virkning kan vi se at vinden har hatt 2 og 3 mars da vannspeilet var uvanlig lavt uten at det har oppstått vannstandsdifferanser mellom de to målepunktene. I denne perioden hadde vi vind fra NØ som var oppe i en gjennomsnittshastighet på ca 27 m/s.

4. VINDMÅLINGER OG VINDSTATISTIKK

Fra Det Norske Meteorologiske Institutt har vi fått vindobservasjonene som er gjort på Svinøy fyr i løpet av vår måleperiode. De er vist på bilag 17. Målingene er presentert i et vektordiagram. x-aksen har en inndeling i Juliansk dagnummerering. Det vil si at 1 jan er dag 1 og 1 feb er dag 32 osv.

Vindretningen angis med utgangspunkt fra x-aksen. De framtreddende vindretninger i måleperioden har vært fra SV og NØ. Bare i noen få tilfeller har vi hatt vind fra NV. Vindstyrkene fra SV og NV, som er av største betydning for vannstands-differansen mellom de to tunnel-åpningene har vært oppe i gjennomsnittshastigheter på henholdsvis 23 m/s og 20 m/s, som tilsvarer 9 og 8 på Beauforts skala.

På bilag 18 har vi gjengitt vindstatistikken fra Svinøy fyr, utarbeidet på grunnlag av 4 observasjoner daglig i perioden 1961 - 1975, av Det Norske Meteorologiske Institutt.

Bilag 19 gir forklaring på de symbolene som er brukt i vindstatistikken. Bilag 20 viser Beauforts skala.

Ved å sammenligne de vindstyrker som ble observert i vår måleperiode fra de forskjellige retninger med de statistiske verdier ser vi at vi har vært i nærheten av de statistiske maksimalverdiene.

Måleperioden må derfor kunne sies å ha vært representativ med tanke på oppstuvning av vannspeilet på grunn av vindpåvirkning.

5. ANLEGGSTEKNISKE DATA

Skipstunnelen er tenkt plassert lengst inne på Stadtlandet. Lengden av en slik tunnel, som skal forbinde Moldefjorden med Kjøddepollen, er i henhold til de foreløpige planer utarbeidet av Sivilingeniør Bjarne Instanes A/S, prosjektert til 1900 m. I tillegg kommer en åpen kanal på ca 60 m i hver ende.

Hovedmålene for tunnelverrsnittet er:

Største bredde	20 m
Største høyde	22 m
Dybde spring LV	5.5 m
Dybde spring HV	8.1 m
Tunnelverrsnitt	500 m ²

6. DIMENSJONERENDE STRØMHASTIGHET I TUNNELEN

Med basis i de målingene vi har gjennomført i perioden fra 16 des 1987 til 17 mars 1988 har vi et representativt datamateriale, som med rimelig god nøyaktighet kan brukes til å fastsette dimensjonerende vannstandsforskjell fra den ene til den andre enden av tunnelen. Denne vannstandsforskjellen brukes så til å beregne strømhastigheten. Som nevnt under kapittel 3 bygges vannstandsforskjellen opp av følgende tre effekter:

1. Tidevannsforsinkelse
2. Vindoppstuvning
3. Lokale vannstandssvingninger

1 og 2 er langperiodiske svingninger på 12 timer og mer, mens 3 er kortperiodiske i denne sammenheng, med periode mindre enn 1 time.

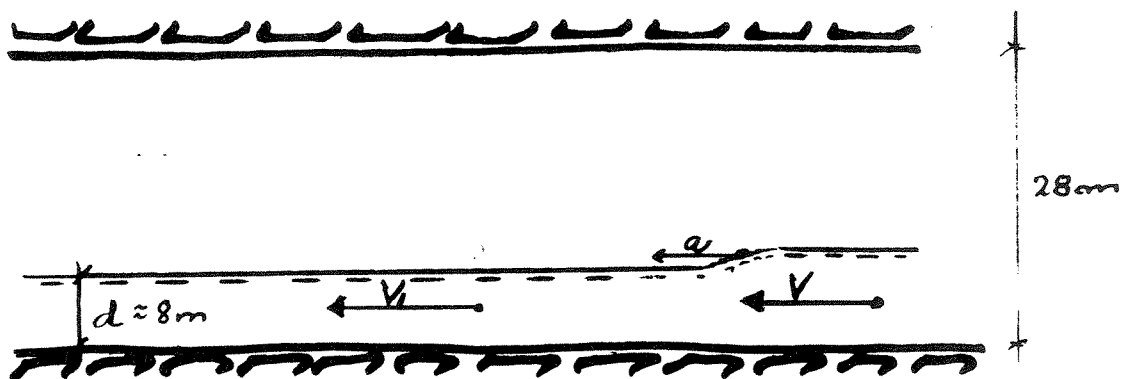
Maksimalverdien målt den 29 des 1987 var 0.35 m.

Hver av de tre effektene bidro med følgende:

1. Tidevannsforsinkelse	$\Delta h_1 \sim 0.05 \text{ m}$
2. Vindoppstuvning	$\Delta h_2 \sim 0.20 \text{ m}$
3. Lokale svingninger	<u>$\Delta h_3 \sim 0.10 \text{ m}$</u>
Sum	<u>$\Delta h \sim 0.35 \text{ m}$</u>

Effektene 1 og 2 varer så lenge at de kan sette opp stasjonære strømminger, men effekt 3 som er kortperiodisk sørger for at vi får ikke-stasjonære strømmingssituasjoner.

Følgende skisse forklarer kanskje mer enn ord.

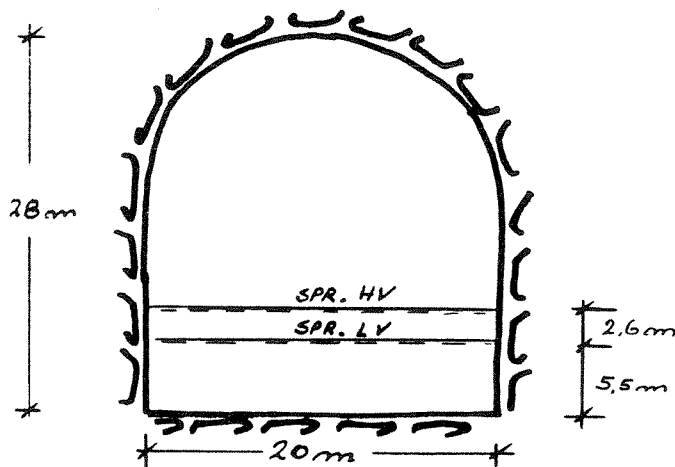


Skissen viser et lengdesnitt gjennom tunnelen. Effektene 1 og 2 sørger for den stasjonære strømmen med hastighet V_1 . Effekt 3 sørger for translasjonsbølgen som forplanter seg med hastigheten a .

Vi har med andre ord forskjellige hastigheter på forskjellige steder i tunnelen til samme tid.

Før translasjonsbølgen har passert et punkt i tunnelen har vi hastigheten V_1 og etter at den har passert V .

Til å beregne strømhastighetene bruker vi Mannings formel, hvor vi har satt koeffisienten $M = 36 \text{ m}^{1/3} / \text{s}^2$.



$$V = M R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

hvor: V = hastighet i m/s
 M = Mannings koeffisient
 R = hydraulisk radius
 I = vannspeilets helning

Spring lavvann			Spring høyvann		
Δh (m)	V m/s	Knop	Δh (m)	V m/s	Knop
0.50	1.35	2.7	0.50	1.57	3.1
0.30	1.05	2.1	0.30	1.20	2.4
0.25	0.95	1.9	0.25	1.10	2.2
0.20	0.85	1.7	0.20	1.00	2
0.10	0.60	1.2	0.10	0.70	1.4

Av beregningene framgår det at den vannstands-differansen vi observerte 29 des 87 (0.2 m + 0.05 m) ville ha gitt følgende gunnstrøm:

$$V_i = 0.95 \text{ m/s ved spring lavvann}$$

$$V_i = 1.1 \text{ m/s ved spring høyvann}$$

Den kortperiodiske svingning (0.1 m) ville ha bidratt med et tillegg i hastigheten, slik at maksimalhastighetene i tunnelen ville ha blitt:

$$V = 1.15 \text{ m/s ved spring lavvann}$$

$$V = 1.30 \text{ m/s ved spring høyvann}$$

Dette er de maksimale hastighetene som ville ha forekommet over et kort tidsintervall hvis tunnelen hadde eksistert i måleperioden.

Returperioden for en slik situasjon er vanskelig å bedømme, men den vil sannsynligvis opptre noen ganger pr år.

Som kriterium for dimensjonerende hastighet kan vi tenke oss å sette en strømsituasjon som opptre 1 gang hvert år.

Denne strømsituasjonen blir noe større enn den vi har beregnet på grunnlag av målingene våre. Hvor mye større er umulig å si eksakt, men med en kvalifisert antagelse med bakgrunn i målingene vil vi sette dimensjonerende hastighet til:

$v = 1.25 \text{ m/s}$ ved spring lavvann

$v = 1.50 \text{ m/s}$ ved spring høyvann

7. HYDRAULISKE FORHOLD

7.1. Strømnings situasjonen

Med de beregnede hastigheter og de dybdeforhold vi vil få i tunnelen så får vi et såkalt Froude-tall som er

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gd}}$$

hvor:

V = hastighet

g = tyngdens akselerasjon

d = dybden

$$F_{r \text{ spring HV}} = \frac{1.5}{\sqrt{gd}} = \underline{0.16}$$

$$F_{r \text{ spring LV}} = \frac{1.25}{\sqrt{gd}} = \underline{0.17}$$

Froude-tall av denne størrelsen garanterer for en stille vannoverflate i tunnelen uten strømbølger og strømvirvler.

7.2. Begrensende hastighet og "squat"

Med begrensende hastighet mener vi den maksimale hastighet et fartøy på veg gjennom tunnelen kan ha relativt i forhold til vannet.

Når denne grensen er nådd vil hastigheten ikke øke, selv om man øker motorkraften. Det som i tilfelle skjer er at hekkbølgen vokser og at fartøyet synker dypere (squat) uten at farten øker. Den begrensende hastighet er avhengig av båtstørrelsen. Vi vil her beregne den begrensende hastighet for den største fartøytypen som tunnelen er beregnet for.

Nedenforstående beregning er utført for en situasjon med spring lavvann og for den største båttypen.

Snurper:

Lengde	50 m
Bredde	8.5 m
Dypgående	4.6 m

Den begrensende relative hastighet mellom båten og vannet blir:

$$V_L = 2.2 \text{ m/s}$$

Hvis båten går mot maksimalstrømmen er den begrensende hastighet i forhold til tunnelen

$$V = 2.2 \text{ m/s} - 1.25 \text{ m/s} = \underline{0.95 \text{ m/s}}$$

For å komme gjennom tunnelen med maksimal motstrøm på spring lavvann bruker den største båttypen ca 30 min.

Den samme beregning gjennomført for spring høyvann gir følgende:

Hastighetsgrense relativt til vannet:

$$V_L = 3.65 \text{ m/s}$$

Hastighet relativt til tunnelen med maksimal motstrøm:

$$V = 3.65 - 1.5 \text{ m} = \underline{2.15 \text{ m/s}}$$

For å komme gjennom tunnelen med maksimal motstrøm på spring høyvann bruker den største båttypen ca 15min.

"Squat"

Squat er et engelsk ord som betyr å synke ned med akterenden på grunn av farten.

Vi har her beregnet hvor mye dette utgjør når den største båttypen går med begrensende hastighet (V_L).

Squat \sim 0.3 m

Beregningene er gjort i henhold til ref. 1.

Dette betyr at hvis de største båtene går med den begrensende hastighet V_L når det er spring lavvann, så har de en klaring mellom bunn og kjøll på 0.6 m.

Dybde i tunnelen	5.5 m
- (Dyppgående + squat) (4.6 + 0.3)m	<u>4.9 m</u>
Klaring	<u>0.6 m</u>

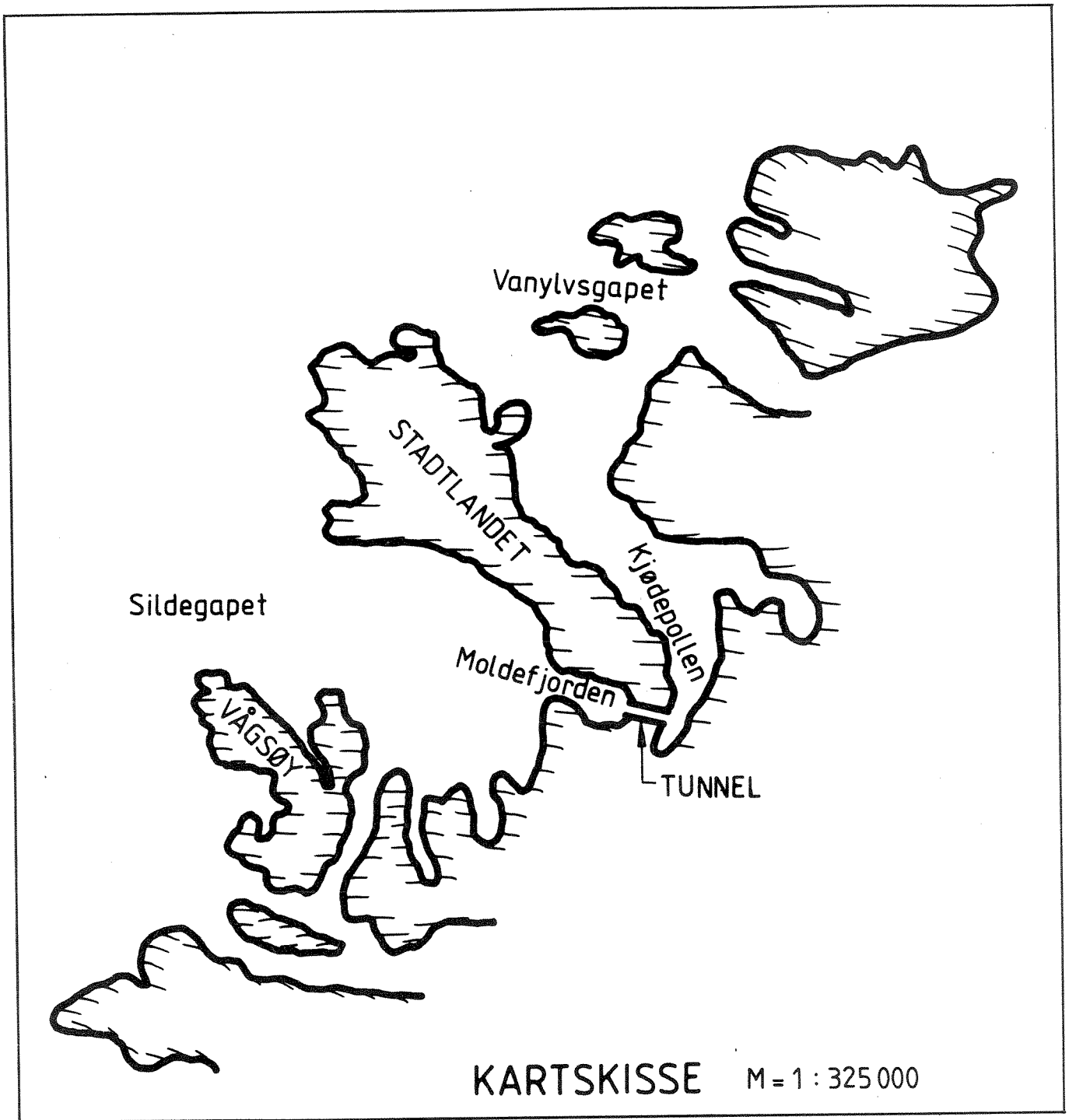
8. KONKLUSJON

Med bakgrunn i de måleresultater vi har fått og de antagelser vi har gjort viser beregningene at tunnelen kan brukes i 100 % av tiden med den utforming som er foreslått og med de oppgitte skipsstørrelser.

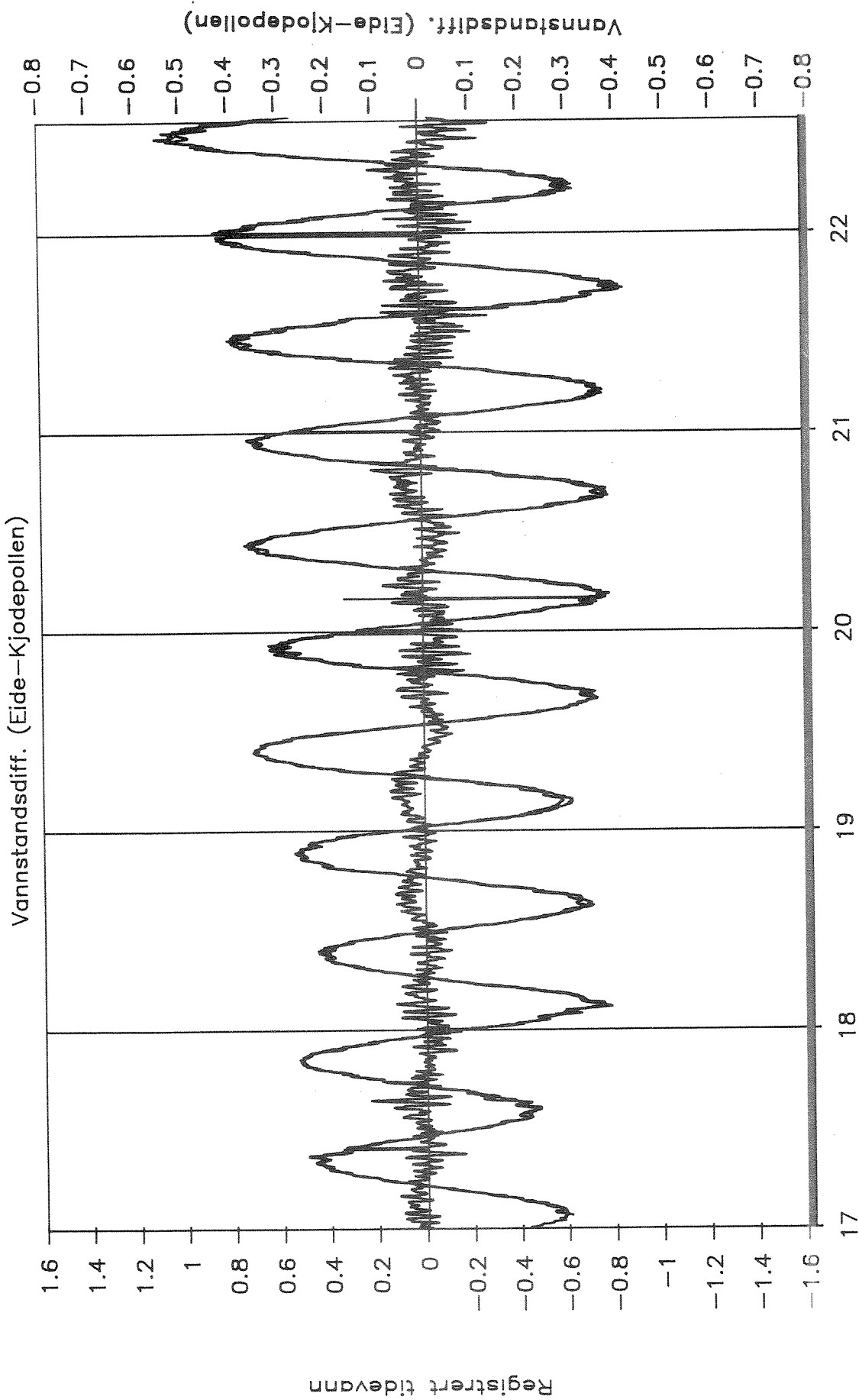
Bilag 21 viser et tunneltverrsnitt med den største båttypen inntegnet.

REFERANSE

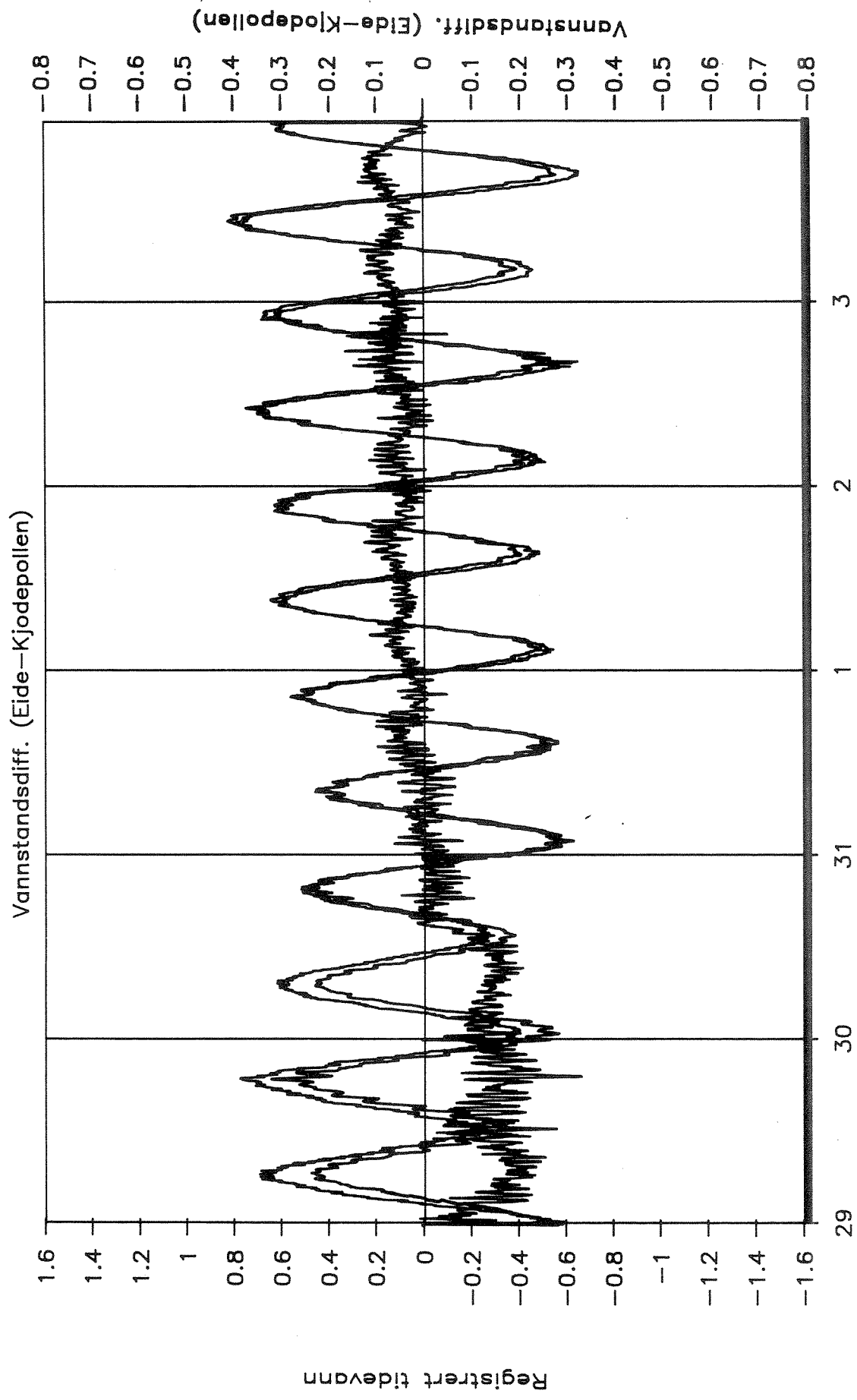
Ref. 1: Schijf, M.J.B., 1949: Proceedings of 17th Congress of PIANCS I - c2. See also, Proceedings of 18th Congress of PIANCS I - c 1:61-79.



Tidevann ved Eide og Kjodepollen

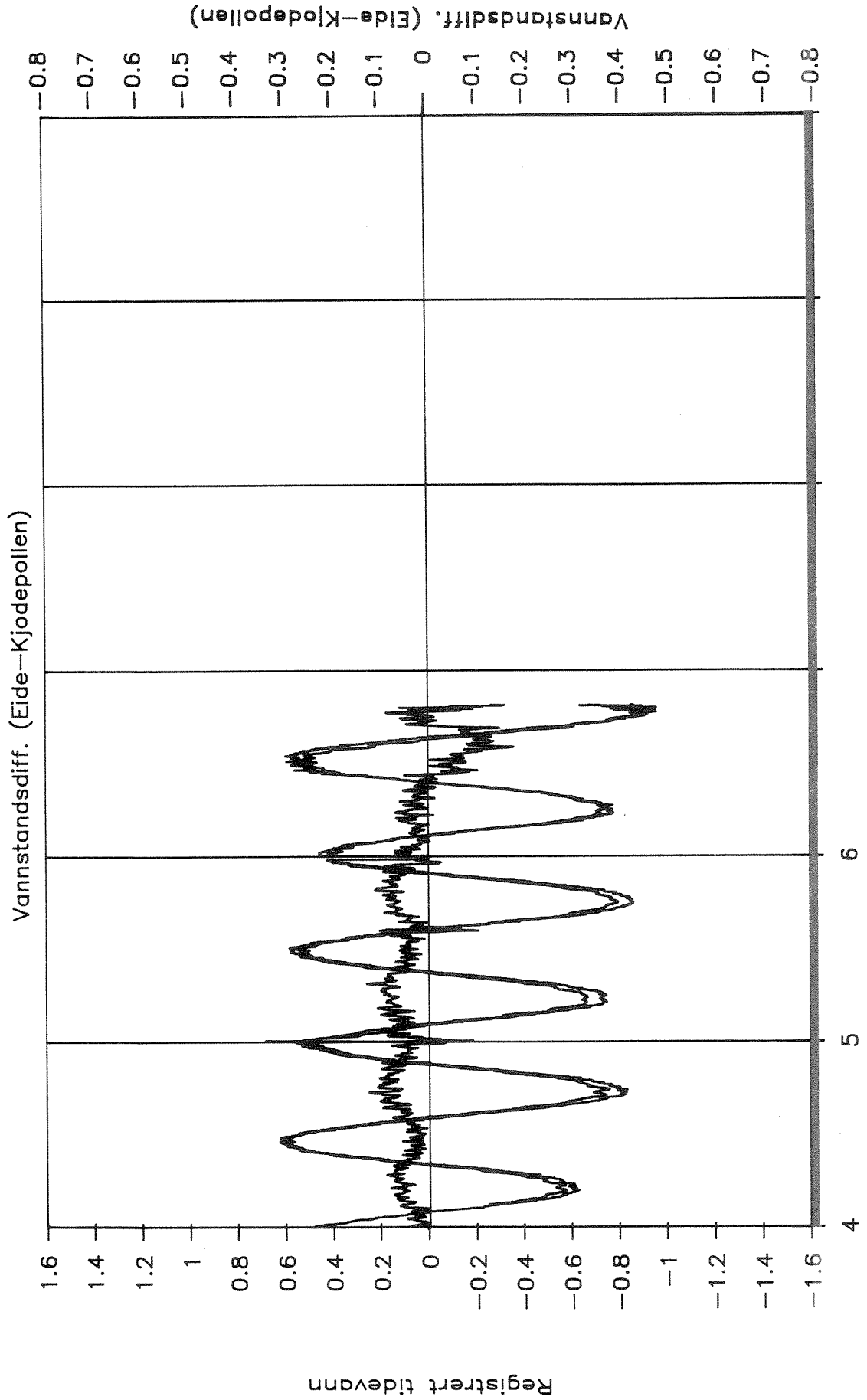


Tidevann ved Eide og Kjodepollen

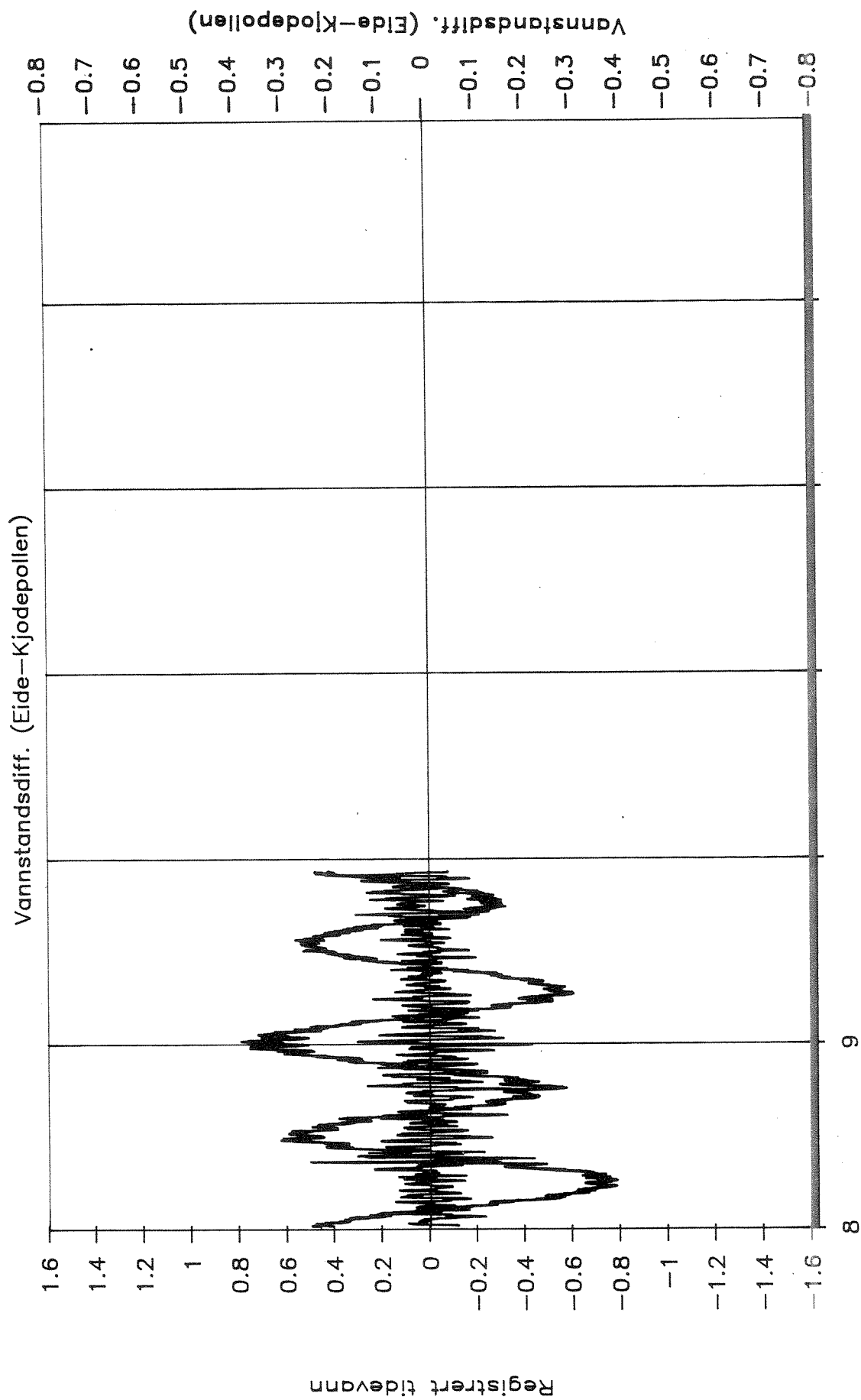


Desember/Januar

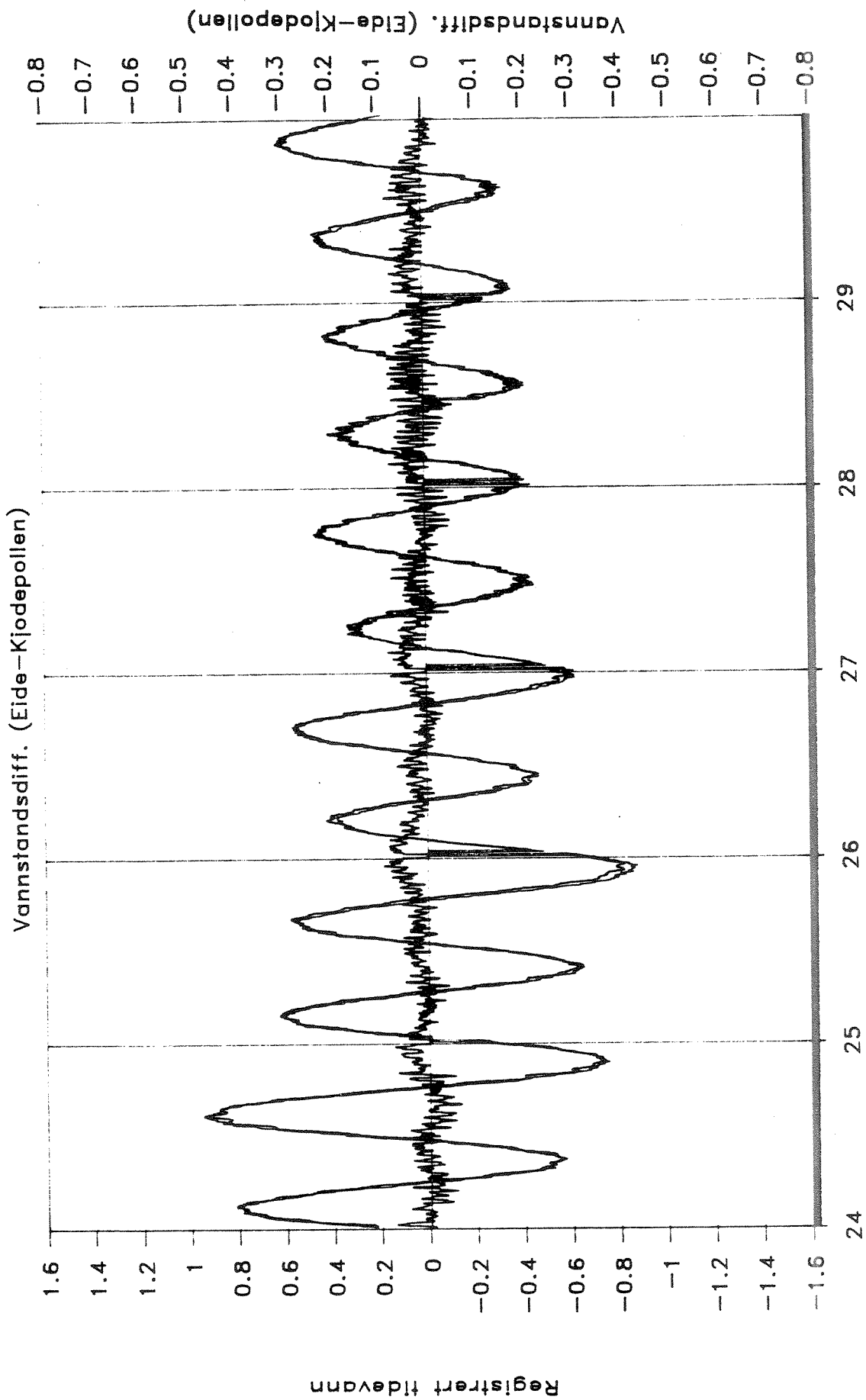
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



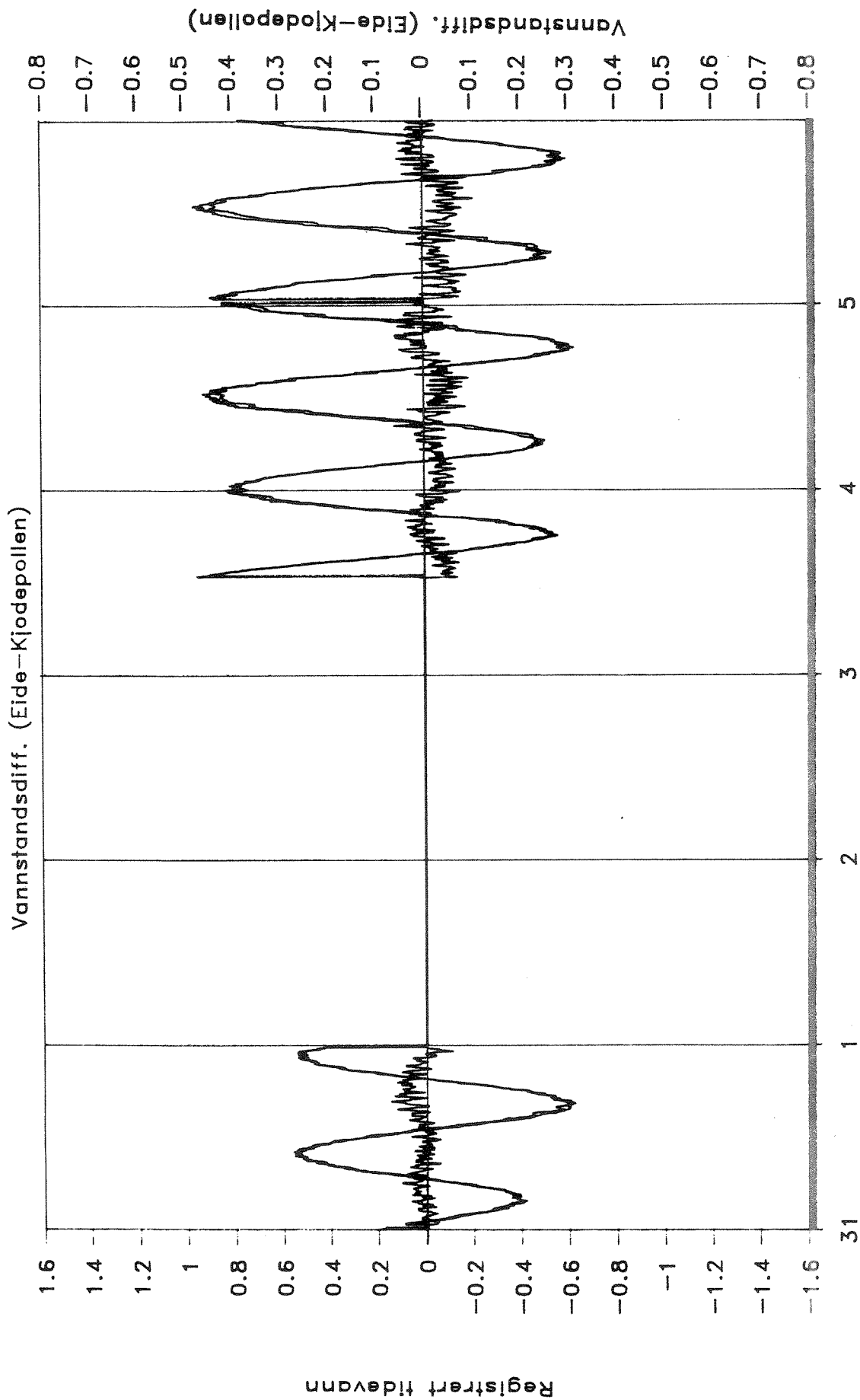
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



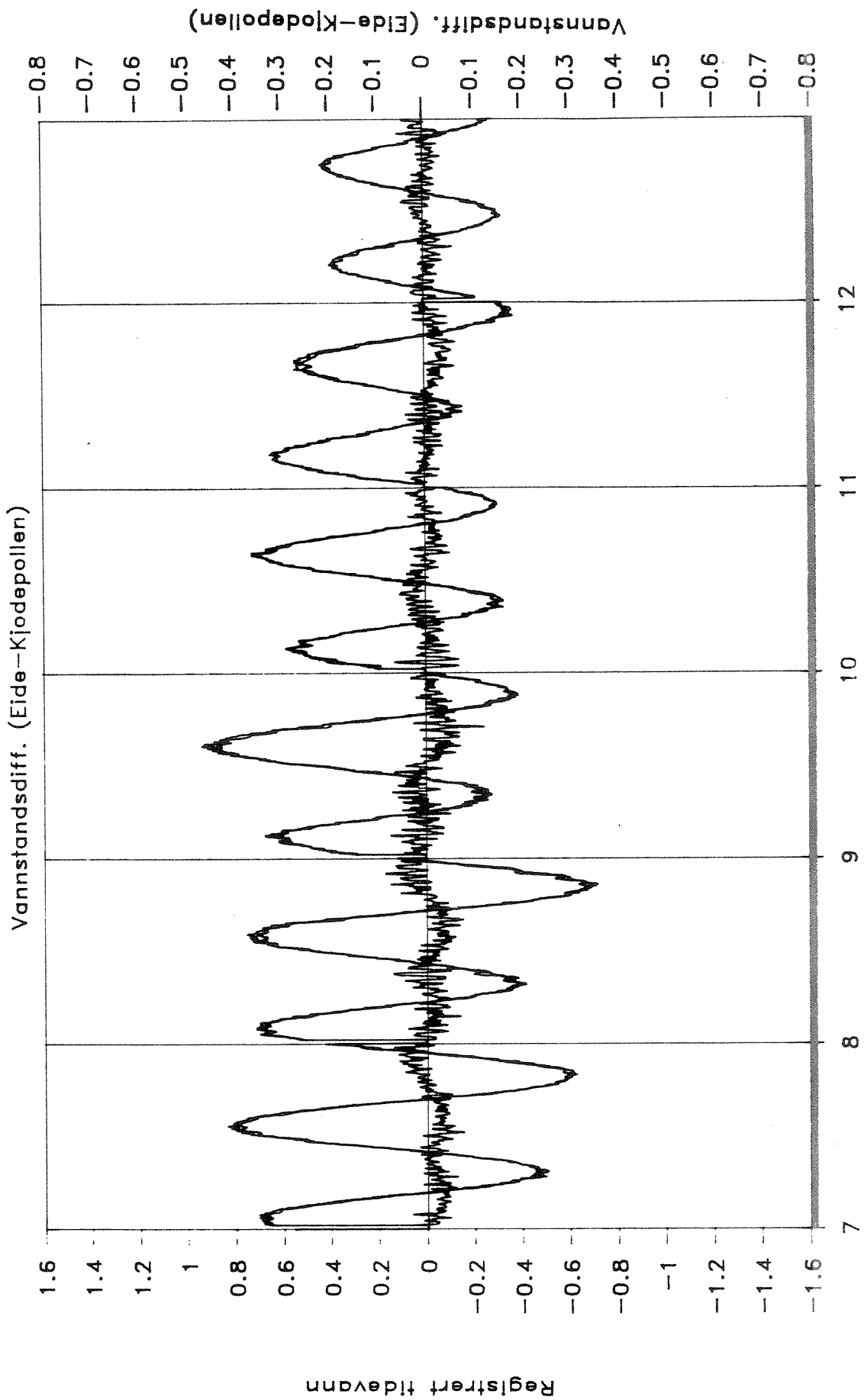
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



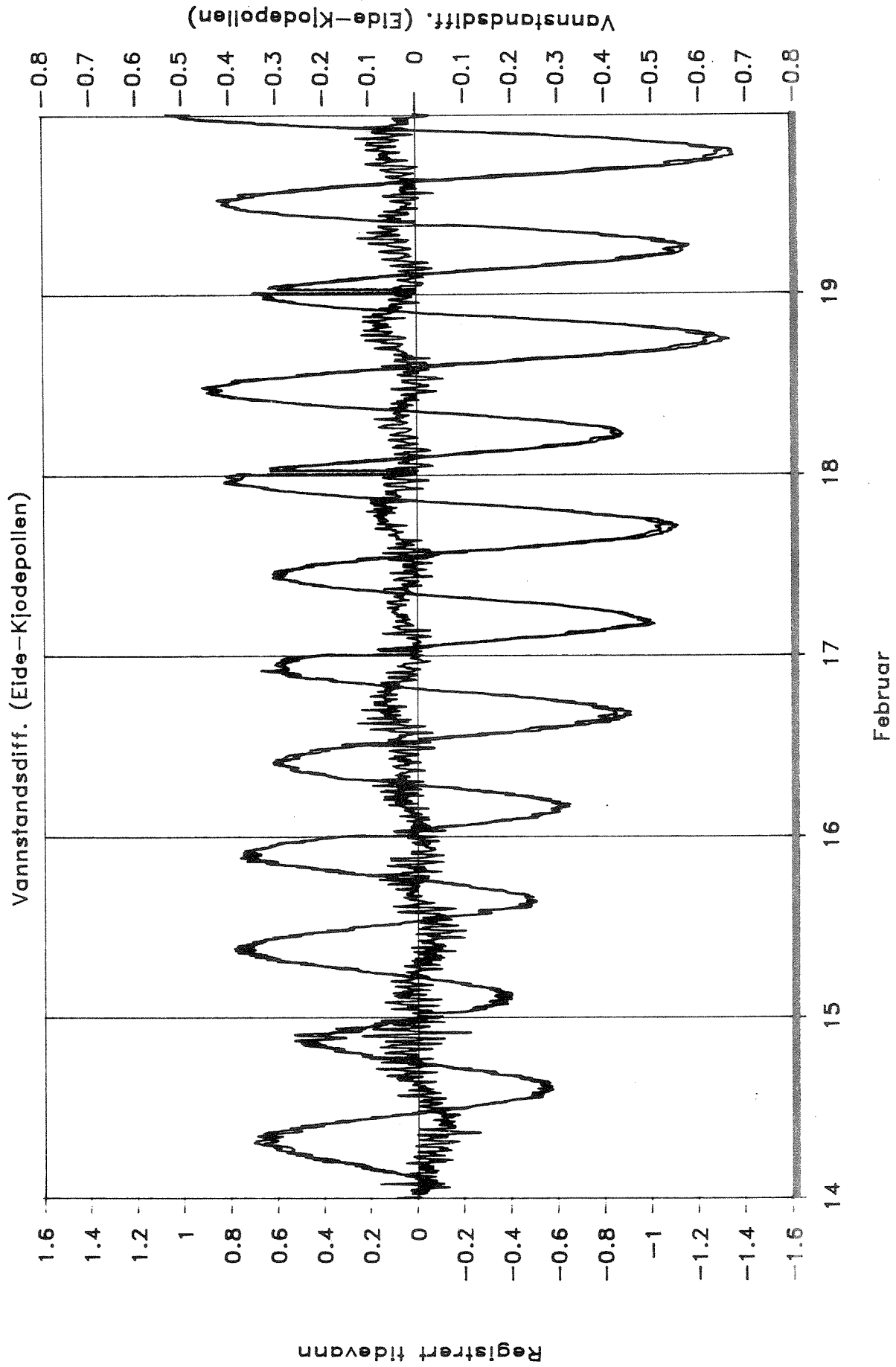
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



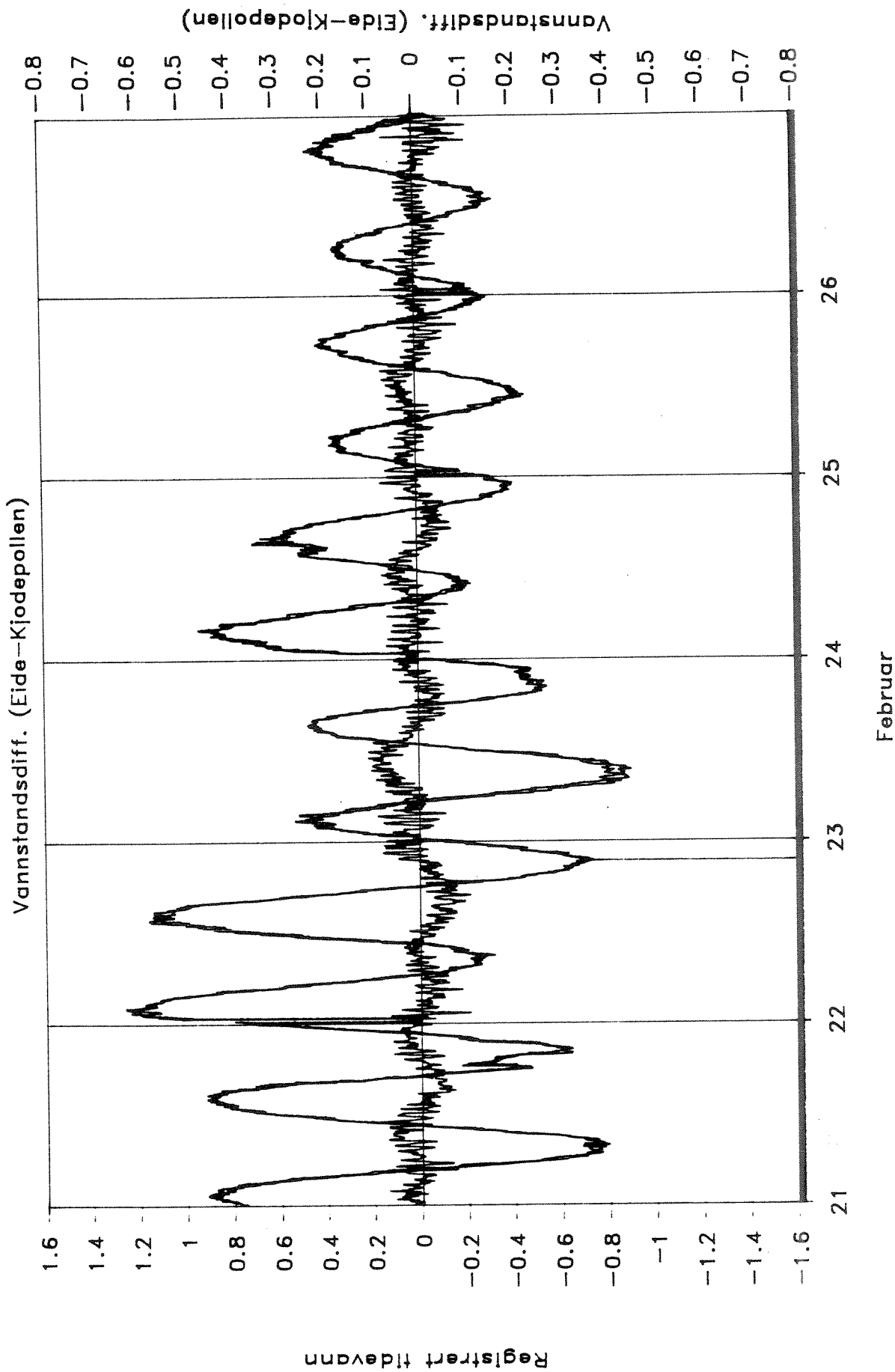
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



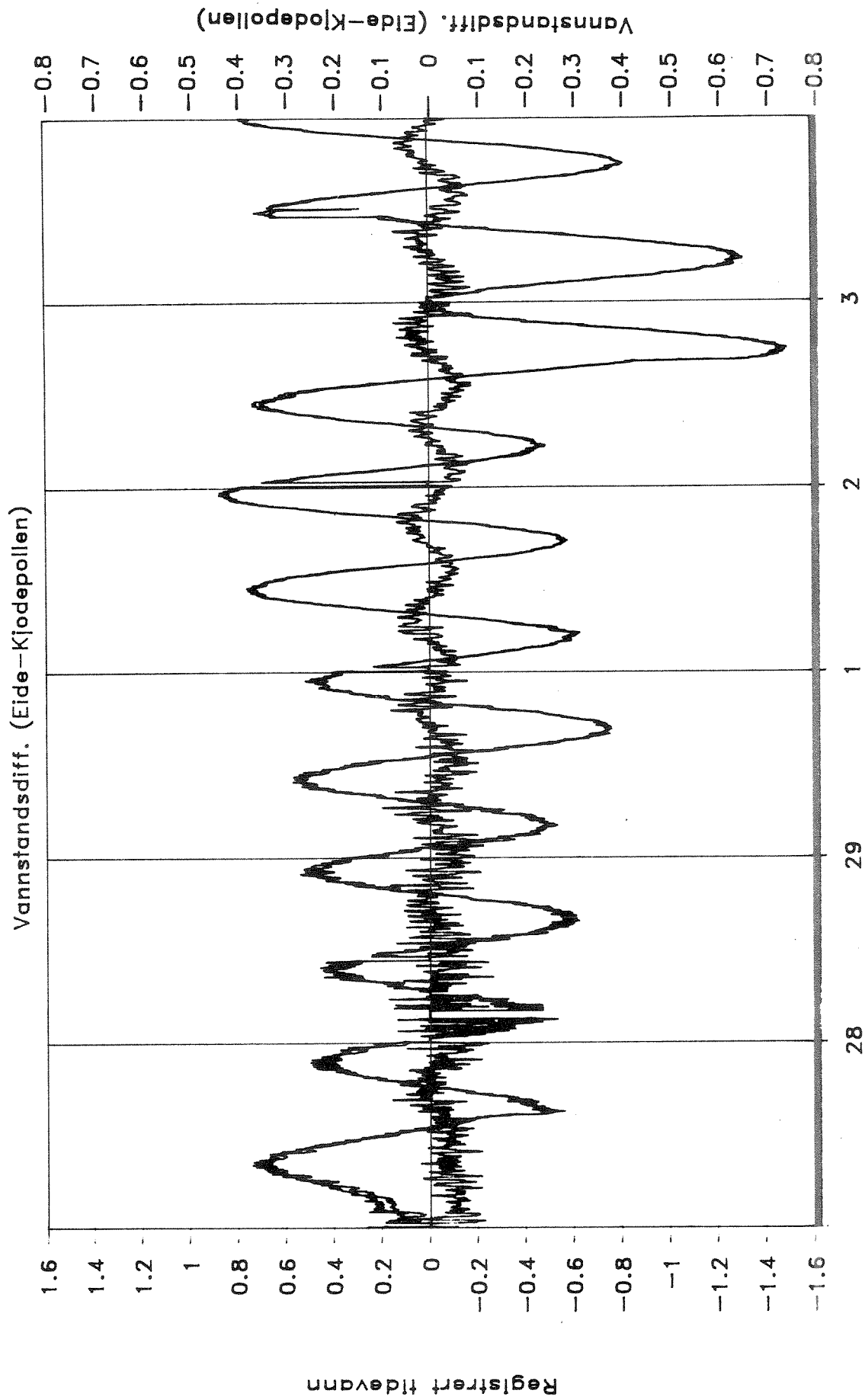
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



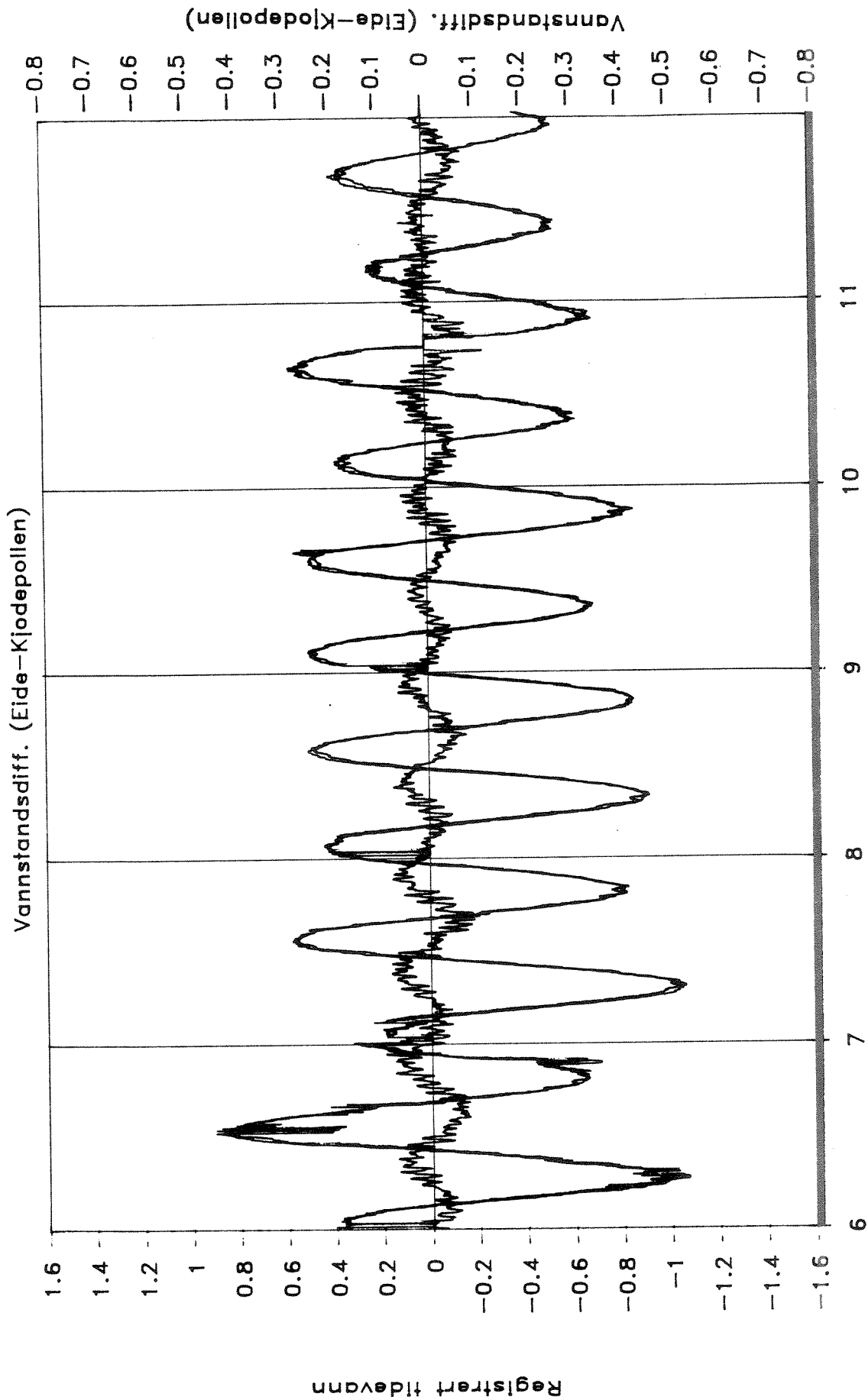
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



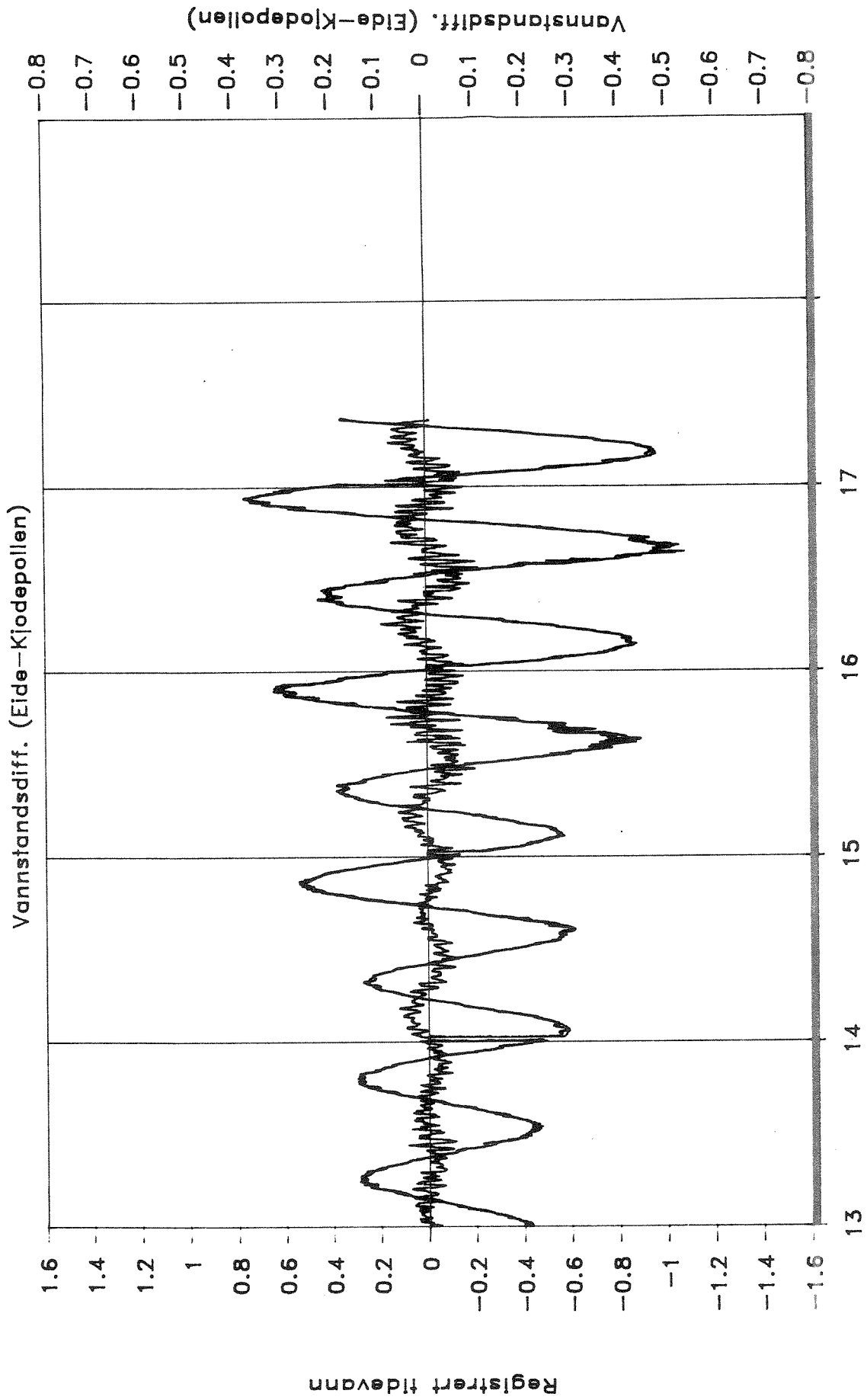
Tidevann ved Fide og Kjodepollen



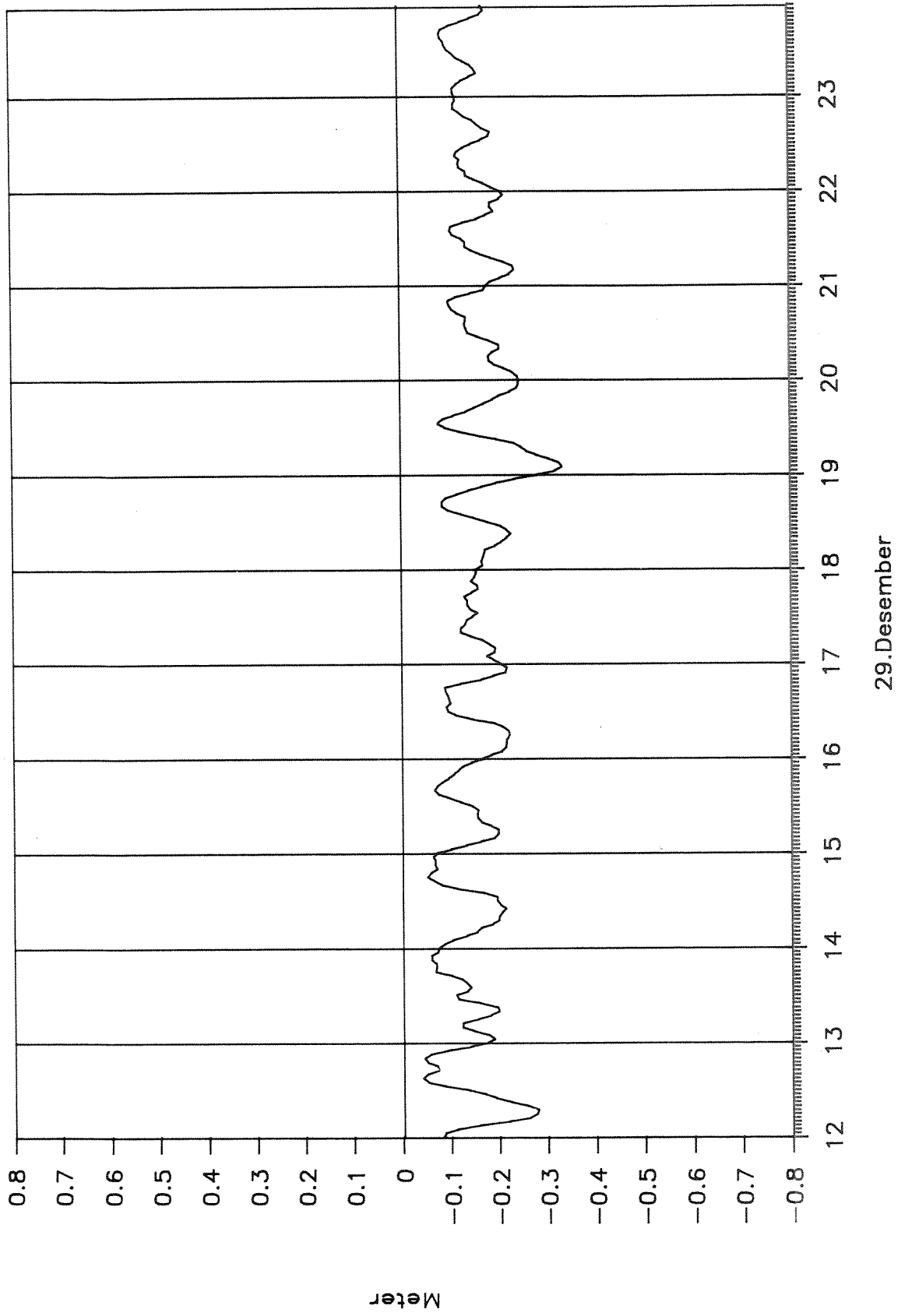
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



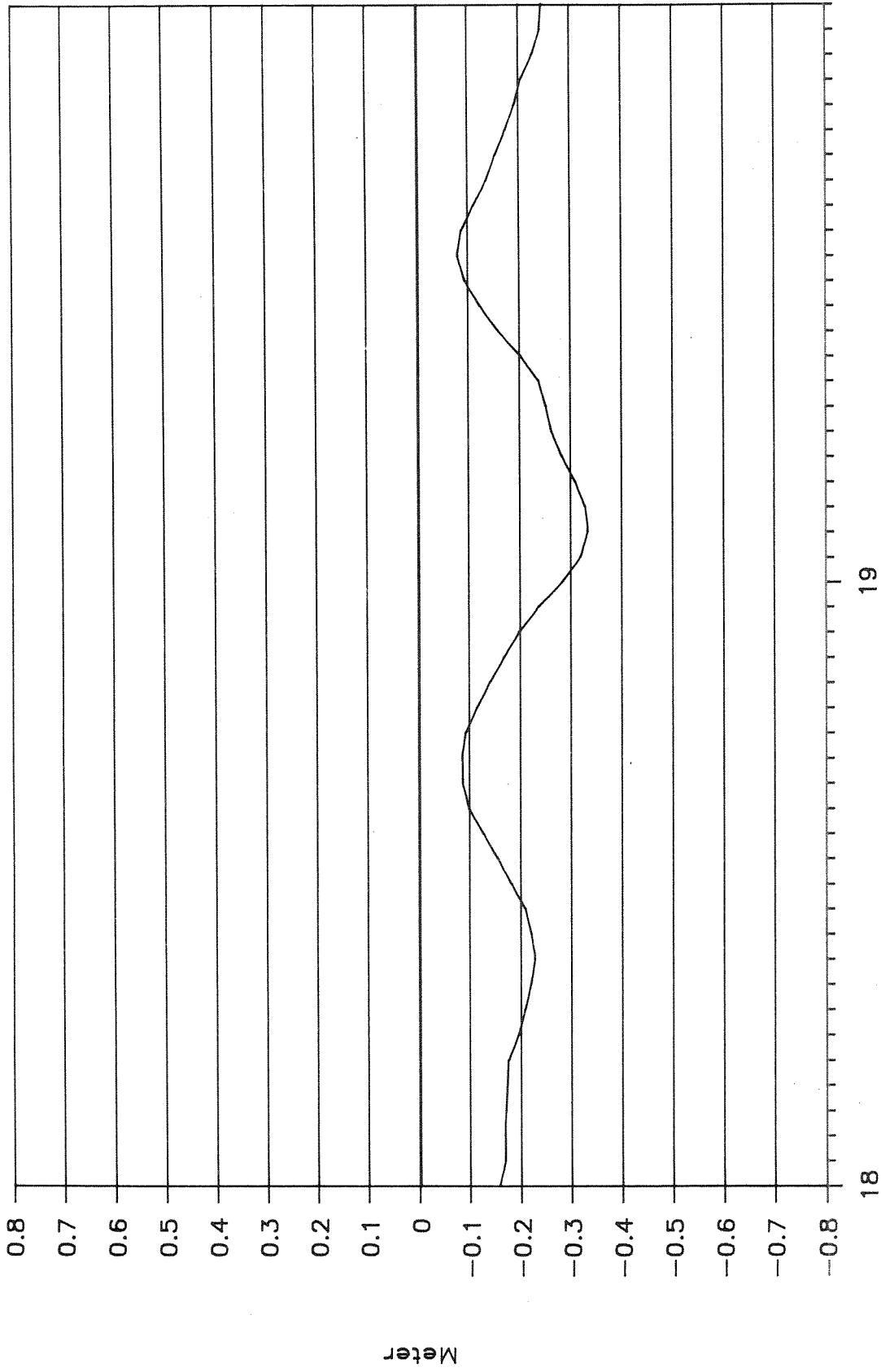
Tidevann ved Eide og Kjodepollen



Vannstandsifferanse

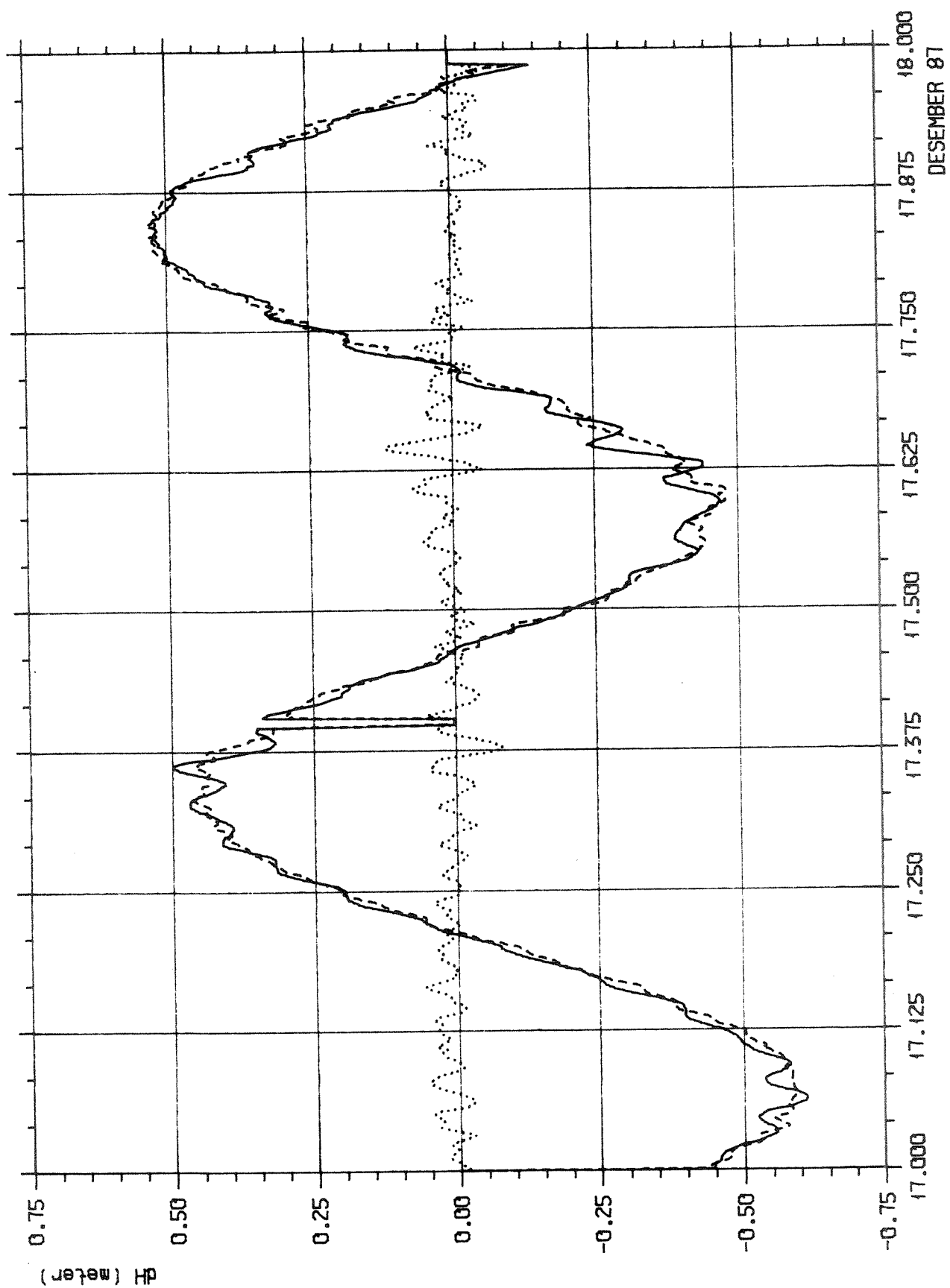


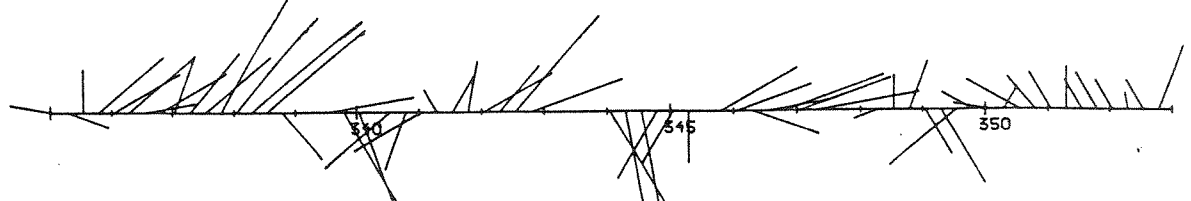
Vannstandsifferanse



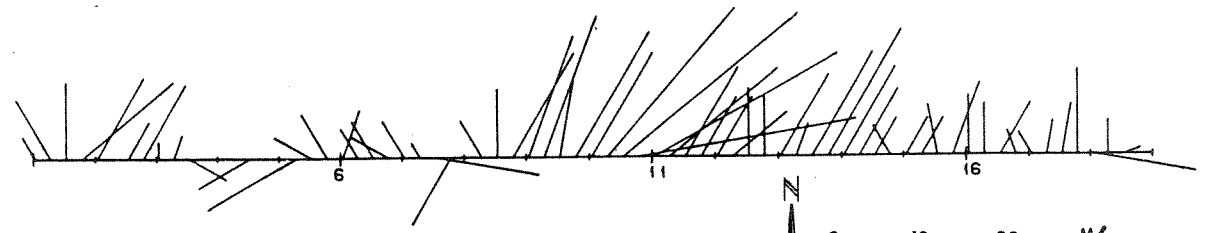
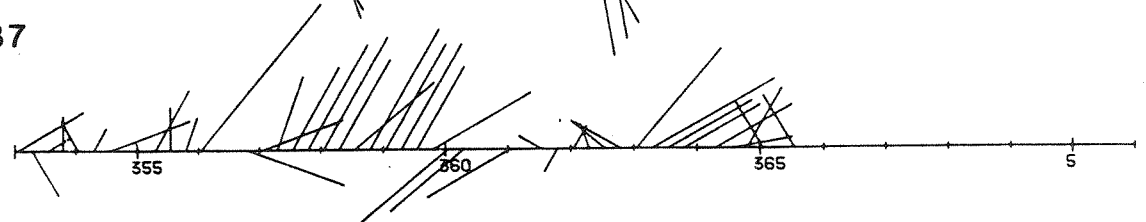
19
29. Desember

TIDEVANN EIDE - KJØDEPOLLEN

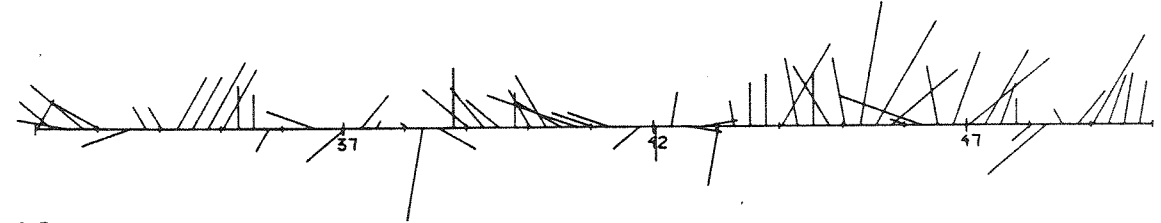
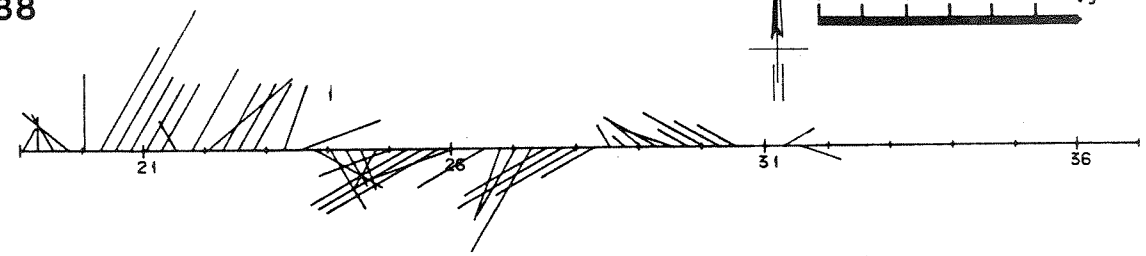




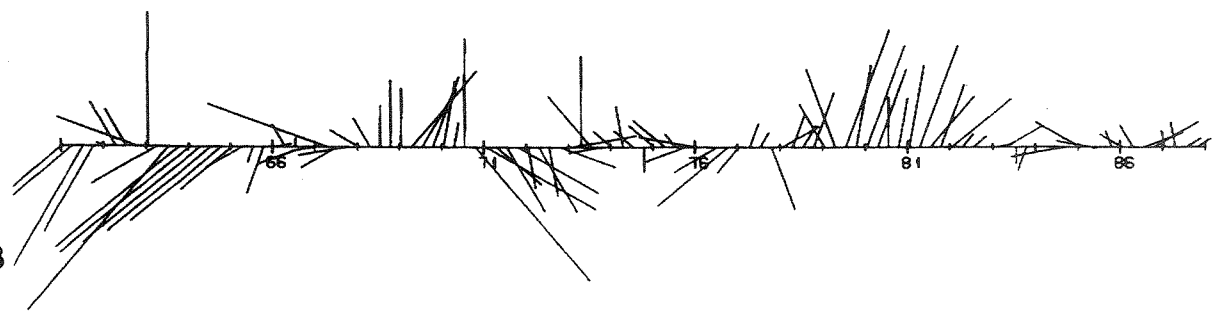
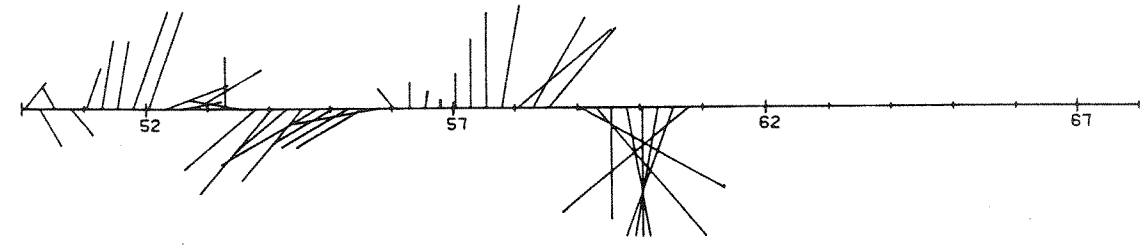
Des 87



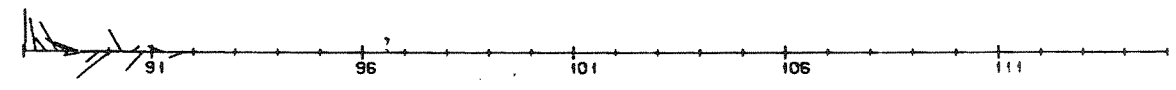
Jan 88



Feb 88



Mars 88



SVINDY FYR

YEAR 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT

N=16434

C= 1,8 X

VH=7,2 H/S

FM=4,0 B

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36N	0,6	1,0	1,2	1,0	1,1	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0				5,8	3,7
03	0,5	0,9	1,9	2,3	2,1	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0				9,1	4,0
06	1,0	1,6	2,1	2,8	2,6	1,2	0,4	0,1	0,0	0,0				11,8	3,8
09E	0,9	1,2	1,1	0,6	0,1	0,0								4,0	2,5
12	0,7	1,5	1,1	0,5	0,2	0,0								4,1	2,6
15	1,2	2,4	2,3	1,7	0,9	0,2	0,1	0,0						8,8	2,9
18S	0,8	1,2	1,9	2,4	2,8	1,3	0,8	0,2	0,0					11,4	4,2
21	0,3	0,6	1,1	2,1	3,4	2,4	1,6	0,8	0,2	0,0	0,0			12,7	5,2
24	0,7	1,1	2,5	3,8	4,3	2,9	1,8	0,8	0,2	0,1	0,0			18,3	4,7
27W	0,5	0,6	0,8	1,1	0,9	0,6	0,4	0,1	0,0	0,0				5,0	4,0
30	0,2	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0					2,7	4,0
33	0,6	0,6	0,9	0,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0				4,5	3,9

NF 8,0 13,2 17,3 19,7 19,8 11,1 6,0 2,2 0,6 0,1 0,0

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

															C
19-07	0,7	4,9	12,5	19,5	23,4	16,6	11,9	6,2	2,9	0,9	0,2	0,1			0,0
07-13	2,4	8,2	15,9	18,8	21,5	15,9	9,3	5,3	1,7	0,6	0,2	0,0			0,1
13-19	2,3	6,4	14,6	18,7	23,4	16,4	9,9	5,3	2,0	0,5	0,3				0,2

CUMULATIVE DISTRIBUTION OF CASES WITHIN A PERIOD OF CONSECUTIVE DAYS WHEN MAX. WIND FORCE OF THE DAY IS LESS THAN OR EQUAL TO 3 B FOR THE PERIOD 1961-1975

DAYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WINTER	132	40	20	9	8	3	3	2	2	1	1		
SPRING	150	43	15	5	3	1	1	1	1	1	1		
SUMMER	141	27	7	3	1	1							
AUTUMN	113	34	16	6	6	4	3	1	1	1			
TOTAL	536	144	58	23	18	9	7	4	4	3	2		

CUMULATIVE DISTRIBUTION OF CASES WITHIN A PERIOD OF CONSECUTIVE DAYS WHEN MAX. WIND FORCE OF THE DAY IS GREATER THAN OR EQUAL TO 6 B FOR THE PERIOD 1961-1975

DAYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WINTER	819	364	221	143	96	74	53	43	36	24	18	14	12
SPRING	621	257	135	78	55	34	25	20	13	12	8	6	5
SUMMER	527	204	98	53	30	21	12	8	7	4	3	2	2
AUTUMN	825	368	214	141	94	69	51	39	31	25	22	19	13
TOTAL	2792	1193	668	415	275	198	141	110	87	65	51	41	32

Explanation of symbols.

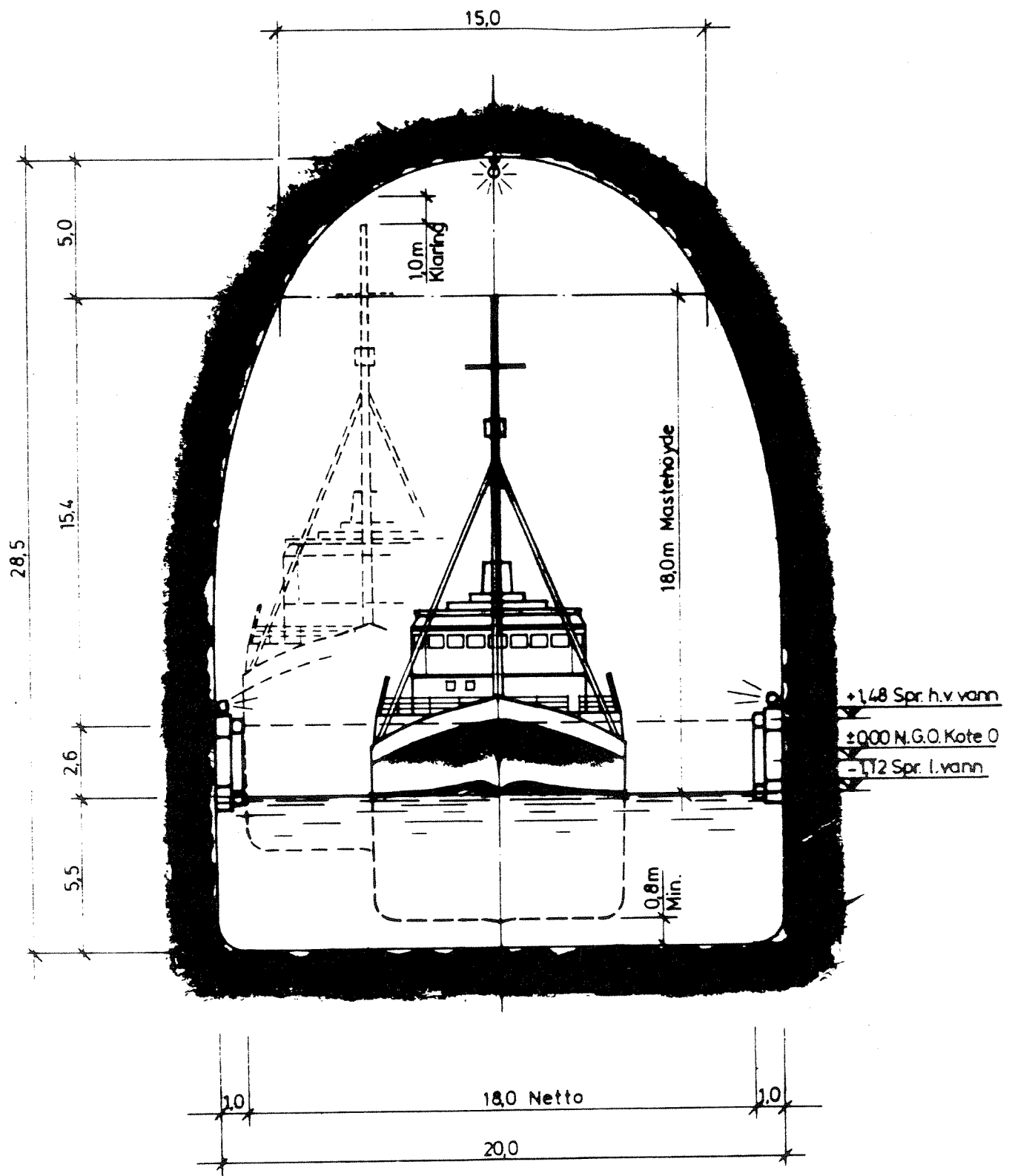
HRS	hours of observation in GMT
N	total number of observations
C	frequency of calm
VM	mean wind velocity in m/sec
FM	mean wind force in Beaufort
DD	wind direction in dekadegrees, rounded off to the nearest of 12 main directions: 35-01, 02-24 etc.
F	wind force in Beaufort
ND	frequency of each wind direction DD
FDM	mean wind force in Beaufort for each wind direction DD
NF	frequency of each wind force F

The formulas.

n_F	Number of observations with force F
n_D	- " - " - " - " - direction DD
$n_{F,D}$	- " - " - " - " - direction DD and force F
FDFREK	frequency of wind force F from direction DD
v'	central value in m/sec in each Beaufort interval (see below)

B E A U F O R T S C A L E

Beaufort force	10-min mean wind speed at 10 m above ground [m/sec]	D e s c r i p t i o n	
		English	Norwegian
0	0.0- 0.2	Calm	Stille
1	0.3- 1.5	Light air	Flau vind
2	1.6- 3.3	Light breeze	Svak vind
3	3.4- 5.4	Gentle breeze	Lett bris
4	5.5- 7.9	Moderate breeze	Laber bris
5	8.0-10.7	Fresh breeze	Frisk bris
6	10.8-13.8	Strong breeze	Liten kuling
7	13.9-17.1	Near gale	Stiv kuling
8	17.2-20.7	Gale	Sterk kuling
9	20.8-24.4	Strong gale	Liten storm
10	24.5-28.4	Storm	Full storm
11	28.5-32.6	Violent storm	Sterk storm
12	> 32.6	Hurricane	Orkan



DEL II

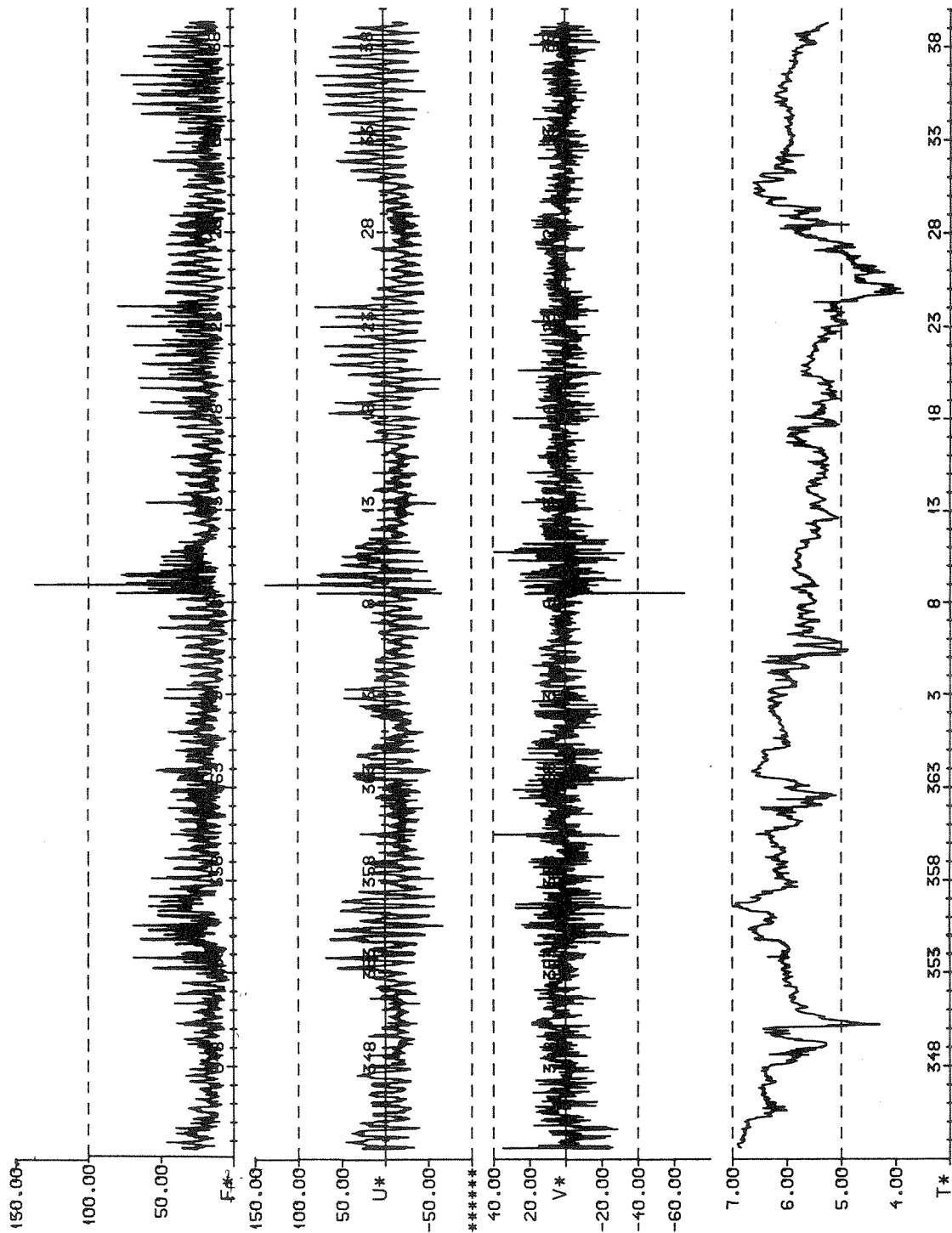
SKIPSTUNNEL GJENNOM

STADTLANDET.

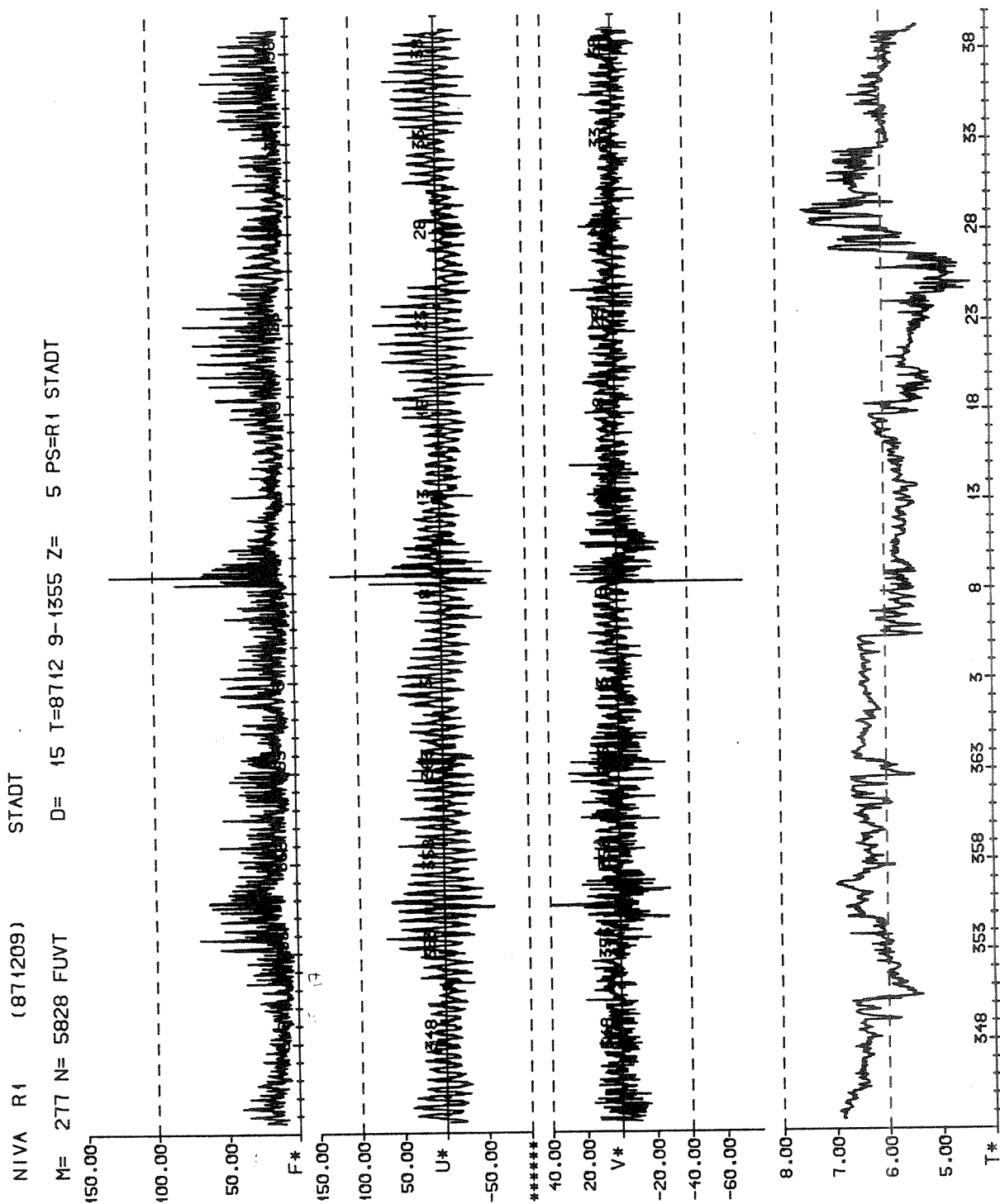
HYDRAULISKE FORHOLD.

NIVA R1 (871209) STADT

M= 183 N= 5828 FUVT D= 15 T=8712 9-1555 Z= 2 PS=R1 STADT

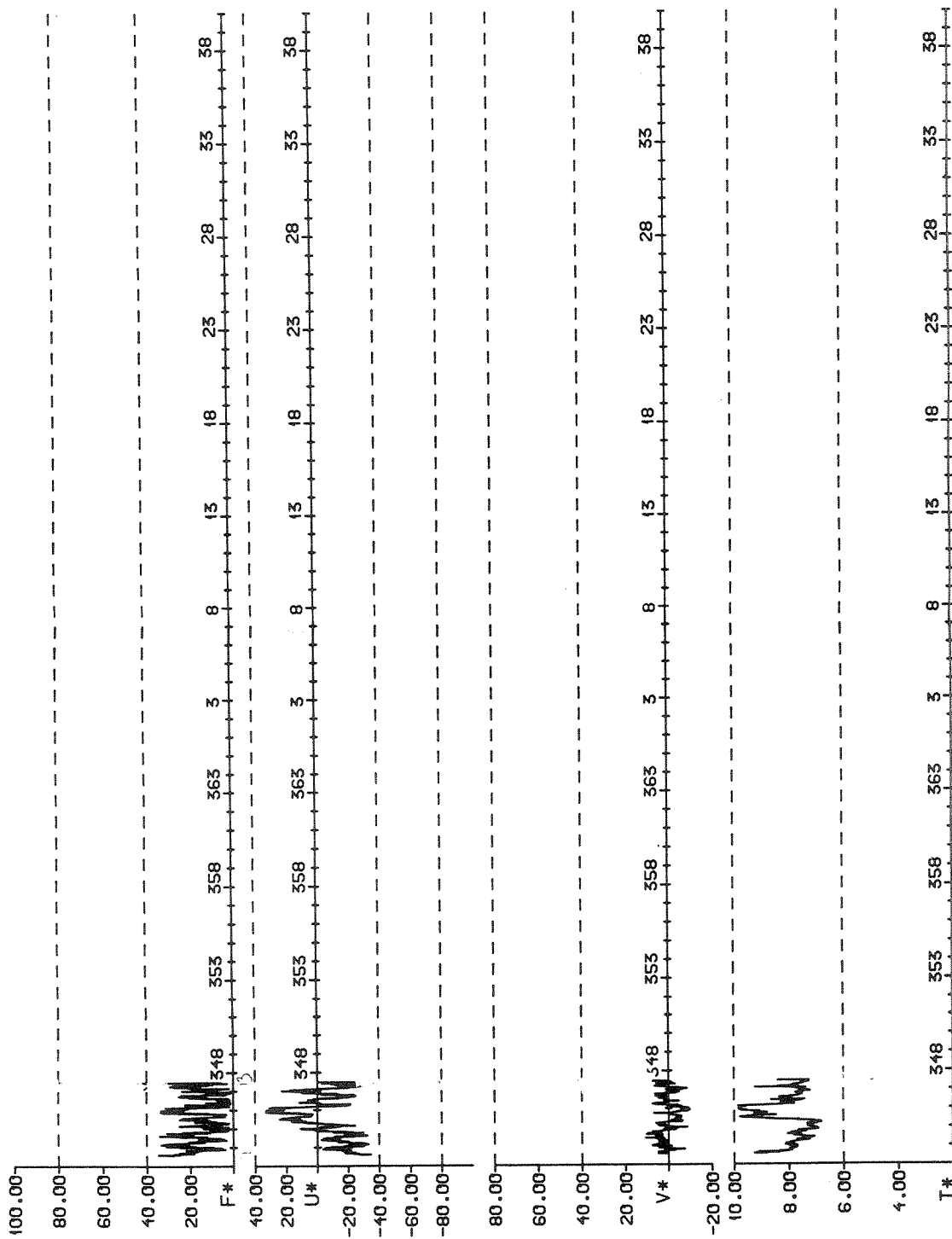


APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R1, 2.5 m djup.

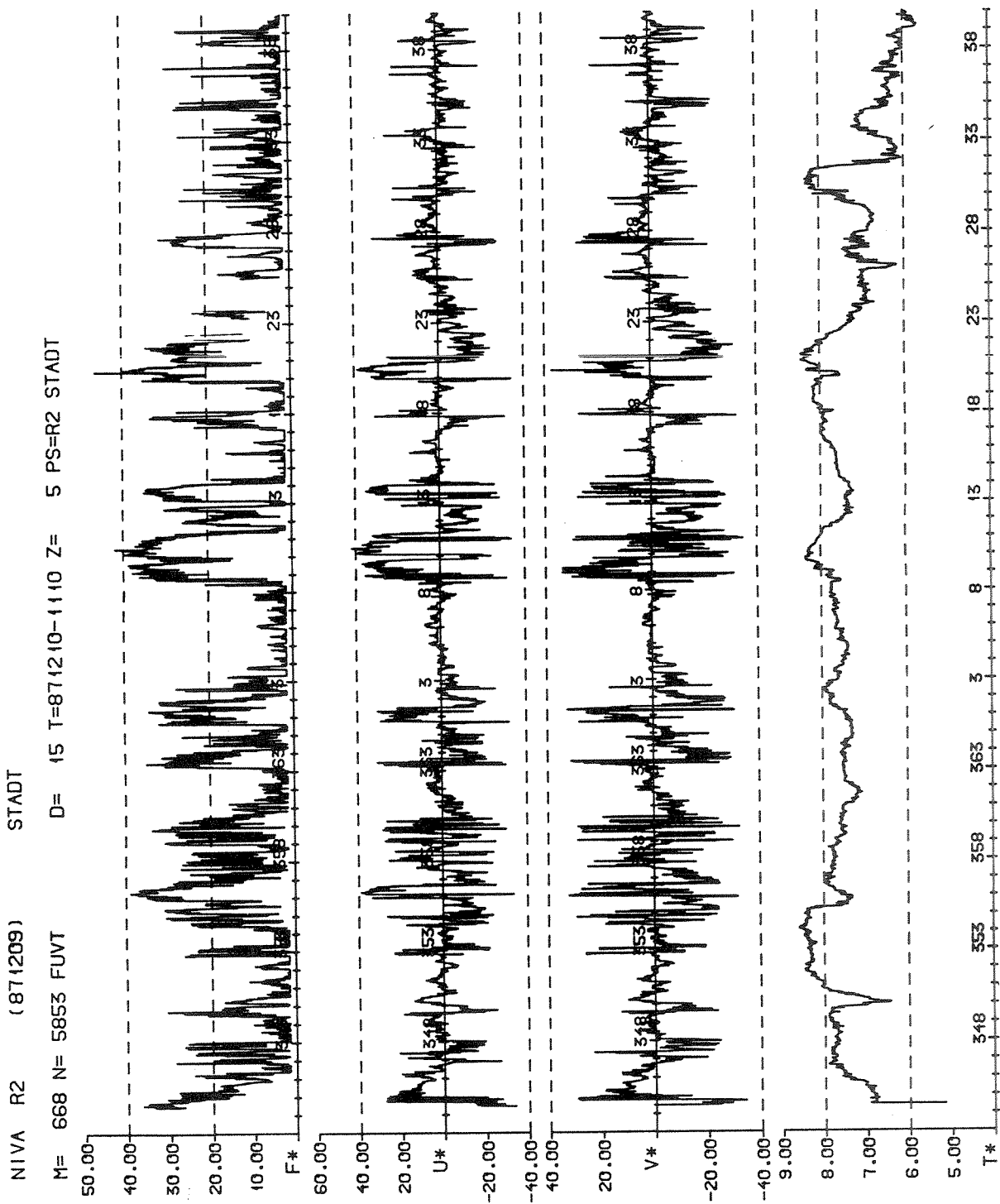


APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R1, 5 m djup.

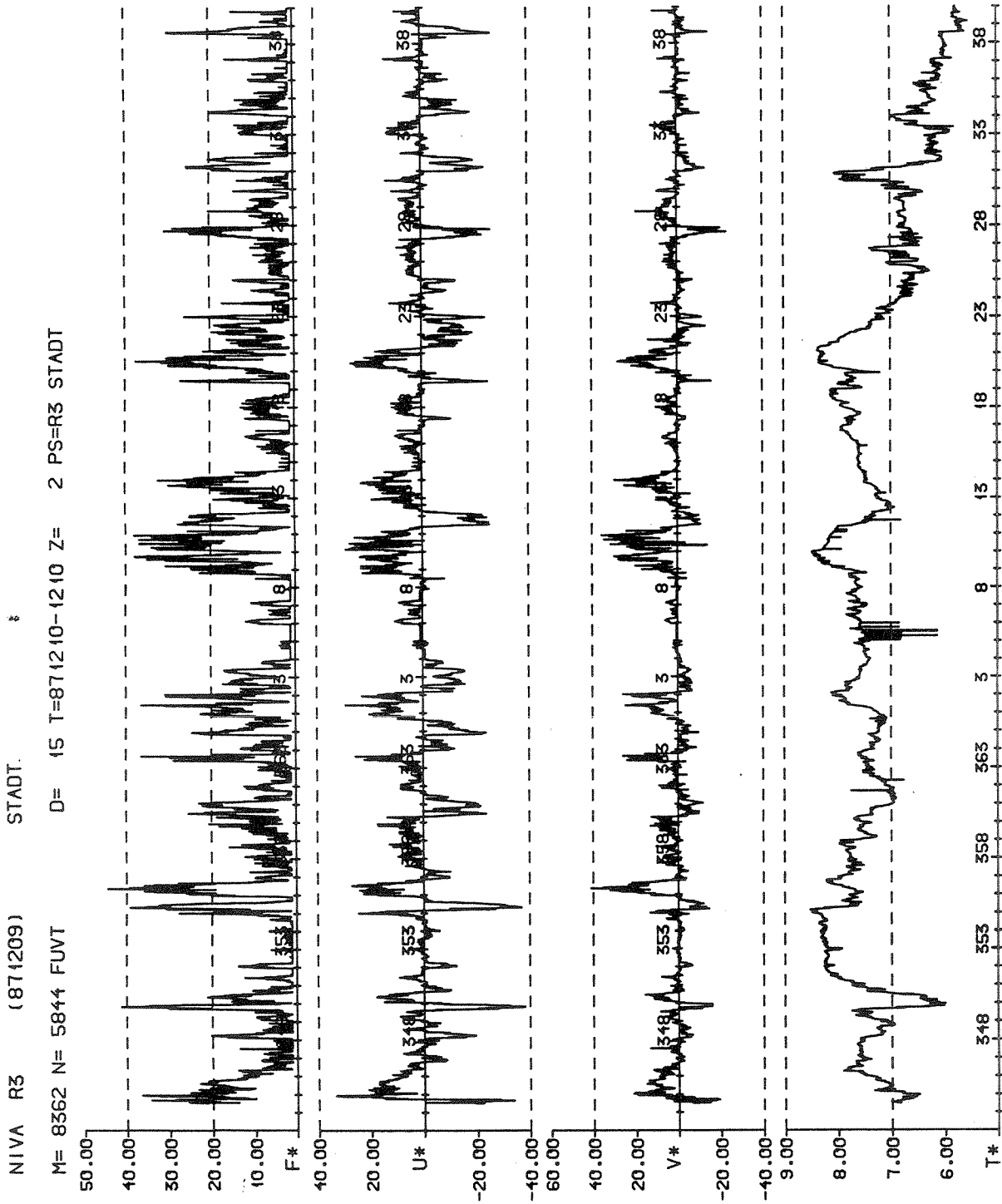
NIVA R1 (871209) STADT
 M= 276 N= 377 FVUT D= 15 T=8712 9-1355 Z= 20 PS=R1 STADT



APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R1, 20 m djup.



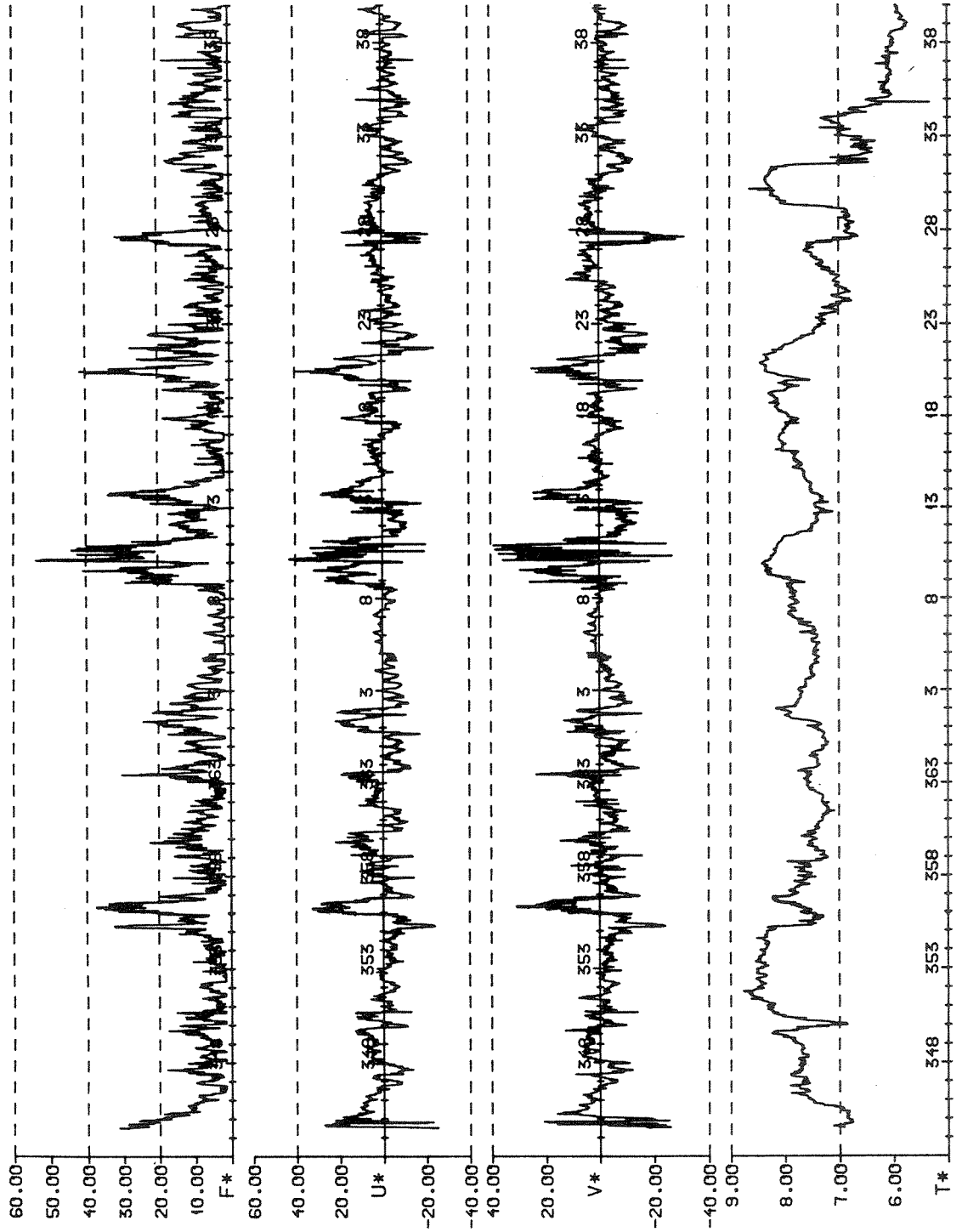
APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R2, 5 m djup.



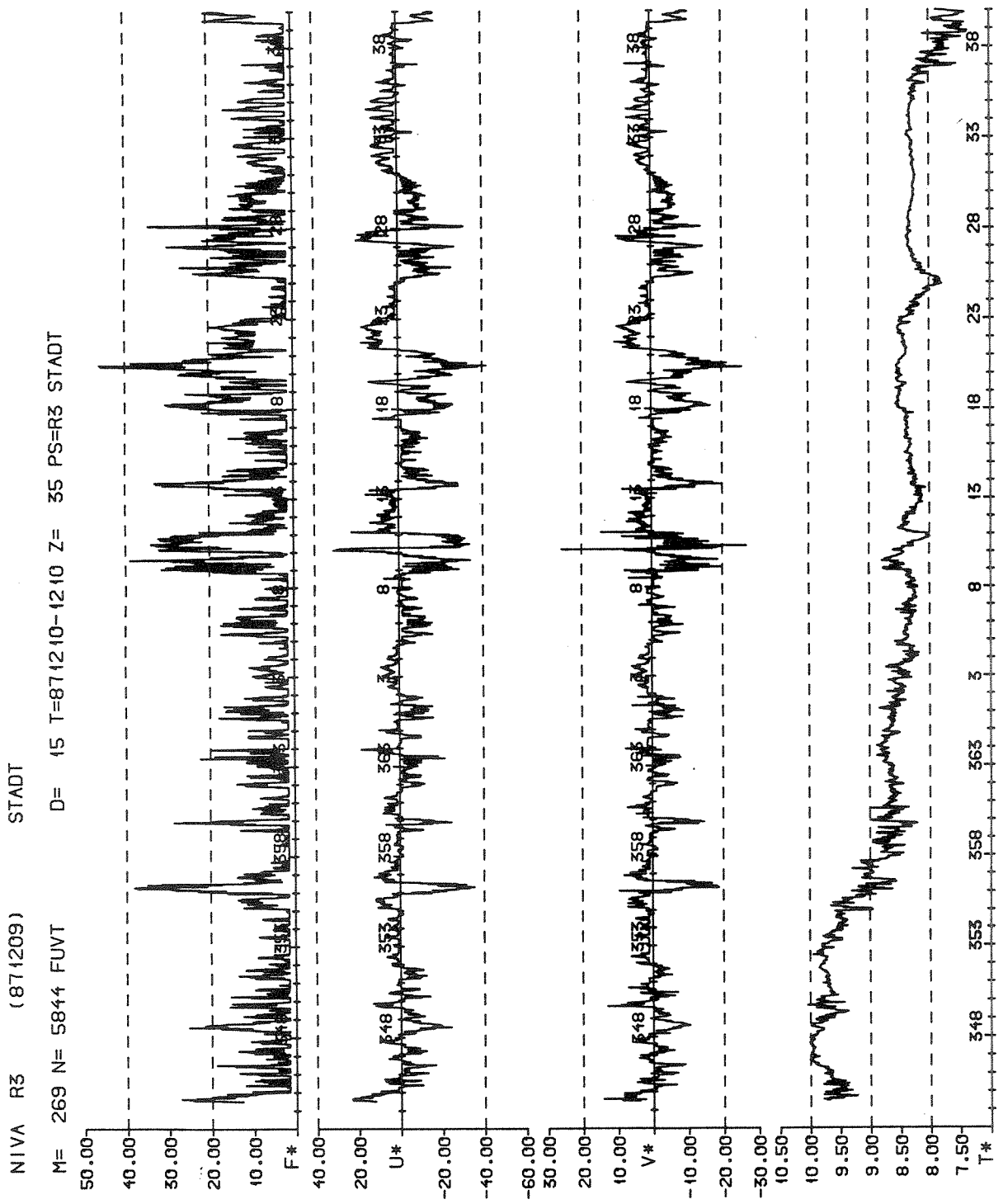
APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R3, 2.5 m djup.

NIVA R3 (871209) STADT

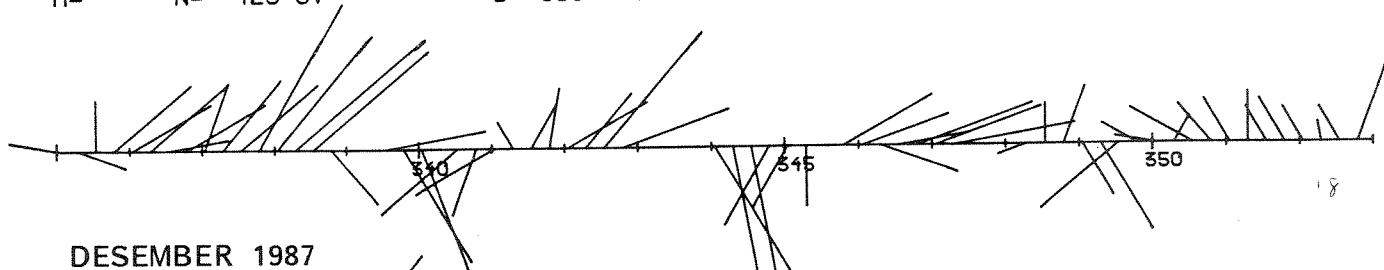
M= 900 N= 5844 FUVT D= 15 T=871210-1210 Z= 5 PS=R3 STADT



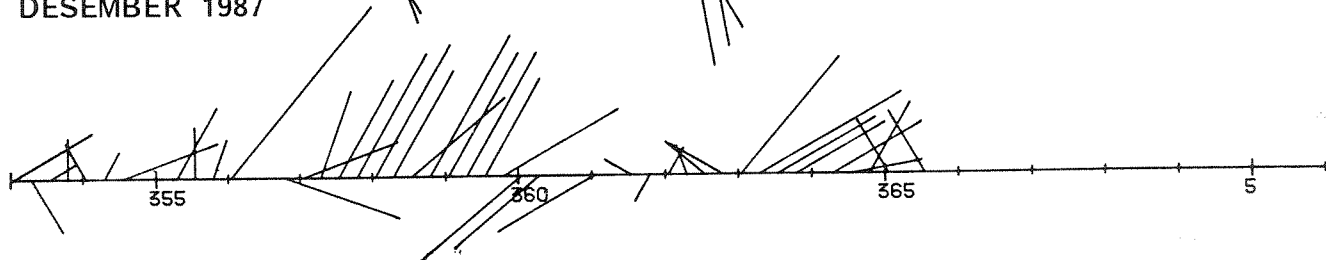
APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R3, 5 m djup.



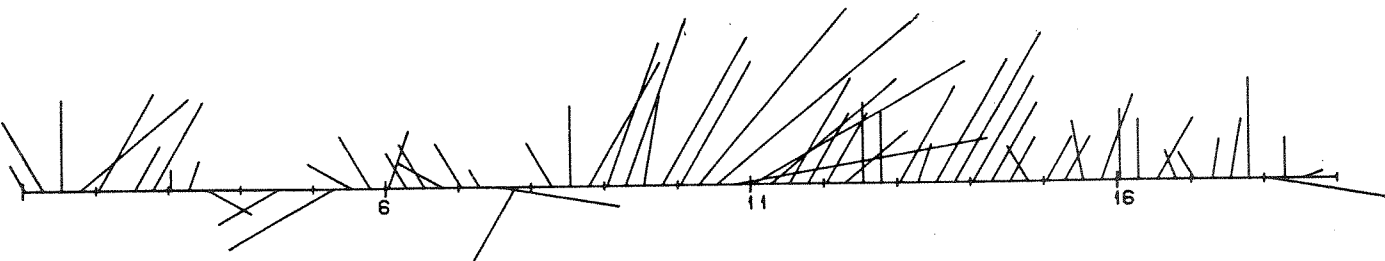
APPENDIKS 1. Straumobservasjonane, samt temperatur på R3, 35 m djup.



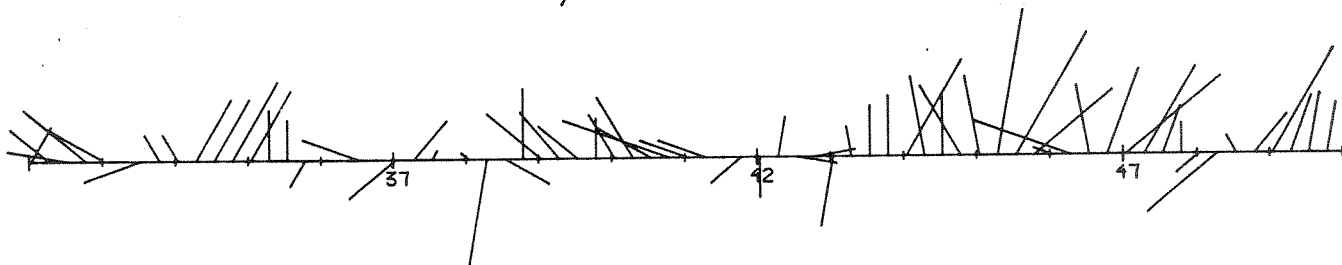
DESEMBER 1987



JANUAR 1988



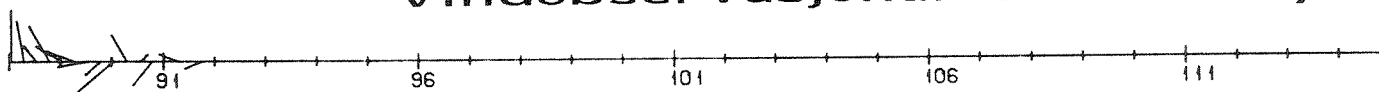
FEBRUAR 1988



MARS 1988

appendiks 2

Vindobservasjonar frå Svinøy








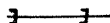














TABELL 1. Liste over det biologiske materialet fra stasjonene i Moldefjorden og Kjødepollen.

Stasjonsnr.	S Ø R S I D E									N O R D S I D E								
	M3	M5	M4	M1	M7	M2	M8	S3	S5	S20B	S20	S21	S22	S23	S23A	S35	S25	S31
CNIDARIA (NESLEDYR)																		
<u>Edwardsia</u> sp				1	2					3								
NEMERTINEA (BÅNDEMARK)																		
Nemertinea indet.														3				
SIPUNCULOIDEA (PØLSEORMER)																		
Sipunculoidea indet.														3				2
EUCHIUROIDEA (ECHIURIDEA)																		
Echiuroidea indet.														3				
ANNELIDA (LEDDMARK)																		
Polychaeta (Børstemark)																		
Polychaeta indet.	Tom grab?	Tom grab?		12	43		27	24	146	533	4	10	52	366	536	172	252	77
<u>Pectinaria</u> sp			23		15						10	6	5					
<u>Spiochaetopterus typicus</u>			Dom.Dom.						6	>100	Mange	Dom.				1		
ARTHROPODA (LEDDYR)																		
Crustacea (Krepsdyr)																		
Cumacea indet.					1			18	2					6	6			1
Amphipoda indet.									2						9	16		
MOLLUSCA (BLØTDYR)																		
Gastropoda (Snegl)																		
<u>Alvania punctura</u>								12										
<u>Aporrhais pespelecani</u>									2									
<u>Philine scabra</u>													2	3		2	3	
<u>Philine</u> sp													1		1		1	
<u>Retusa umbilicata</u>													1	6	4			1
Bivalvia (Muslinger)																		
<u>Abra nitida</u>								12	2	2	1		3		3	1	1	10
<u>Astarte sulcata</u>															3	1		
<u>Corbula gibba</u>																		
<u>Cuspidaria abbreviata</u>																		1
<u>Kelliella miliaris</u>																3	1	3
<u>Macoma calcarea</u>										5								
<u>Montacuta ferruginosa</u>									2							4		
<u>Myrtea spinifera</u>																		1
<u>Nucula tumidula</u>																		5
<u>N. sulcata</u>																		1
<u>Nuculana pernula</u>									2									








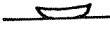








<u>Nuculoma tenuis</u>	9	2	2	3	1	1		
<u>Parvicardium minimum</u>		2	2		1	2		
<u>Thyasira equalis</u>				9	11	15	3	18
<u>I. croulinensis</u>				3	15	3		
<u>I. ferruginea</u>		6			2	11	6	
<u>I. obsoleta</u>						8		1
<u>I. sarsi</u>				3				
<u>I. pygmaea</u>								1
<u>Thyasira</u> sp (p)		12	31		1			
<u>Thracia convexa</u>			5					
<u>Yoldiella tomli</u>					4		2	
Scaphopoda (Sjøtenner)								
<u>Dentalium entale</u>		2	2					
<u>Entalina quinquangularis</u>								1
<u>Siphonodentalium lofotense</u>					1			2
Caudofoveata (Ormebløtdyr)								
Caudofoveata indet.					3			2
ECHINODERMATA (PIGGHUDER)								
Ophiuroidea (Slangestjerner)	2							
Ophiuroidea indet.		30	6				1	8
Echinoidea (Kråkeboller)								
<u>Brissopsis lyrifera</u>		2					1	
Holothuroidea (Sjøløser)								
Synoptidae indet.			18			1		

appendiks 3




























TEGNFORKLARING TEMAKART ①

	Hovudskipslei		Regulert område
	Viktig bilei		Jordbruksområde
			Kraftline
	Stake		
	Fyrlykt		
	Hovudveg		
	Kabel		
	Hamnedistriktsgrenser (framlegg)		
	Referansepunkt (UTM-kordinater)		
	Småbåtlei		
	Hus		
	Husklynge		
	Båt-/Ferjeforbindelse		
	Vassleidning		
	Kloakkutslepp (dybde i meter)		
	Antennemast		
	Ankringsplass		

TEGNFORKLARING TEMAKART ②

	Hovudveg		Fiskeplass
	Hamnedistriktsgrenser (framlegg)		Låsetjingsplass
	Referansepunkt (UTM-koordinater)		Gytefelt
	Matfiskanlegg (i drift)		Ferje-/båtforbindelse
	Matfiskanlegg (planlagt)		Krokgarn/kilenot
	Søknad utsatt		
M	Konsesjon innvilga		
m	Søknad under behandling		
B	Blåskjell		
E	Edelfisk		
M	Marin fisk		
	Skalldyranlegg (i drift)		
	Skalldyranlegg (planlagt)		
	Klekkeri (i drift)		
	Klekkeri (planlagt)		
	Fiskeindustrianlegg/-mottak		

TEGNFORKLARING TEMAKART ③

	Hovudveg		Utleiehytte
	Hamnedistriktsgrenser (framlegg)		Campingplass
	Referansepunkt (UTM-kordinater)		Hotell/Pensjonat
	Utsiktspunkt		Fornminne
	Naust		Kulturminne
	Naust (planlagt)		Informasjon
	Sjøbu		Småbåter i bøye
	Sjøbu (planlagt)		Småbåthamn
	Hytte		Severdighet
	Hytte (planlagt)		Båt-/Ferjerute
	Badeplass		Fritidsfiske
	Badeplass (tilrettelagt)		
	Småbåtlei		
	Ankringsplass		
	Friluftsområde		
	Naturvernområde		

TEGNFORKLARING TEMAKART ④

————	Meget god tilgj. strand
————	Tilgjengeleg strand
————	Vanskeleg tilgj. strand
	Utilgjengeleg strand
.....	Antropogen (bebygd) strand