



O-89254

# Fjorder i Vest-Agder

Vurdering og  
kommentarer  
til fysisk-kjemiske  
analyseresultater  
i tidsrommet  
1979-1989



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-89254	Undernr.:
Løpenr.: 2769	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: Fjorder i Vest-Agder Vurdering og kommentarer til fysisk-kjemiske analyseresultater for tidsrommet 1979-89.	Dato: 24/3-92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Marinøkologi	
Forfatter(e): Jarle Molvær	Geografisk område: Vest-Agder	
	Antall sider: 73	Opplag: 160

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Vest-Agder	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

**Ekstrakt:**

Rapporten gjennomgår hydrokjemiske data innsamlet i tidsrommet 1979-89 fra et stort antall terskelfjorder i Vest-Agder. I de fleste fjordene er det oksygenproblemer i dypvannet pga. kombinasjonen liten vannutskiftning og belastning med næringssalter og organisk materiale. Tydeligst påvirkning fra utslipp sees i Grisefjorden, Tjørågsbukta, Lundevågen og Høllefjorden. Utslipsreduksjoner har gitt klar forbedring av vannkvaliteten i Grisefjorden og sannsynlig også Fedafjorden. Ytre og Indre Lyngdalsfjord viser tegn til forverring. Ved videre overvåking anbefales en mer konsentrert innsats og større vekt på biologiske forhold, samt analyse av lange tidsserier for oksygen fra utvalgte fjorder.

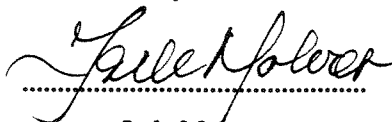
4 emneord, norske

1. Vest-Agder
2. Terskelfjorder
3. Vannkvalitet
4. Oksygen

4 emneord, engelske

1. Vest-Agder
2. Sill fjords
3. Water quality
4. Oxygen

Prosjektleder



Jarle Molvær

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2077-1

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO**

**O-89254**

**FJORDER I VEST-AGDER**

**VURDERING OG KOMMENTARER TIL FYSISK - KJEMISKE  
ANALYSERESULTATER FRA TIDSROMMET 1979-89**

**Oslo, 24.3 1992**

**Prosjektleder: Jarle Molvær**

**Medarbeidere : Gunnar Severinsen**

**Unni Efraimsen**

## **FORORD**

*Foreliggende rapport er utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning, Oslo, på oppdrag av Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen. I rapporten gjennomgås hydrografiske og hydrokjemiske data som Miljøvernavdelingen har innsamlet fra et stort antall fjorder i tidsrommet 1978-89. Rapporten er således en videreføring av en tilsvarende rapport utarbeidet for treårsperioden 1978-81 (Molvær, 1982).*

*Samtlige data er mottatt fra Vannlaboratoriet ved Agder Distriktshøgskole, og vi takker laboratorieleder Tom Pedersen for godt samarbeid.*

*Ved NIVA har Gunnar Severinsen hatt ansvar for innlesing av dataene og oppretting av en database. Unni Efraimsen har hatt ansvar for deler av databearbeidelsen. Jarle Molvær har vært prosjektleder og skrevet rapporten.*

## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	1
HOVEDKONKLUSJONER .....	4
1. INNLEDNING .....	6
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Formål .....	6
2. KORT OM VANNUTSKIFTNING OG FORURENSNING I TERSKELFJORDER .....	7
3. FJORDENE VED FLEKKEFJORD .....	10
3.1. Områdebeskrivelse og datamateriale .....	10
3.2 Tilstand og utviklingstrekk. ....	14
4. FEDAFJORD .....	18
4.1 Områdebeskrivelse og datamateriale .....	18
4.2 Tilstand og utviklingstrekk .....	20
5. FJORDENE VED FARSUND .....	23
5.1 Områdebeskrivelse og datamateriale .....	23
5.2 Tilstand og utviklingstrekk. ....	24
6. SNIGSFJORD .....	31
6.1 Områdebeskrivelse og datamateriale .....	31
6.2 Tilstand og utviklingstrekk. ....	32
7. HØLLEFJORDEN .....	35
7.1 Områdebeskrivelse og datamateriale .....	35
7.2 Tilstand og utviklingstrekk .....	37
8. TRYSFJORD .....	40
8.1 Områdebeskrivelse og datamateriale .....	40
8.2 Tilstand og utviklingstrekk i 70- og 80-årene. ....	43

		3
9.	GRØNSFJORD OG LENEFJORD . . . . .	48
	9.1 Områdebeskrivelse og datamateriale . . . . .	48
	9.2 Tilstand og utviklingstrekk . . . . .	48
10.	RAMSLANDSVÅGEN . . . . .	51
	10.1 Områdebeskrivelse og datamateriale . . . . .	51
	10.2 Tilstand og utviklingstrekk . . . . .	51
11.	FJORDOMRÅDER VED MANDAL . . . . .	53
	11.1 Områdebeskrivelse og datamateriale . . . . .	53
	11.2 Tilstand og utviklingstrekk . . . . .	55
12.	HARKMARKSFJORDEN . . . . .	59
	12.1 Områdebeskrivelse og datamateriale . . . . .	59
	12.2 Tilstand og utviklingstrekk . . . . .	59
13.	OPPSUMMERING SAMT SYNSPUNKTER PÅ VIDERE UNDERSØKELSER AV FJORDER I VEST-AGDER . . . . .	63
	13.1 Oppsummering av tilstand og utviklingstendenser . . . . .	63
	13.2 Synspunkter på videre undersøkelser. . . . .	64
	13.3 Konkrete betraktninger om enkelte fjordområder. . . . .	68
14.	LITTERATUR . . . . .	71

## HOVEDKONKLUSJONER

Gjennom et tidsrom på mer enn 10 år har Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, gjort vannkjemiske undersøkelser i de fleste fjorder i fylket. Dette er et stort og viktig datamateriale. I den foreliggende rapporten er datamaterialet fra en del utvalgte fjordområder gjennomgått med sikte på å beskrive tilstanden og evt. finne utviklingstendenser. Hovedkonklusjonene er som følger:

1. Terskelfjordene i Vest-Agder opplever varierende grad av oksygenproblemer i store deler av vannmassen. Eksempler på fjorder med særlig dårlige oksygenforhold er Framvaren, Trysfjorden, Snigsfjorden, Lenefjorden og Grisefjorden. Årsaken til oksygensvikten er en kombinasjon av naturgitt dårlig vannutskiftning og tilførsel av næringssalter og organisk stoff fra land. Den innbyrdes viktigheten av disse to hovedfaktorene varierer svært mye fra sted til sted.
2. Denne undersøkelsen viste tydelig at vannkvaliteten i 80-årene var negativt påvirket av utslipp i indre deler av Flekkefjordområdet (Grisefjorden, Tjørsvågbukta), Lundevågen ved Farsund og Høllefjorden. I første rekke gjelder dette oksygenforholdene i dypvannet. For Lafjorden, Ramslandsvågen og Harkmarksfjorden er graden av påvirkning usikker.
3. Datamaterialet fra de enkelte fjordområdene er for spredt til at annet enn større endringer med rimelig sikkerhet kan påvises i denne 10-års perioden. Det er sannsynlig at utslippsreduksjoner har gitt klar forbedring av vannkvaliteten i Grisefjorden og i Fedafjorden. Resultatene fra Skogsfjorden og Bongstøvatn viser at fjordforbedringstiltakene der har en sterk positiv effekt.

En sammenligning med resultater fra midten av 30-årene og begynnelsen av 70-årene tyder på en forverring av oksygenforholdene i Indre og Ytre Lyngdalsfjord samt Trysfjord, uten at datamaterialet gir grunnlag for helt sikre konklusjoner.

4. Beregning av oksygenforbruket under stagnasjonsperioder for Lafjorden, Trysfjord, Harkmarksfjord og Snigsfjord gir verdier som er klart høyere enn det man teoretisk skulle vente som følge av bakgrunnsbelastningen. For Lafjorden kan dette skyldes utslipp fra renseanlegget.

En mer dyptgående analyse av eldre oksygendata fra utvalgte fjorder bør gjennomføres for om mulig avklare om det har vært en langsiktig, generell forverring av oksygenforholdene i terskelfjordene langs kysten av Vest-Agder.

6. Undersøkelsene fra denne 10-årsperioden har gitt en rimelig god beskrivelse av vannkvaliteten i de enkelte fjordene. Ved oppfølgende overvåking anbefales at innsatsen konsentreres mer, med større vekt på biologiske forhold. Mest interessant kan være overvåking i Flekkefjordområdet, ved Farsund og i Høllefjorden.

En videre overvåking må også sees i lys av de rensetiltak som nå gjennomføres i tilknytning til Nordsjøavtalen. Tiltakene skal i første rekke redusere og motvirke lokale forurensningsproblemer i fjorder og skjærgård. Effekten av disse investeringene bør dokumenteres.

Overvåkingsprogram i fjorder og skjærgård bør søkes koordinert med det statlige Kystovervåkingsprogrammet, som har både vannkjemisk og biologisk overvåking i Vest-Agders kystvann, samt noe biologi i skjærgården.

7. Fjordforbedringstiltak i Skogsfjorden og Bongstøvatnet viser at oksygenforholdene kan forbedres drastisk. For svært mange av terskelfjordene i fylket er vannutskiftningen/oksygentilførselen til dypvannet så liten at slike tiltak er eneste muligheten til å løse oksygenproblemer.



## 1. INNLEDNING

### 1.1 Bakgrunn

I 1978 begynte daværende Utbyggingsavdelingen ved Vest-Agder fylkeskommune en enkel overvåking av en rekke fjordområder i Vest-Agder. Hensikten med undersøkelsene var å få en oversikt over tilstanden i vannforekomstene i fylket, for eventuelt å gjennomføre videre undersøkelser og tiltak på steder hvor forholdene var utilfredsstillende. Videre har det vært et mål legge grunnlag for en oppfølging av utviklingen i området. Resultatene av undersøkelsene i 1978-81 ble rapportert i 1982 (Molvær, 1982).

Det dreier seg om et meget stort prøvemateriale. I alt 112 stasjoner er besøkt, men i svært varierende omfang over de 13 årene prøvetakingen har foregått. I enkelte områder er det periodevis gjort omfattende og systematiske undersøkelser (jfr. Flekkefjord). I andre områder er det tatt stikkprøver som kan gi et første inntrykk av tilstanden.

I områder der det tidligere er utført resipientundersøkelser, er prøvene så langt det har vært hensiktsmessig blitt innsamlet fra allerede etablerte stasjoner. Antall prøver varierer fra år til år, og i varierende omfang fra område til område. Likeledes vil de naturgitte forholdene variere som følge av skiftende vannutskiftning, temperatur, lys og nedbør. Det er vanskelig å bedømme tilstand - og spesielt utvikling - i et fjordområde basert på et datamateriale som dette. Særlig gjelder det for overflatelaget. For dypvannet er forholdene noe enklere å vurdere ettersom forholdene bare langsomt endrer seg mellom dypvannsfornyelsene, og en stasjon oftest gir resultater som er representative for hele fjordbassenget.

### 1.2 Formål

Hensikten med denne rapporten kan sammenfattes slik:

1. **Gi en kortfattet ajourføring av tilstanden i fjordområdene.**
2. **Vurdere eventuelle hovedtrender, spesielt i områder hvor belastningen er endret de seneste årene.**
3. **Gi anbefalinger om oppfølgende undersøkelser hvor det synes aktuelt.**

## 2. KORT OM VANNUTSKIFTNING OG FORURENSNING I TERSKELFJORDER

Fjordene som denne undersøkelsen omfatter er såkalte terskelfjorder. En terskelfjord består i prinsippet av et fjordbasseng med en relativt grunn undersjøisk rygg - en terskel - ved munningen, se fig. 2.1. Ved terskelen er det ofte også en horisontal innsnevring av fjorden.

Ettersom vannmasser vanligvis forflytter seg horisontalt, er en slik terskel et vesentlige hinder for fornyelsen av vannmassene i fjordbassenget innenfor. Noen steder ligger flere terskler innenfor hverandre. Vannutskiftningen i de innerste bassengene vil da bli meget dårlig. Flekkefjordområdet er et eksempel på dette.

Dypvannet i terskelfjorder blir fornyet ved såkalte terskeloverskyllinger. Vann med høyere egenvekt enn dypvannet strømmer da inn over terskelen og synker ned i fjordbassenget. Dermed blir det gamle dypvannet presset unna, løftet opp og transporteres etterhvert ut av fjorden, se fig. 2.1.b.

Forholdene for slike dypvannsutskiftninger er gunstig i tidsrommet januar - mai. Størrelsen av de enkelte utskiftningene kan imidlertid variere fra gang til gang. I ekstreme terskelfjorder kan det gå mange år mellom hver gang det inntreffer en terskeloverskylling som gir noen vesentlig fornyelse av dypvannet. Framvaren innenfor Farsund er et eksempel på en slik helt ekstrem terskelfjord. Den sist kjente dypvannsfornyelse av noe omfang fant trolig sted i 1942 (Knutzen et al. 1981).

I tidsrommet mellom dypvannsutskiftningene kan oksygenet i dypvannet helt eller delvis forbrukes pga. nedbrytning av organisk materiale. Dette tilføres vannmassene fra utslipp eller som avrenning fra landområder, men oftest produseres storparten i selve fjorden gjennom algevekst i vannmassene. Mengden av organisk materiale som næringssaltene således gir opphav til, vil bære betydelig større enn det avløpsvannet tilfører fjorden direkte. Utslipp av plantenæringssalter kan således i vesentlig grad bidra til oksygenproblemer i dypvannet i en terskelfjord.

Tilgang på oksygen er forutsetning for at høyerestående organismer skal overleve. De fleste marine organismer overlever ikke ved oksygenkonsentrasjoner lavere enn 0.8 mlO<sub>2</sub>/l. For en generell bedømmelse av oksygenforholdene vil vi benytte følgende enkle skala (tabell 2.1).

Tabell 2.1. Kriterier for vurdering av oksygenforhold<sup>1</sup>

Konsentrasjon	Karakteristikk
0 mlO <sub>2</sub> /l	Råttent vann uten høyerestående liv
0-2 mlO <sub>2</sub> /l	Kritiske forhold
2-3.5 mlO <sub>2</sub> /l	Dårlig, men tolereres oftest av fisk
>3.5 mlO <sub>2</sub> /l	Tilfredsstillende

I det etterfølgende blir resultater fra de enkelte fjordområder gjennomgått. Hovedvekten blir lagt på tilstanden i dypvannet ettersom datamaterialet der er mer utsagnskraftig enn tilfellet er for overflatelaget.

Når det gamle, oksygenfattige, dypvannet presses opp mot overflaten under en dypvannsfornyelse, kan det ha ødeleggende virkninger på lite mobil fauna i disse vannmassene - og på fisk hvis disse ikke slipper unna. Eksempler på dette fikk man langs Sørlandskysten i forbindelse med dypvannsfornyelser i en rekke terskelfjorder vinteren 1988 (se til eksempel Oug, 1989).

Man bør også merke seg at store mengder fosfor og nitrogen kan akkumulere i dypvannet under stagnasjonsperiodene (5-10 ganger nivåene i overflatelaget vinterstid). Hvor der er grunne terskler kan dypvannsfornyelser bringe det gamle næringsrike dypvannet så nær overflaten at næringsaltene kan bidra til økt algevekst. Et eksempel på dette hadde man sannsynligvis i Grisefjorden ved Flekkefjord sommeren 1984 (Kristiansen et al., 1985).

---

<sup>1</sup> For omregning: 1 mlO<sub>2</sub>/l = 1.45 mgO<sub>2</sub>/l

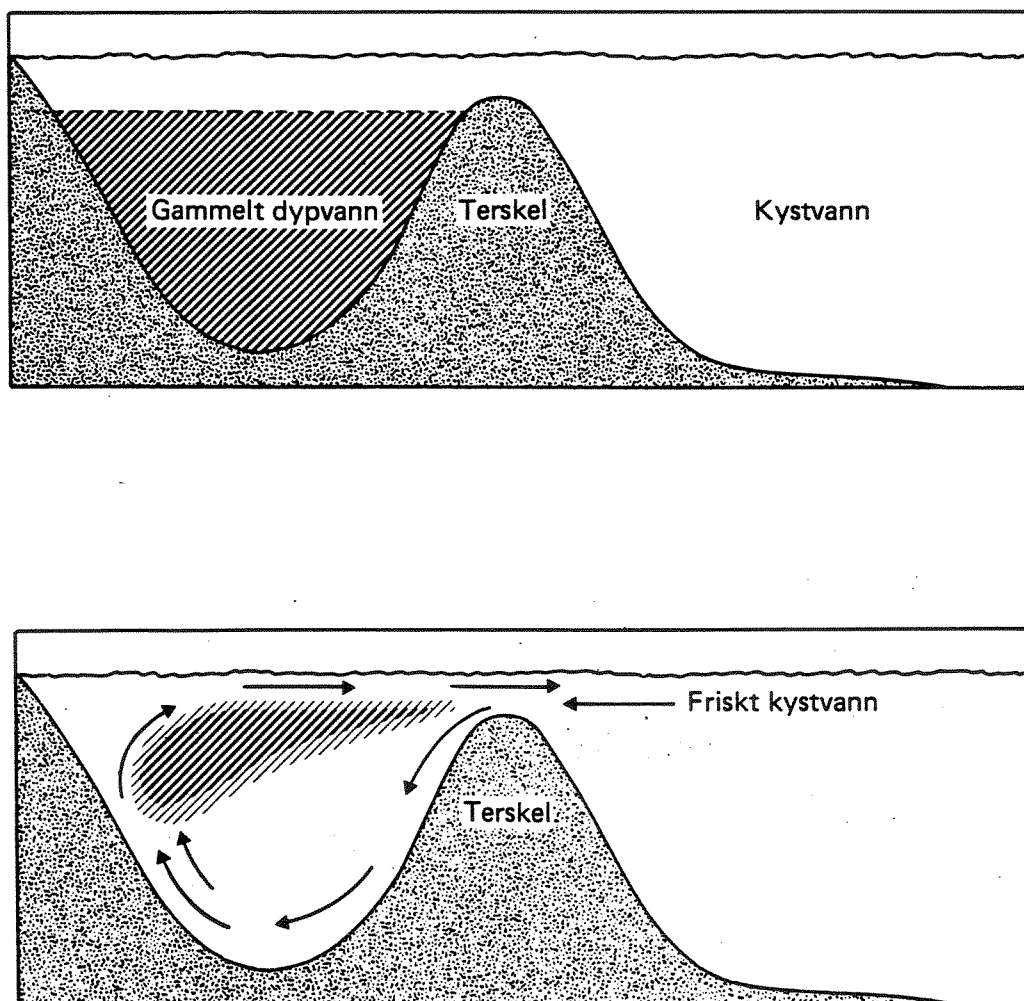


Fig. 2.1 Skisse av topografi og oksygenforhold i en terskelfjord.  
A: Mot slutten av en stagnasjonsperiode.  
B: Under en større dypvannsutskifting.

### 3. FJORDENE VED FLEKKEFJORD

#### 3.1. Områdebeskrivelse og datamateriale

Flekkefjordområdet omfatter fire deler: Loga, Grisefjorden, Tjørsvågsbukta og selve Lafjorden (fig. 3.1). Topografien i området er sammenfattet i tabell 3.1. Området omfatter en serie bassenger med mellomliggende terskler, og er utpreget sårbart for organisk belastning.

Tabell 3.1. Topografiske forhold i Flekkefjordområdet (etter Magnusson et al., 1988).

	Loga	Grisefjord	Tjørsvågbkt	Lafjord
Areal (km <sup>2</sup> )	0.9	0.98	0.64	2.68
Volum (mill. m <sup>3</sup> )	25.0	14.8	12.6	141.5
Maks. dyp (m)	51	32	38	109
Terskeldyp (m)	2	4	8.5	23
Terskelareal (m <sup>2</sup> )	~30	70	700	2030

Siden 1973 er utført en rekke undersøkelser i fjordområdet (Kolstad et al., 1976, Kristiansen et al. 1985, Næs og Tangen 1986, Magnusson et al. 1988). Dertil kommer den løpende overvåking fra Fylkesmannens miljøvernavdelingen siden 1978 som her omtales, og som for 1978-81 ble gjennomgått av Molvær (1982).

Utslippene av fosfor, nitrogen og organisk stoff til fjordområdene omkring midten av 1980-tallet er gjengitt i tabell 3.2.

Grisefjorden er i særklasse det hardest belastede fjordområdet, samtidig som vannutskiftningen er sterkt hemmet pga. tre utenforliggende terskler. Omkring 85% av nitrogenet og 75% av det organiske stoffet stammet fra industriutslipp. Omkring 70% av fosforet kom fra kommunal kloakk.

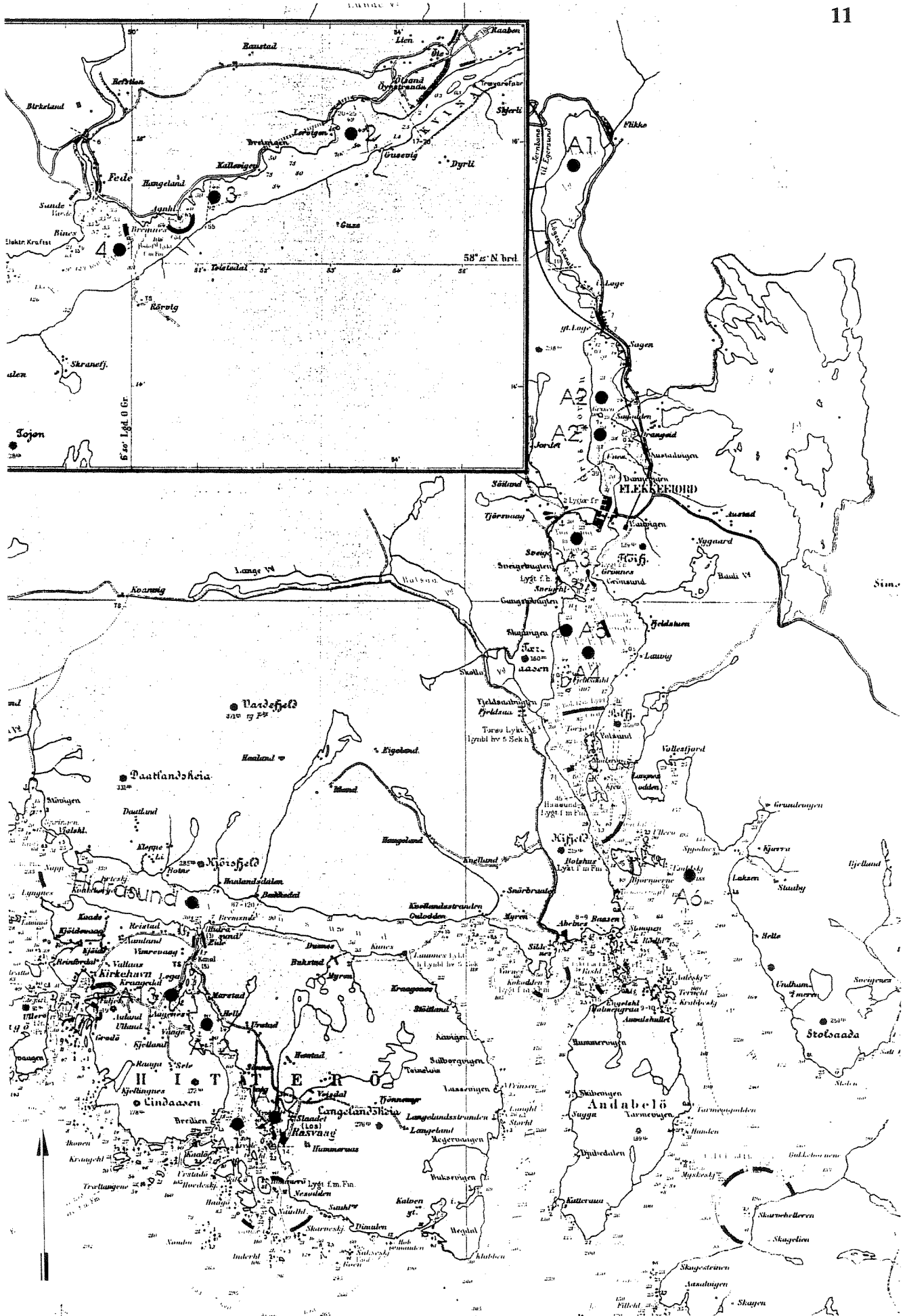


Fig. 3.1 Hydrokjemistasjoner i Flekkefjordområdet.

Tabell 3.2 Beregnede tilførsler av nitrogen, fosfor og organisk stoff i 1985-86, som tonn/år (etter Magnusson et al., 1988).

Stoff	Loga	Grisefjorden	Tjørsvågbkt.	Lafjord
Totalnitrogen	9.2	190	10.9	16.1
Totalfosfor	0.57	3.69	1.54	1.88
Organ. stoff (BOF <sub>7</sub> )	14	396	57.8	535

Fra 1986 har mye av den kommunale kloakken blitt overført til dyputslipp ved Lafjorden, og belastningen på fjordområdet har avtatt. Fig. 3.2 illustrerer dette for nitrogen og fosfor. Endringene skyldes gradvis overføring av kommunal kloakk til dyputslipp i Lafjorden, samt rensing av garveriutslippet (nitrogen) til Grisefjorden omkring årsskiftet 1988/89. I figuren er antatt typisk innlagring omkring 15 m dyp og at ca. 1/3 av næringsaltutslippet derfor ikke regnes som belastning på Lafjordens overflatelag<sup>2</sup>. Figuren viser en stor belastningsreduksjon på Grisefjorden, og en markert belastningsøkning på Lafjorden.

Stasjonenes beliggenhet er vist i fig. 3.1. Prøver er tatt:

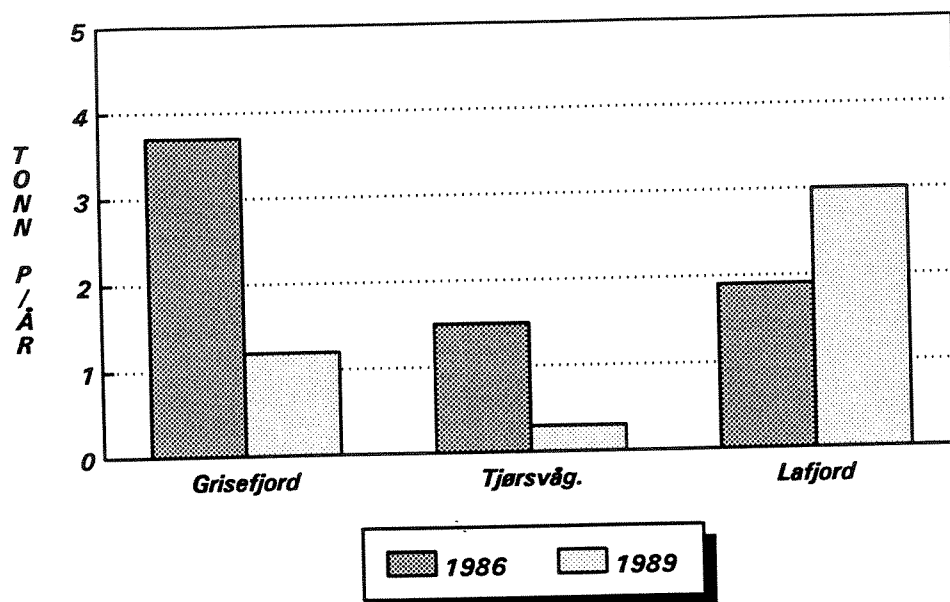
Tabell 3.3 Tidspunkt for hydrokjemimålinger i Flekkefjordområdet.

880329	890315
880531	890509
880706	890707
880809	890912
880913	891115
881011	
881124	

Antall stasjoner som hver gang ble besøkt har imidlertid variert noe.

<sup>2</sup> Innlagringsdypet vil variere mye. 1/3 er en skjønsmessig anslått gjennomsnittsverdi.

**UTSLIPP TIL FLEKKEFJORDOMRÅDET**  
**Fosfor**



**Nitrogen**

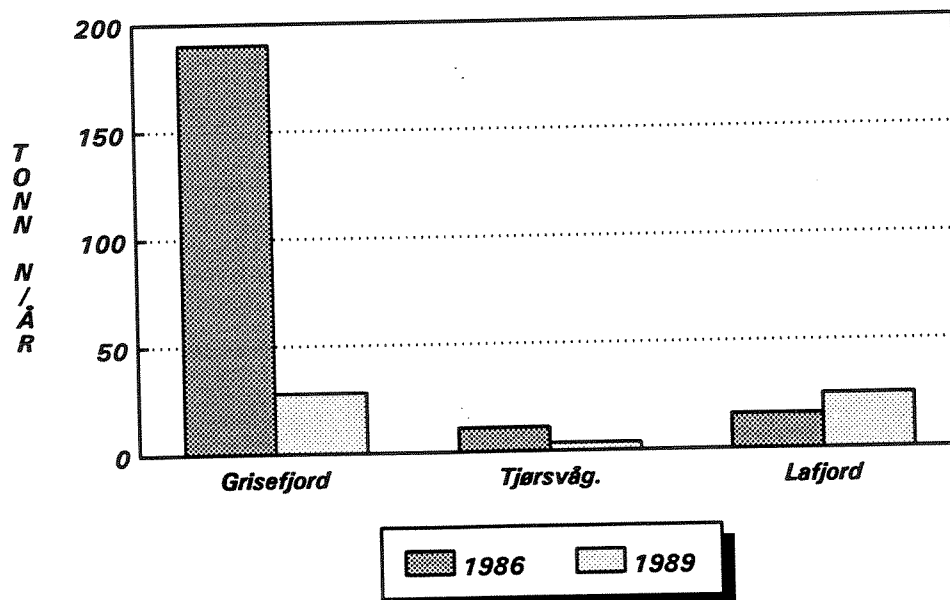


Fig. 3.2 Utslipp av fosfor og nitrogen til Grisefjorden, Tjørsvågbukta og Lafjorden på midten av 80-tallet og i 1989.



I litt varierende omfang har prøvetakingen omfattet dypene: 0, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80 og 100 m dyp, der nederste dyp ble tilpasset bunndypet på den aktuelle stasjonen.

Prøvene omfattet saltholdighet, oksygen, hydrogensulfid, total fosfor, ortofosfat, total nitrogen, nitrat, ammonium, klorofyll a, samt måling av siktedyp og temperatur.

### 3.2 Tilstand og utviklingstrekk.

Forurensningstilstanden i Flekkefjordområdet fram til 1987 er beskrevet i rapportene som er nevnt foran. Vi skal her konsentrere oss om tilstanden i Grisefjorden, Tjørsvågbukta og Lafjorden i 1988-89, og vurdere om belastningsendringene har ført til endrede forhold.

#### Grisefjorden

Fig. 3.3 viser oksygenkonsentrasjonen i Grisefjorden for tidsrommet 1985-89.

Variasjonene er store, i første rekke som følge av varierende vannutskiftning. Typisk for Grisefjorden er at gammelt oksygenfattig dypvann presses oppover under dypvannsfornyelsene, med det resultat at oksygenkonsentrasjonen i f.eks. 6 m dyp avtar når konsentrasjonen i 10 -15 m dyp øker (jfr. fig. 2.1B og fig. 3.3, mars 88). Dette gjør at sikkerheten i konklusjonene ikke blir stor, men det synes som om oksygenforholdene er under bedring. Spesielt illustrerende er tilstanden i 1989, da det ikke inntraff noen stor utskiftning i 10-15 m dyp. Likevel var mindre terskeloveskyllinger tilstrekkelig for å unngå fullstendig oksygensvikt i 10-15 m dyp. Dette må tas som et rimelig sikkert tegn på redusert oksygenforbruk, som følge av redusert belastning av organisk materiale og redusert kjemisk oksygenforbruk. I 1973-74 ble det funnet hydrogensulfid opp til ca. 10 m dyp (Kolstad et al., 1976). Hvis resultatene fra 1989 er representative for den nye tilstanden, har rensetiltakene kanskje gjenopprettet oksygenforholdene til det som de var på 60-tallet.

Fig. 3.4 viser konsentrasjoner av totalnitrogen i 5-6 m og 10 m dyp. Variasjonene er store, og konsentrasjonene fram til desember 1988 var iblant ekstremt høye. I de tre målingene f.o.m. desember 1988 opptrer ingen slike høye verdier. Antall målinger er lite, men det er likevel rimelig å tro at dette viser et generelt lavere nitrogen-nivå som følge av reduserte utslipp fra garveriet.

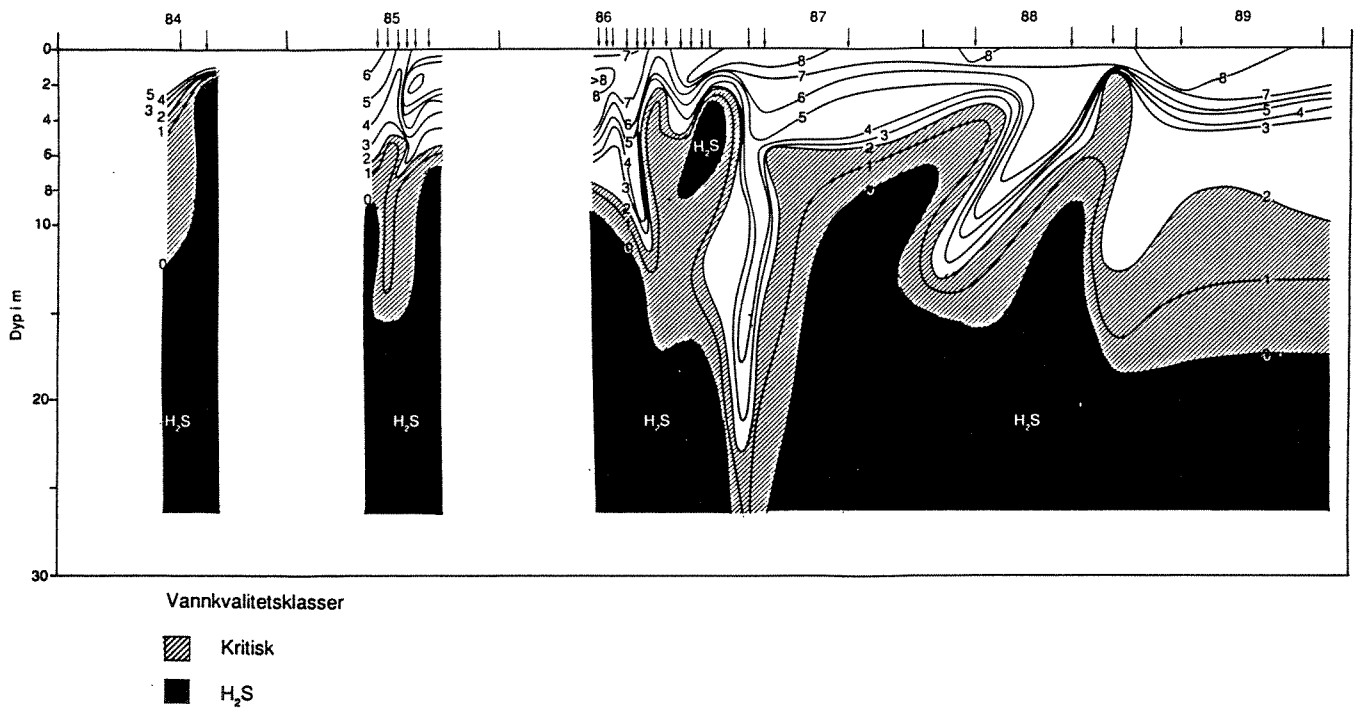


Fig. 3.3 Grisefjorden, st. A2. Oksygenforhold i tidsrommet juli 1985 - november 1989. Vertikale piler på tidsaksen viser når prøver ble tatt.

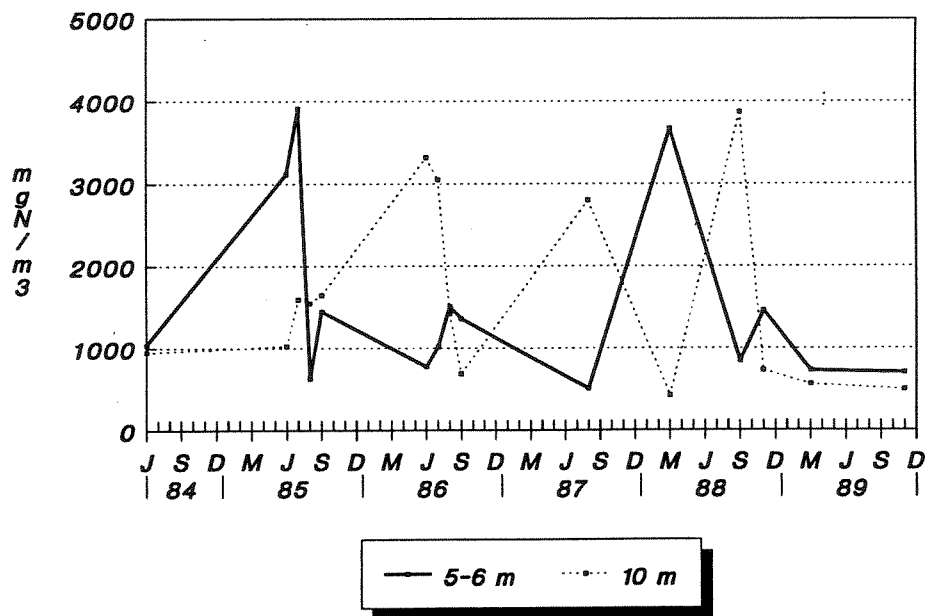


Fig. 3.4 Grisefjorden, st. A2. Totalnitrogen i utvalgte dyp.

### Tjørsvågbukta

Fig. 3.5 viser oksygenkonsentrasjonen i Tjørsvågbukta i tidsrommet juni 1985-desember 1989. Variasjonene er store pga. større og mindre dypvannsutsiftninger, med oksygenforholdene er gjennomgående kritiske under 15-20 m dyp. Det er jevnlig observert hydrogen sulfid (råttent vann) i 25-30 m dyp. Sammenlignet med målinger i 1973-74 (Kolstad et al., 1976), tyder målingene fra 80-tallet på dårligere oksygenforhold. Oksygenforbruket nær bunnen (30 m dyp) er fortsatt meget stort, jevnfør det store fallet i konsentrasjon etter dypvannsfornyelsene i 1986, 1987 og 1988.

Det er ikke mulig å se endringer i form av bedre oksygenforhold mot slutten av dette tidsrommet som følge av overføring av kloakkutslipp til Lafjorden. Årsaken kan være effekt fordi det i sedimentene fortsatt ligger mye organisk stoff som må nedbrytes.

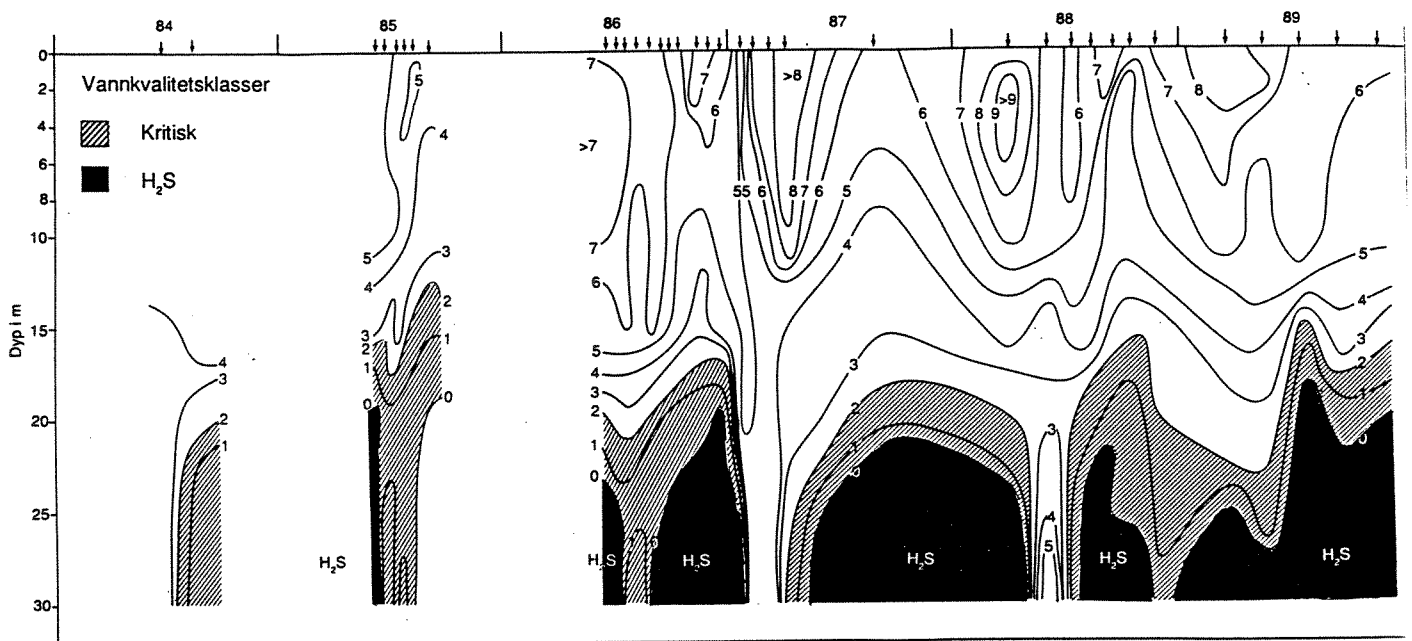


Fig. 3.5 Tjørsvågbukta, st. A3. Oksygenforhold i tidsrommet juli 1985-november 1989. Vertikale piler på tidsaksen viser når prøver ble tatt.

## Lafjorden

Fig. 3.6 viser oksygenkonsentrasjonen i 60-100 m dyp i Lafjorden i tidsrommet juni 1985-desember 1989. Som for Tjørsvågsbukta var variasjonene store. Tilstanden var oftest dårlig fra ca. 60-70 m dyp, og kritisk under 70-80 m dyp. Høsten 1986 ble det påvist hydrogensulfid i 100 m dyp. I 1973-74 ble det ikke påvist hydrogensulfid i Lafjordens dypvann, men oksygenkonsentrasjonen var så lav som  $0.2 \text{ mlO}_2/\text{l}$  (Kolstad et al, 1976). Oksygensvikt med hydrogensulfid i 100 m dyp ble først påvist høsten 1979 (Molvær 1982).

Endringene i temperatur og saltholdighet i forbindelse med dypvannsfornyelsene høsten 1988 og sommeren 1989, tyder på at disse hadde stort omfang. Økningen i oksygenkonsentrasjon var imidlertid ikke tilsvarende stor, og var kortvarig.

Ved bruk av en datamodell som opprinnelig ble utviklet på grunnlag av data fra terskelfjorder i Møre og Romsdal (Aure og Stigebrandt, 1989), er det naturgitte oksygenforbruket beregnet til ca.  $0.2 \text{ mlO}_2/\text{måned}$ . Ved beregninger av oksygenforbruket under stagnasjonsperiodene i 1987, 1988 og 1989 finner vi ca.  $0.6 \text{ mlO}_2/\text{måned}$ , dvs. meget høyt.

Vi har imidlertid for lite grunnlag fra tidsrommet før 1986 til at vi med sikkerhet kan avgjøre om oksygenforholdene i dypvannet har forverret seg etter at utslippet fra renseanlegget ble etablert. Det er imidlertid helt klart at tilstanden i dypvannet ikke er god nok - med perioder hydrogensulfid nær bunnen og med kritiske oksygenforhold i hele vannmassen under ca. 70 m dyp.

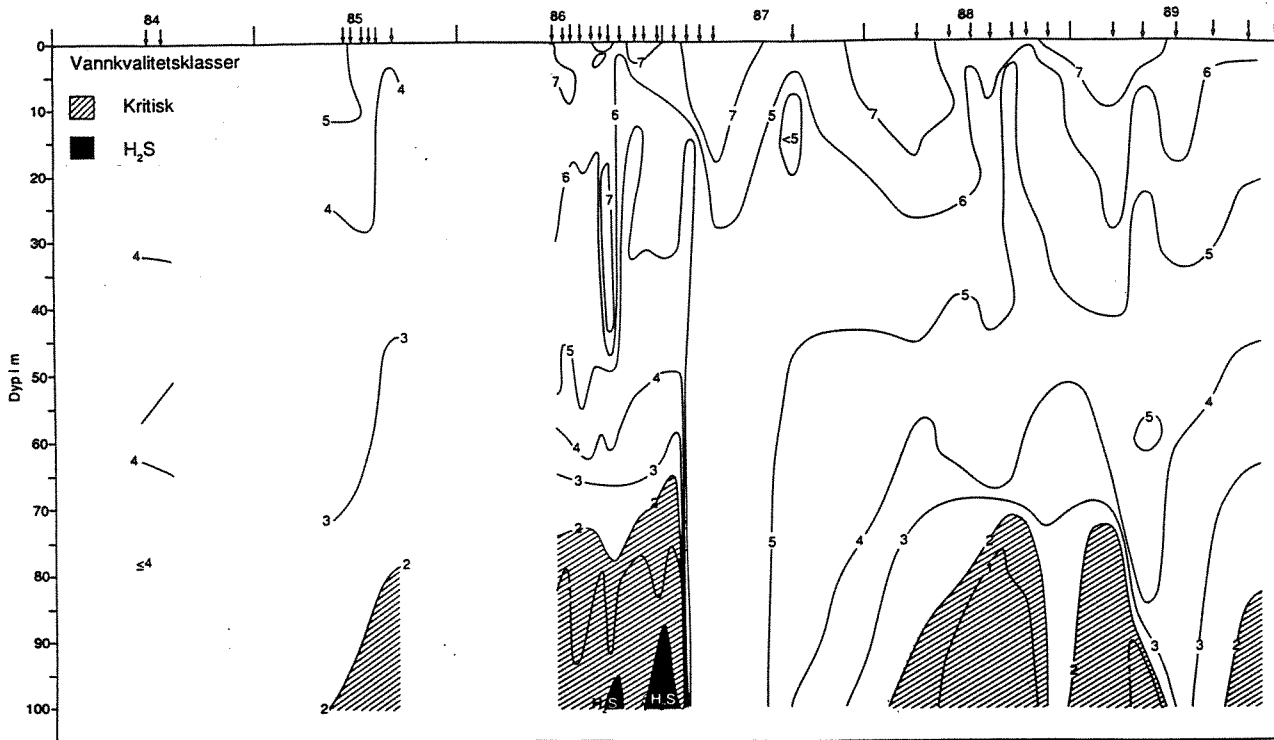


Fig. 3.6 Lafjorden, st. A4. Oksygenforhold i tidsrommet juli 1985-november 1989. Vertikale piler viser når prøver ble tatt.

#### 4. FEDAFJORD

##### 4.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Fjordområdet er vist på fig. 3.1. Tabell 4.1 sammenfatter topografiske data.

Tabell 4.1. Topografiske opplysninger om Fedafjord, innenfor terskel.

Areal	1.9 km <sup>2</sup>
Volum	100 mill. m <sup>3</sup>
Maks. dyp	90 m
Terskeldyp	40 m

I tillegg til det datamaterialet som gjennomgås her, er fjorden undersøkt av NIVA ved to anledninger: i 1973-44 (Kolstad et al., 1976) og i 1984-85 (se Knutzen et al. 1986).

I 1985 ble kommunal kloakk fra omkring 2700 pe sluppet ut i Kvinas munningsområde. Dette tilsvarer en tilførsel av ca. 2 tonn fosfor og 12 tonn nitrogen pr. år. I tillegg kom avløp fra AGRO fellesslakteri tilsvarende ca. 1800 pe organisk stoff. Tinfos Aqua har utslipp i strandkanten på 2-3 m dyp. Avløpsvannet ledes gjennom to sedimenteringsbasseng (Stoll, Tinfos Aqua, pers. medd.). Bedriften har konsensjon på produksjon av 150 tonn piggvar/år, men produksjonen er langt mindre. Størrelsen av næringssaltutslippet har variert mye og er ikke nøyaktig kjent, men kan kanskje anslås til å ha vært i størrelsesorden opp mot 2-4 tonn nitrogen og 0.2-0.4 tonn fosfor på slutten av 80-tallet.

Næringssalttilførselen fra Kvina ble for 1990 beregnet til 21.1 tonn fosfor og 616 tonn nitrogen (gjennomsnittskonsentrasjon 6  $\mu\text{gP/l}$  og 175  $\mu\text{gN/l}$ , Holtan et al., 1991) .

Kjemisk rensing av kommunal kloakk og avløpsvann fra slakteriet ble gjennomført høsten 1986. Avløpsvannet slippet ut på ca. 30 m dyp, og innlagres under fjordens overflatelag. Kombinasjonen av rensing og dyputslipp med innlagring gir en stor reduksjon av den "sivilisatoriske" belastningen på fjordens overflatelag.

I forbindelse med Miljøvernaveidningens undersøkelse ble prøver tatt:

Tabell 4.2 Tidspunkt for hydrokjemimålinger i Fedafjorden.

810625	881124
820603	890307
870827	890928
880906	

på stasjonene 2-4 (fig. 3.1). Fem prøveserier er altså innsamlet etter at renseanlegget for kommunal kloakk og slakteri kom i drift. Prøvene ble tatt i utvalgte dyp fra overflaten og til 80 m, og analysert for samme variable som for stasjonene i Flekkefjordområdet.

## 4.2 Tilstand og utviklingstrekk

Ved de tidligere undersøkelsene ble det ikke registrert åpenbare overgjødningssymptomer, men begrenset vannutskiftning medfører perioder med dårlige - kritiske oksygenforhold ( $<2 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ) i dypvannet innenfor terskelen. Laveste konsentrasjon i 1973-74 var forøvrig  $2.6 \text{ mlO}_2/\text{l}$ , mot  $0.9 \text{ mlO}_2/\text{l}$  vinteren 1985. Man kan ikke med sikkerhet avgjøre om den laveste verdien skyldes større oksygenforbruk pga. økt belastning med organisk materiale i perioden før renseanlegget kom i drift, eller om den i hovedsak er et uttrykk for naturgitt variasjon i vannutskiftning og oksygenforbruk. Men målingen understreket behovet for å redusere belastningen på fjorden mht. næringssalter og organisk materiale.

Fordi datamaterialet er så spredt, har vi ikke forsøkt å framstille det som tidsisopleter men viser tidsforløpet i karakteristiske dyp.

Fig. 4.2 viser resultater av oksygenmålinger i indre del av Fedafjorden i 1987-89. Laveste konsentrasjon var  $4 \text{ mlO}_2/\text{l}$ , dvs. langt høyere enn både i 1973-74 og i 1985. Datamaterialet er ikke tilstrekkelig til at man med sikkerhet kan avgjøre hvor mye dette skyldes reduserte utslipp av næringssalter og organisk stoff, men det er nærliggende å tro at utslippsreduksjonen spiller en betydelig rolle.

Fig. 4.3 viser resultater fra ytre del av Fedafjorden. Oksygenforholdene var gode i alle dyp.

Fig. 4.4 viser konsentrasjonen av totalnitrogen, totalfosfor og saltholdighet i 0.5 m og 2 m dyp, dvs. i brakkvannslaget og i sjøvannet like under dette. Variasjonene er store, dels som følge av varierende andel av relativt nitrogenrikt og fosforfattig ferskvann. For 0.5 m dyp finner man således en korrelasjon på  $r=0.84$  og  $r=-0.64$  mellom henholdsvis fosfor og saltholdighet og nitrogen og saltholdighet. I 2 m dyp er innvirkningen fra ferskvannet svakere. Man kan ikke avgjøre om konsentrasjonene har endret seg siden 1973-74.

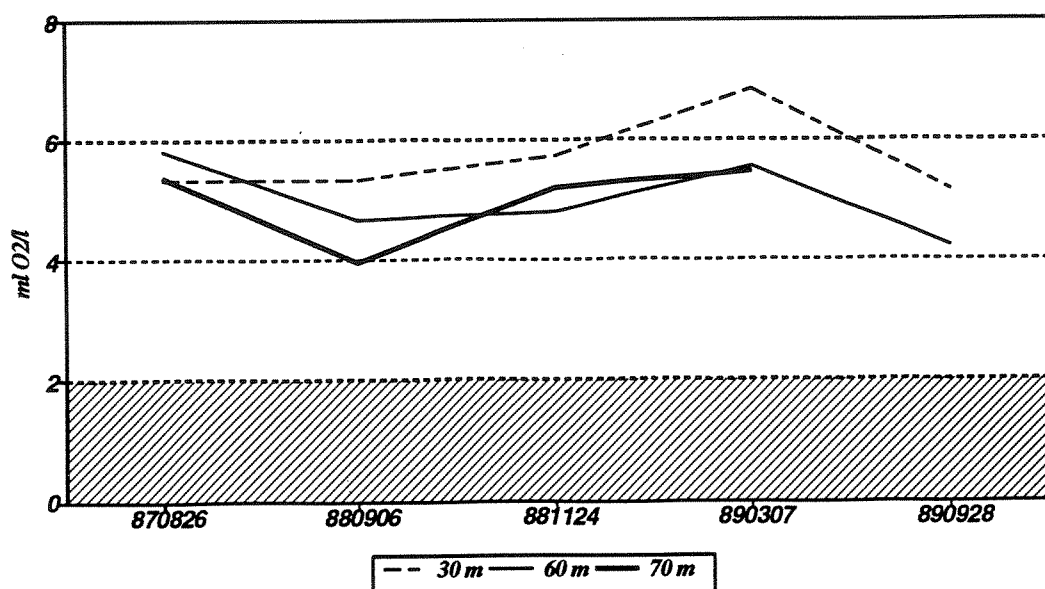


Fig. 4.2 Fedafjorden indre stasjon (st. 2). Oksygenmålinger i 30-70 m dyp. Skravur angir kritisk oksygenkonsentrasjon. Gode forhold i alle dyp.

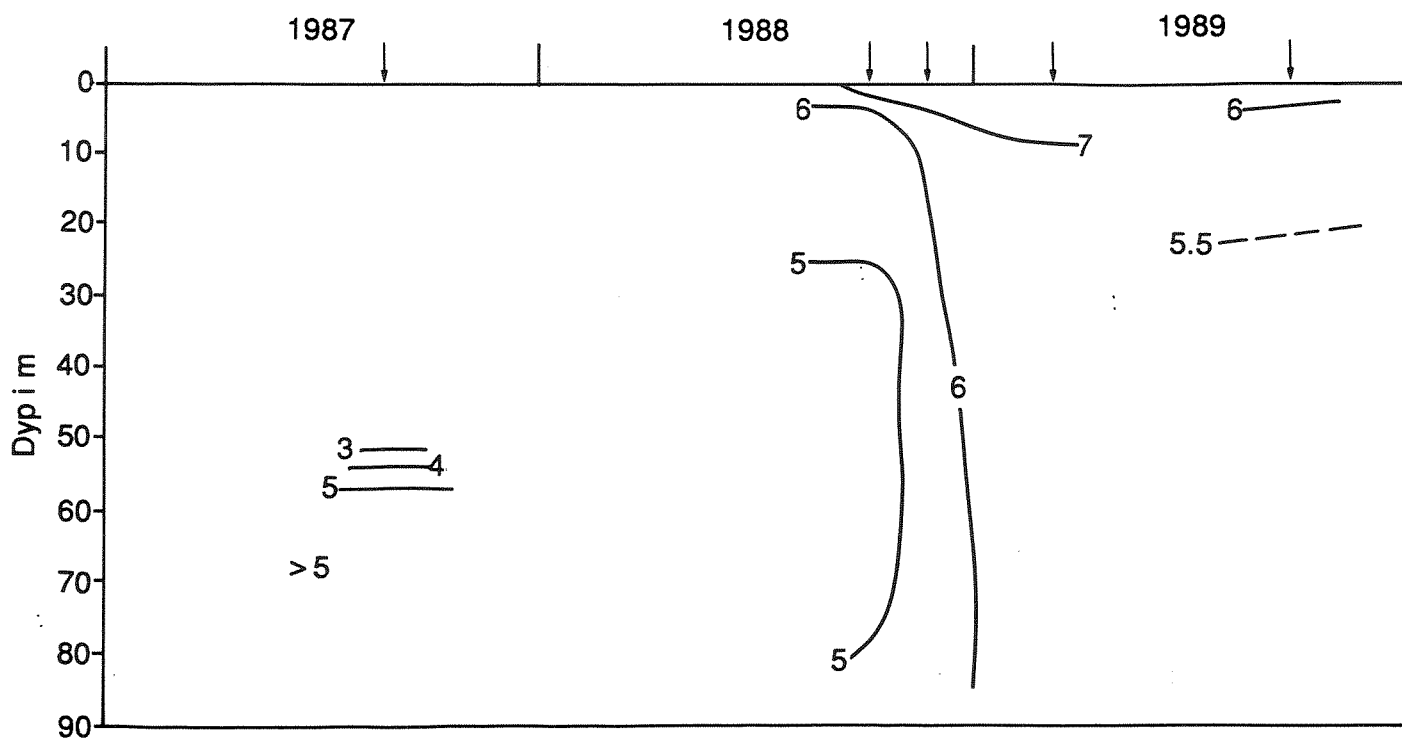


Fig. 4.3 Fedafjorden ytre stasjon (st. 4). Oksygenmålinger i 60 - 80 m dyp.



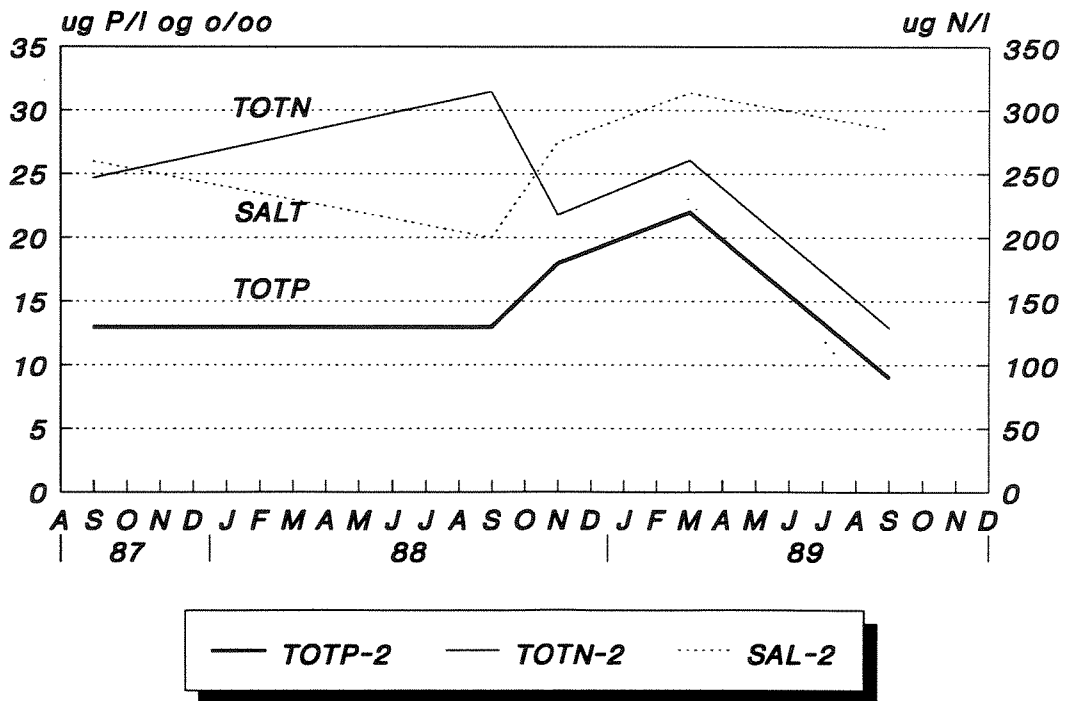
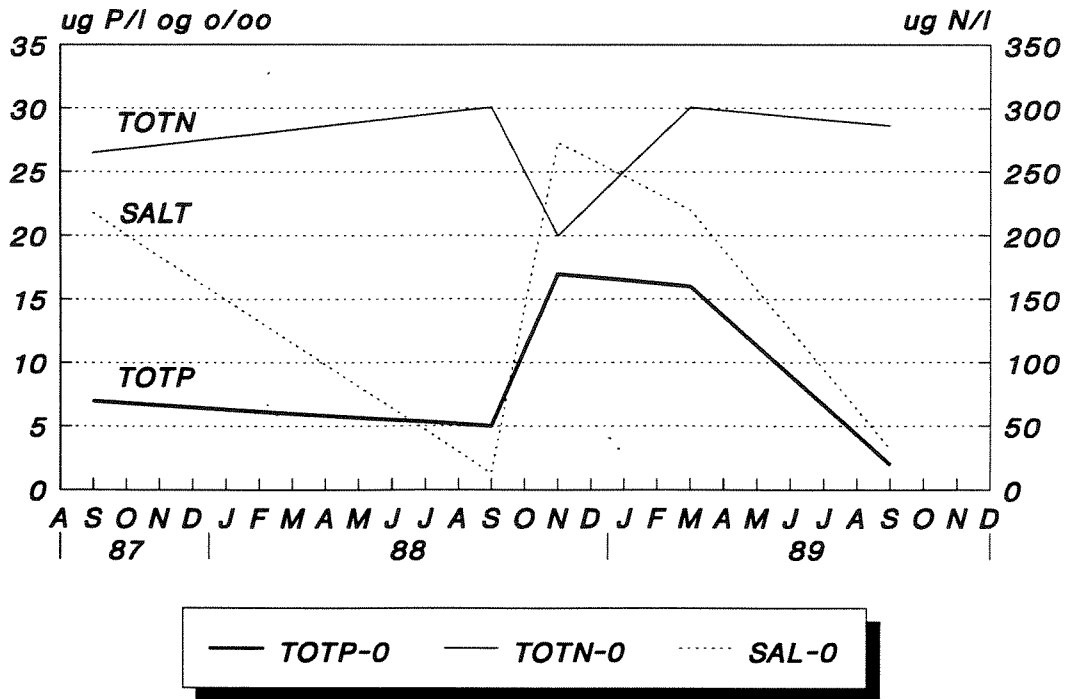


Fig. 4.4      Fedafjord indre stasjon (st. 2). Konsentrasjon av total nitrogen, total fosfor samt saltholdighet i:  
 A: 0.5 m dyp  
 B: 2 m dyp

## 5. FJORDENE VED FARSUND

### 5.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Fjordene ved Farsund med stasjoner er vist på fig. 5.1. Området ble undersøkt av NIVA i 1971-72 (Kolstad et al. 1973), har vært overvåket siden 1978 av Fylkesmannens Miljøvernavdeling, og i selve Byfjorden utenfor Farsund har NIVA nylig avsluttet en undersøkelse (Oug et al., 1991).

Topografien i Ytre og Indre Lyngdalsfjord er sammenfattet i tabell 5.1, og illustrert i fig. 5.2. Området er karakterisert av grunne terskler og dype innenforliggende bassenger. Dette gir liten dypvannsutskiftning, og begge fjordområder er derfor sårbare for belastning med organisk materiale. I særlig grad gjelder dette Indre Lyngdalsfjord.

Tabell. 5.1. Topografiske forhold i Lyngdalsfjordene (etter Kolstad et al, 1973).

	Ytre Lyngdalsfjord	Indre Lyngdalsfjord
Areal, km <sup>2</sup>	24.9	9.1
Volum, mill. m <sup>3</sup>	400	530
Maks. dyp, m	255	116
Terskeldyp innover, m	6	
Terskeldyp utover, m	18	6
Midlere ferskvannstilf., m <sup>3</sup>	6.4	38

Det foreliggende datamaterialet omfatter prøver etter 1978. Antall prøveserier varierer fra år til år, og ikke alle stasjoner er besøkt samtidig. Denne variabiliteten i prøveintervall gjør tegning av tidsisopleter vanskelig, og kan tildels være villedende. De fleste av figurene er derfor presentert som tidsserier for utvalgte dyp.

I 1988-89 ble prøver innsamlet 12 ganger, men ikke alle stasjoner hver gang (tabell 5.2). Dertil kommer prøveserier fra 24.10 1978 og 8.11 1979.

I litt varierende omfang har prøvetakingen omfattet dypene: 0, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80 og 100 m dyp, der nederste dyp ble tilpasset bunndypet på den aktuelle stasjonen.

Tabell 5.2 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Farsundfjordene.

29.3.1988	24.11 1988
31.5 1988	15.3 1989
6.7 1988	9.5 1989
9.8 1988	7.7 1989
13.9 1988	12.9 1989
11.10 1988	15.11 1989

Prøvene omfattet saltholdighet, oksygen, hydrogensulfid, total fosfor, ortofosfat, total nitrogen, nitrat, ammonium, klorofyll a, samt måling av siktedyp og temperatur.

Som det framgår av fig. 5.1 er et stort antall stasjoner besøkt. I denne sammenheng velger vi å prioritere Indre og Ytre Lyngdalsfjord, Kjørrefjordsbukta samt Lundevågen. Byfjorden er vurdert i den nevnte NIVA-rapporten fra 1991 (Oug et al., 1991).

## 5.2 Tilstand og utviklingstrekk.

### Ytre Lyngdalsfjord.

Resultatene av oksygenmålingene i dypvannet er vist i fig. 5.3. Vi gjør oppmerksom på at på tidsaksen er alle målinger avsatt med lik avstand. År med to eller flere målinger er iblant gjengitt med en verdi. Vi minner også om at bunndypet er 255 m.

Dypere enn 60-70 m er oksygenforholdene oftest kritiske ( $< 2 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ). Bare i november 1979 og i oktober 1989 har det blitt tatt prøver dypere enn 100 m, og tilstanden mellom 100 m og 250 m dyp er derfor vanskelig å bedømme. I første halvdel av 1979 foregikk en delvis fornyelse av dypvannet, men oktober sammen år ble det imidlertid målt så lavt som  $0.1 \text{ mlO}_2/\text{l}$  (7% metning) i 150 m dyp.

Måleserien fra januar 1989 viste  $5.3 \text{ mlO}_2/\text{l}$  i 100 m dyp, og viste dermed at det foregikk en omfattende dypvannsfornyelse. Allerede i oktober 1989 ble det imidlertid



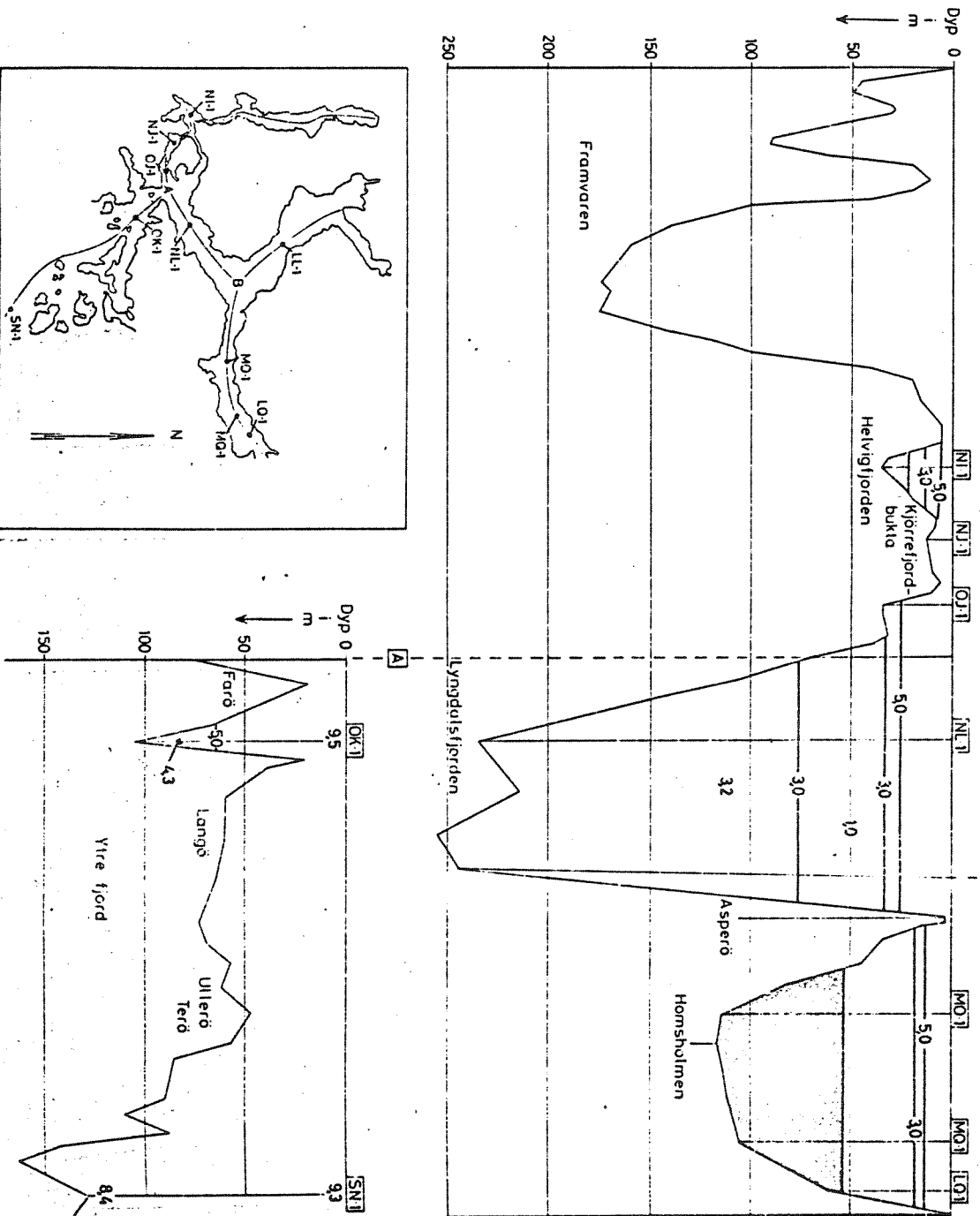


Fig. 5.2

Langsgående dybdeprofil fra Indre Lyngdalsfjord til kystvannet. Oksygenmålinger fra november 1971 vises også.

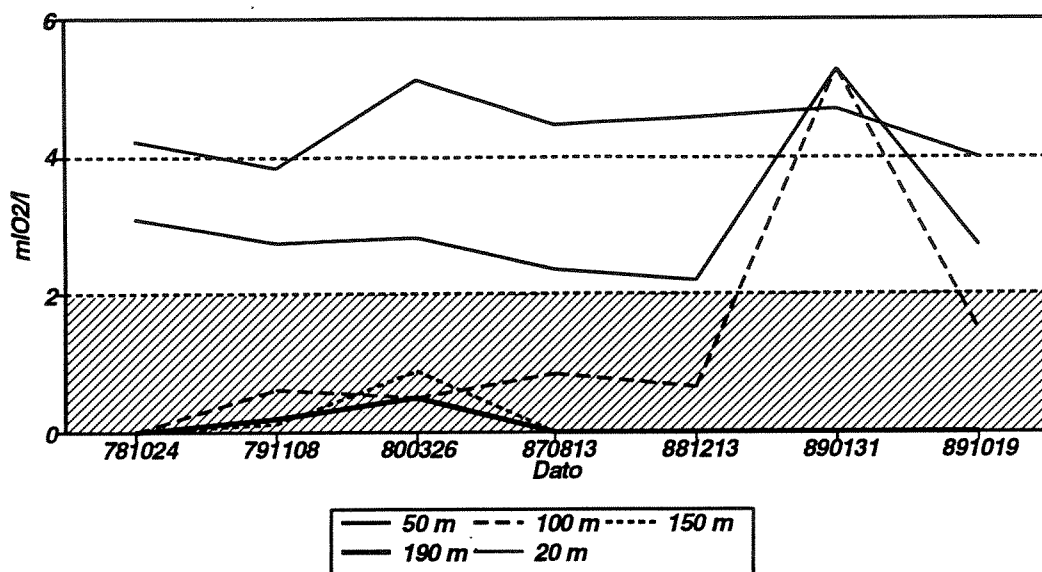


Fig. 5.3 Oksygenmålinger i Ytre Lyngdalsfjord, st. B4. Skravur angir kritisk nivå.

målt hydrogensulfid ( $0.3 \text{ mlH}_2\text{S/l}$ ) i 175 m, men ca.  $0.1 \text{ mlO}_2/\text{l}$  i 190 m dyp. Dette viser at dypvannsfornyelsen ikke gikk særlig dypere enn 100 m dyp.

Grunnlaget for en sammenligning med oksygenmålinger fra 1971-72 er tynt. Laveste konsentrasjon dypere enn 150 m i 1971-72 var imidlertid  $1.8 \text{ mlO}_2/\text{l}$ , dvs. vesentlig bedre enn i 1979 og 1989. Det er imidlertid mulig at dette var resultat av en forutgående dypvannsfornyelse, fordi det var lavere konsentrasjoner i ca. 40-100 m dyp. På den annen side sank konsentrasjonen i ca. 150 m dyp ikke under  $1.8 \text{ mlO}_2/\text{l}$  over et tidsrom på ca. 9 måneder, noe som tyder på et markert lavere oksygenforbruk enn i 1989.

Konklusjonen blir dermed at oksygenforholdene i fjorden gjennomgående er kritiske. Tilstanden mot slutten av 1980-tallet var dårligere enn i 1971-72, og årsaken er sannsynligvis økt belastning av næringssalter og direkte utslipp av organisk stoff. Datamaterialet gir ikke grunnlag for å avgjøre om, evt. hvorledes, tilstanden har endret seg i 1980-årene.

**Indre Lyngdalsfjord.**

Oksygenforholdene i 20-100 m dyp i Indre Lyngdalsfjord er vist i fig. 5.4. Vi minner om at bunndypet er 116 m. Som tidligere omtalt for Ytre Lyngdalsfjord medførte terskeloverskyllingen i 1979 en markert, men kortvarige forbedring av oksygenforholdene.

Både i august 1987, desember 1988 og i januar 1989 var det hydrogensulfid i dypvannet, opp til henholdsvis ca. 60 m, 35 m og 55 m dyp. Både i desember og i januar ble målt 2.5 - 2.7 mlH<sub>2</sub>S/l i dypvannet. Dypere enn ca. 20-25 m dyp var oksygenforholdene kritiske (<2 mlO<sub>2</sub>/l).

Dypvannsfornyelsen vinteren 1989 maktet imidlertid ikke å fornye dypvannet tilstrekkelig til at hydrogensulfiden ble fjernet helt til bunns. Tvertimot var resultatet at det oksygenfattige dypvannet ble presset opp, og hydrogensulfid ble registrert så høyt som i 16 m dyp. Grensen for kritiske forhold lå trolig i 10-11 m dyp. Den situasjonen - som i hovedsak skyldes dypvannsfornyelsen - medførte altså en periode med de dårligste oksygenforhold som noengang er registrert i fjorden.

Det er vanskelig å bedømme utviklingen i et så vekslende datamateriale. I juli 1971 var det ca. 0.1 mlO<sub>2</sub>/l i 60 m dyp (ikke målt dypere) og november 1971 lå grensen for hydrogensulfid omkring 55 m dyp med ca. 1.6 mlH<sub>2</sub>S/l i 100 m dyp. Både i 1978, 1987 og i 1988-89 var forholdene klart dårligere enn dette. Selv om man ikke kan si det med full sikkerhet, tyder resultatene klart på en forverring av oksygenforholdene over de siste 20 år. Årsaken er i så fall økte utslipp av fosfor- og nitrogen samt direkte utslipp av organisk stoff.

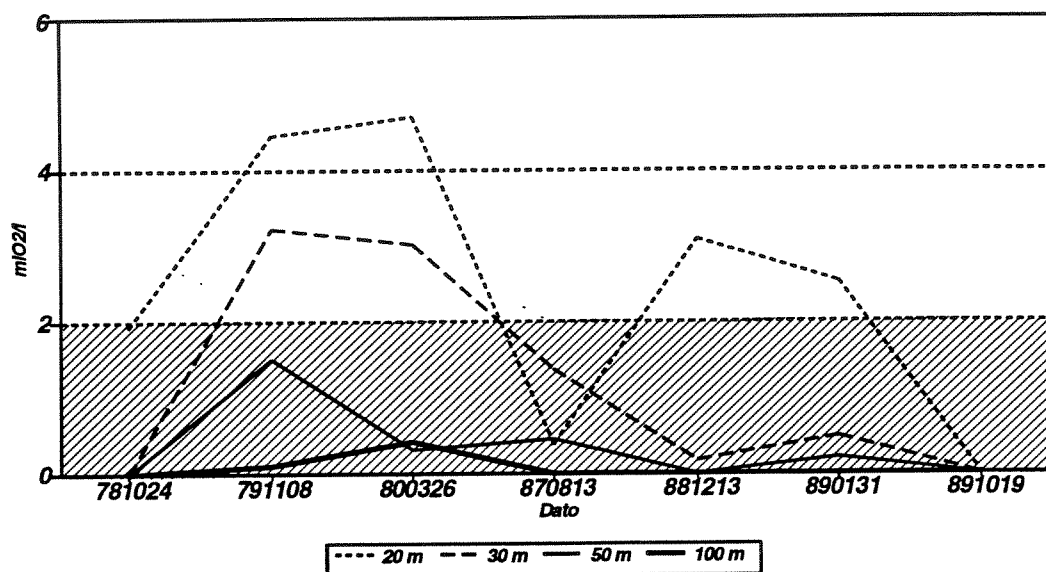


Fig. 5.4 Oksygenmålinger i Indre Lyngdalsfjord, st. B5. Skravur angir kritisk nivå.

### Kjørrefjordsbukta.

Kjørrefjordsbukta er et forholdsvis lite og grunt basseng. Terskeldypet er 4 m, og største dyp er 13 m (fig. 5.2). Det er gjort målinger i Kjørrefjordsbukta 24.10 1978, 8.11 1979, 5.8 1980, 23.6 1981 og 7.10 1989.

I 1971-72 ble det til tider registrert kritiske oksygenforhold under ca. 7-8 m, men ikke hydrogensulfid (Kolstad et al. 1973). Resultatene for 1978-89 er vist i tabell. 5.3. De viser klart at det senhøstes jevnlig inntreffer en periode med kritiske oksygenforhold nær bunnen, jfr. resultater fra 1978, 1979 og 1989. August 1980 ble ikke målt dypere enn 7-8 m. Den ekstremt høye konsentrasjonen sommeren 1981 skyldes sannsynligvis en nylig fullstendig dypvannsfornyelse.

Datamaterialet er for spredt til at man kan trekke rimelig sikre konklusjoner om tilstanden har endret seg i det tidsrommet målingene har foregått.



Tabell 5.3 Målinger av oksygen i Kjørrefjordbukta, st. B3 (mlO<sub>2</sub>/l).

Dato	4 m	8 m	11 m
24.10 1974	3.7	3.3	2.5
8.11 1979	6.52	2.15	H <sub>2</sub> S
5.8 1980	5.3	4.4	?
23.6 1981	7.6	8.0	9.2
7.10 1989	6.13	3.87	1.6

### Lundevågen.

Lundevågen er et forholdsvis lite og grunt område (fig. 5.1). Den kan inndeles i et indre og et ytre basseng. I indre basseng er største dyp 27 m, mens dypeste forbindelse mot ytre basseng er 12 m. Dette er altså et basseng der vannmassen dypere enn ca. 12 m vil ha redusert vannutskiftning, og er dermed sårbar for belastning med organisk materiale.

Det ytre bassenget er større og dypere. I alt vesentlig er bunndypet ca. 30-38 m, selv om et enkelt dyp på 47 m rett sør for Sundsodden er registrert på sjøkartet. I dette området vil man vente god vannutskiftning i alle dyp.

Det er gjort målinger i ytre basseng i Lundevågen 3.6 1982, 25.6 1985, 24.7 1985, 8.9 1987, 13.12 1988 og 19.10 1989. I indre basseng er tatt bare tre måleserier. Resultatene er vist i tabell 5.4.

Oksygenkonsentrasjonen i 30 m dyp i ytre basseng er nederste måledyp, og der hvor man skulle vente å kunne spore eventuelle oksygenproblemer. Ut fra våre kriterier må oksygenforholdene karakteriseres som gode ved alle tidspunkt. Det er interessant at tilstanden er god om høsten, noe som viser at man normalt ikke vil ha noen forverring i forhold til tilstanden om sommeren.

I indre basseng var oksygenkonsentrasjonene i 20-25 m dyp illevarslende lave både i 1982 og i 1985. Spesielt tatt i betraktning av oksygenkonsentrasjonene i dette "avstengte" bassengvannet sannsynligvis ble enda lavere utover høsten.

Datamaterialet er for spredt til at man kan trekke rimelig sikre konklusjoner om tilstanden har endret seg i det tidsrommet målingene har foregått, men det er klart at dypvannet i det indre bassenget allerede i 1982 var overbelastet med organisk materiale.

Tabell 5.4. Oksygenkonsentrasjoner i Lundevågen st. B8 og B9 (mlO<sub>2</sub>/l).

Dato	Ytre del 30 m dyp	Indre del 15 m dyp	Indre del 20 m dyp	Indre del 25 m dyp
3.6 1982	3.85	4.6	2.55	1.17
25.6 1985	4.2	4.8	3.8	3.55
24.7 1985	4.06	4.0	3.2	2.5
9.8 1987	4.62			
13.12 1988	5.6			
19.10 1989	4.5			

## 6. SNIGSFJORD

### 6.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Snigsfjorden er vist på fig. 6.1. Overflatearealet er ca. 0.75 km<sup>2</sup>. Den har et terskeldyp på ca. 3 m og et største dyp på ca. 35 m. Som årsgjennomsnitt er ferskvannstilførselen ca. 18 m<sup>3</sup>/s. Miljøvernavingens data fra 1978-81 viste at kritiske oksygenforhold med dannelse av hydrogen sulfid var vanlig under 10-12 m dyp (Molvær 1982).

Totalbelastningen på Snigsfjorden er anslått til ca. 220 tonn nitrogen og 5.5 tonn fosfor pr. år (Baalsrud et al. 1991). Hovedutslippet fra Vigeland ble ført utenfor terskelen i juni 1989.

Analyseprogrammet var i hovedtrekk som for Flekkefjordområdet (jfr. kap. 3.1). Prøver ble tatt:

Tabell 6.1 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Snigsfjord.

810625	850620	861014
810706	850724	870910
820607	850923	890111
830614	860625	891007
840717	860819	

## 6.2 Tilstand og utviklingstrekk.

Resultatet av oksygenmålinger ned til 20 m dyp i indre del av Snigsfjorden er vist i fig. 6.2. Prøver har også blitt innsamlet fra 30 m og delvis 35 m dyp, men vanligvis uten registrering av oksygen.

Konsentrasjonene varierer mye som følge av varierende vannutskiftning, men det framgår tydelig at tilstanden forverres raskt under ca. 6-7 m dyp. Kritiske forhold opptrer stadig i 9-10 m dyp, og fra 13-15 m dyp er hydrogensulfid vanlig. Bare sommeren 1984 har det blitt registrert så stor dypvannsfornyelse at man kunne måle oksygen ( $0.8 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ) i 25 m dyp. Da fant man til gjengjeld den "klassiske" situasjon med gammelt oksygenfattig dypvann høyere oppe i vannsøylen - i dette tilfelle hydrogensulfid i 10-15 m dyp (jfr. fig. 2.1). Det er interessant å legge merke til at Snigsfjorden ikke fikk sitt dypvann fornyet i januar-februar 1989, i motsetning til mange andre fjorder langs Sørlandskysten (bl.a. Trysfjord).

I juni 1933 ble det funnet  $1.5 \text{ mlO}_2/\text{l}$  i 30 m dyp i fjorden (Strøm 1936). Imidlertid var dette sannsynligvis resultat av en nylig, omfattende dypvannsfornyelse (jfr. fig. 8.2 som viser dypvannsfornyelse i indre Trysfjord). I dag er oksygenvikt med kritiske forhold under ca. 10 m dyp vanlig i Snigsfjorden. Bruk av samme datamodell som ble anvendt på fjordene ved Flekkefjord (Aure og Stigebrandt, 1989), gir et naturgitte oksygenforbruket på ca.  $0.9 \text{ mlO}_2/\text{måned}$ . Oksygenforbruket i 8-10 m dyp under stagnasjonsperioden i juli-september 1985 var  $1.2 - 1.7 \text{ mlO}_2/\text{måned}$ , dvs. betydelig høyere enn man skulle vente. Man kan konkludere at oksygenforbruket sannsynligvis er større og tilstanden dårligere enn naturforholdene skulle tilsi.

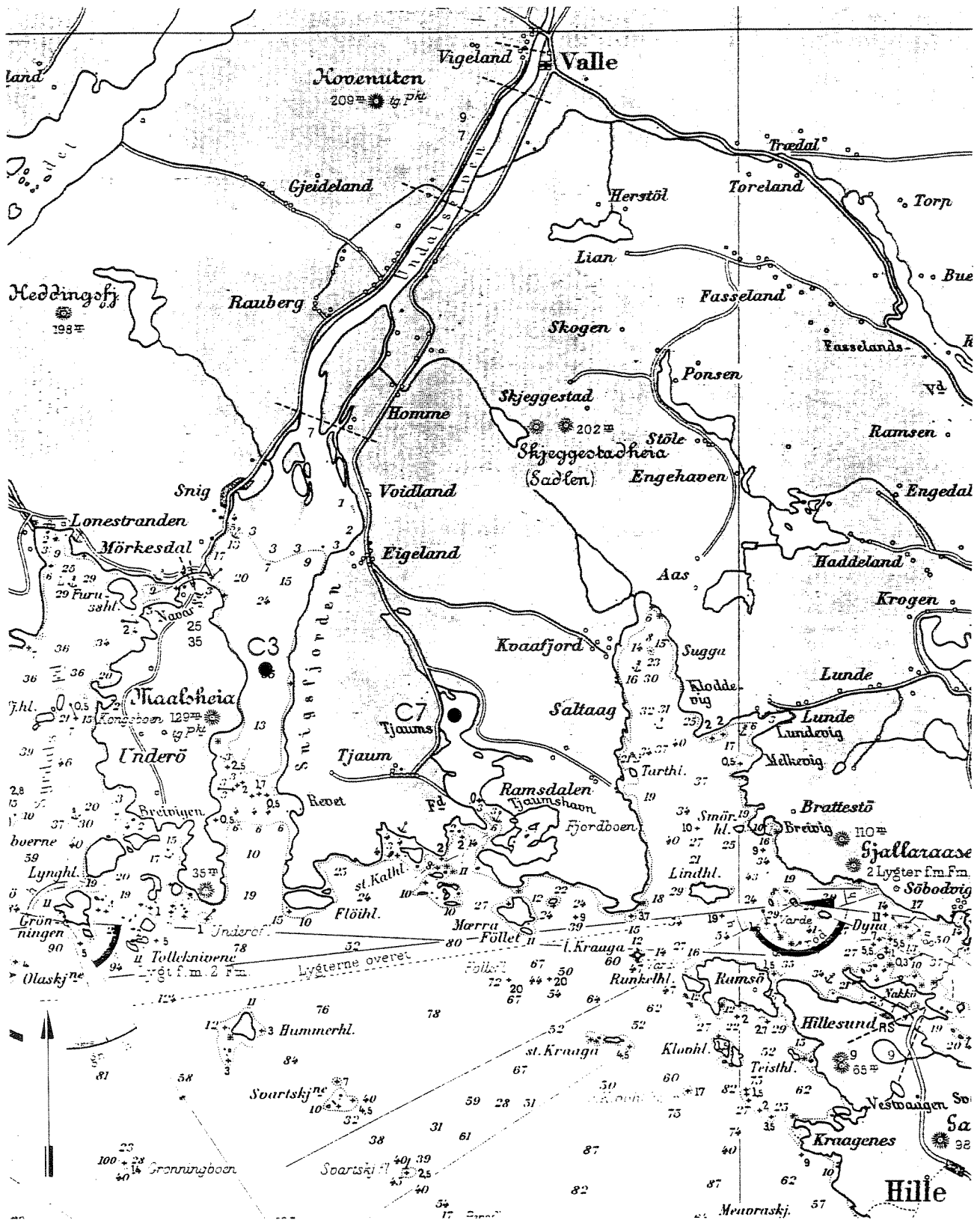


Fig. 6.1 Hydrokjemiske stasjoner i Snigsfjorden.

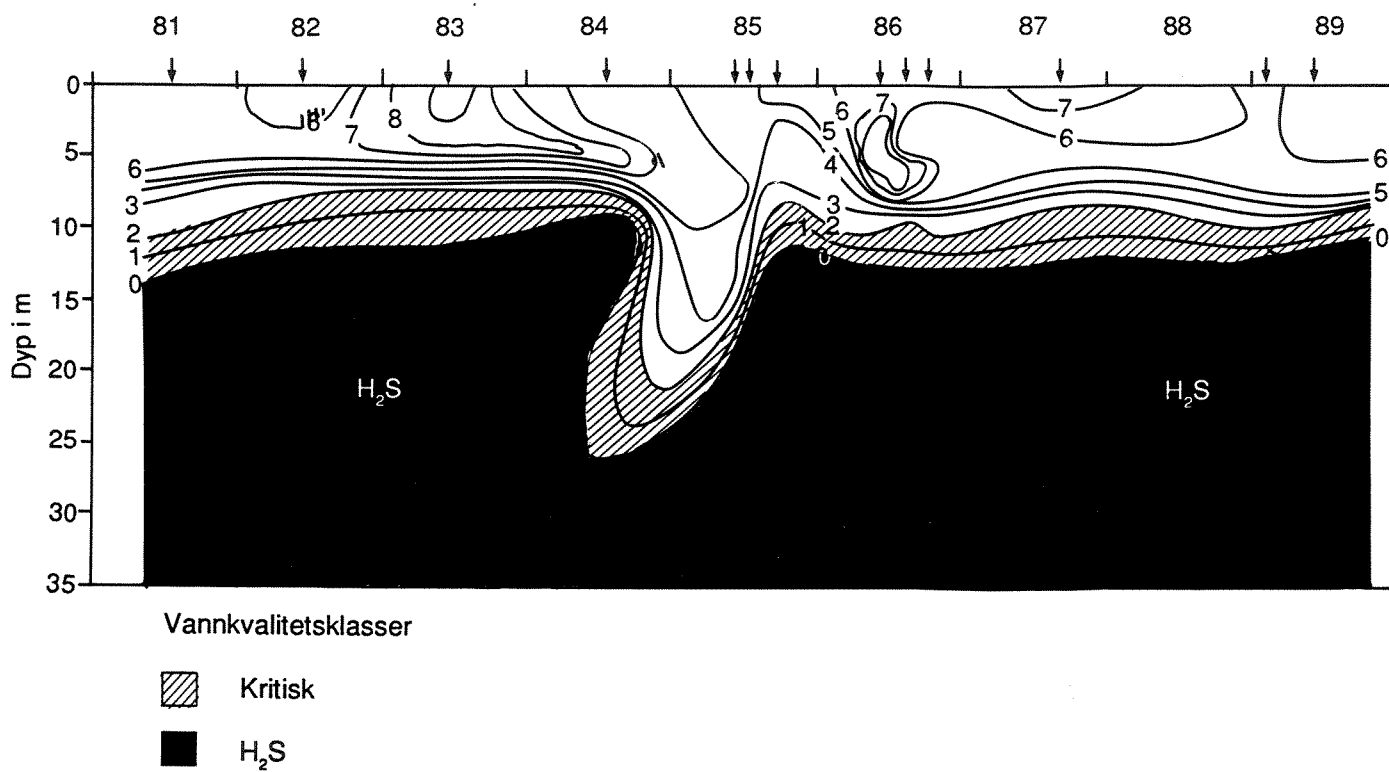


Fig. 6.2 Oksygenmålinger ned til 20 m dyp i indre del av Snigsfjorden, st. C3.

## 7. HØLLEFJORDEN

### 7.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Høllefjorden med stasjonene A-D framgår av fig. 7.1. Fjorden har ingen terskel av betydning, og bunndypet øker til ca. 37 m dyp ved st. B og omkring 50 m dyp ved st. A.

Ferskvannstilførselen domineres av Songdalselva, som har ca. 8 m<sup>3</sup>/s som årgjennomsnitt. Fjordens totale belastning med næringssalter og organisk stoff er ikke kjent, men Kroglund og Hindar (1991) har anslått årstransporten fra Songdalselva til Høllefjorden til 1.7 tonn fosfor og 185 tonn nitrat. Det har foregått en gradvis overføring av kommunal kloakk til et mekanisk renseanlegg (etablert 1981/82) med utslipp på 35 m dyp ved Saltholmen (i området ved st. B). Ved slutten av 1989 var 9000 p.e. tilknyttet, med en anslått årlig tilførsel av ca. 5 tonn fosfor og 35 tonn nitrogen. Kjemisk rensing ble gjennomført fra mars 1990. Avløpsvannet vil bli innlagret i varierende dyp, og bare i mindre grad innblandet i overflatelaget.

Inntil 1991 var det et restutslipp på 300-400 p.e. til elva ca. 1 km oppstrøms utløpet. Langs vassdraget ligger også en del landbruksarealer. I tidsrommet 1981-86 ble ca. 30.000 tonn leire tillatt dumpet ved Kjeholmen, sør for st. B.

Prøver er innsamlet i litt varierende omfang for de forskjellige stasjonene, mest ved st. A. og minst ved st. C og st. D. Stasjon A er besøkt ved følgende tidspunkt:

Tabell 7.1 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Høllefjorden.

830706	870715	880915
830830	870812	890614
850703	870916	890712
850821	880622	890816
860820	880720	890913
870617	880817	

Analyseprogrammet tilsvarer det som tidligere er beskrevet i forbindelse med bl.a. Flekkefjordområdet.

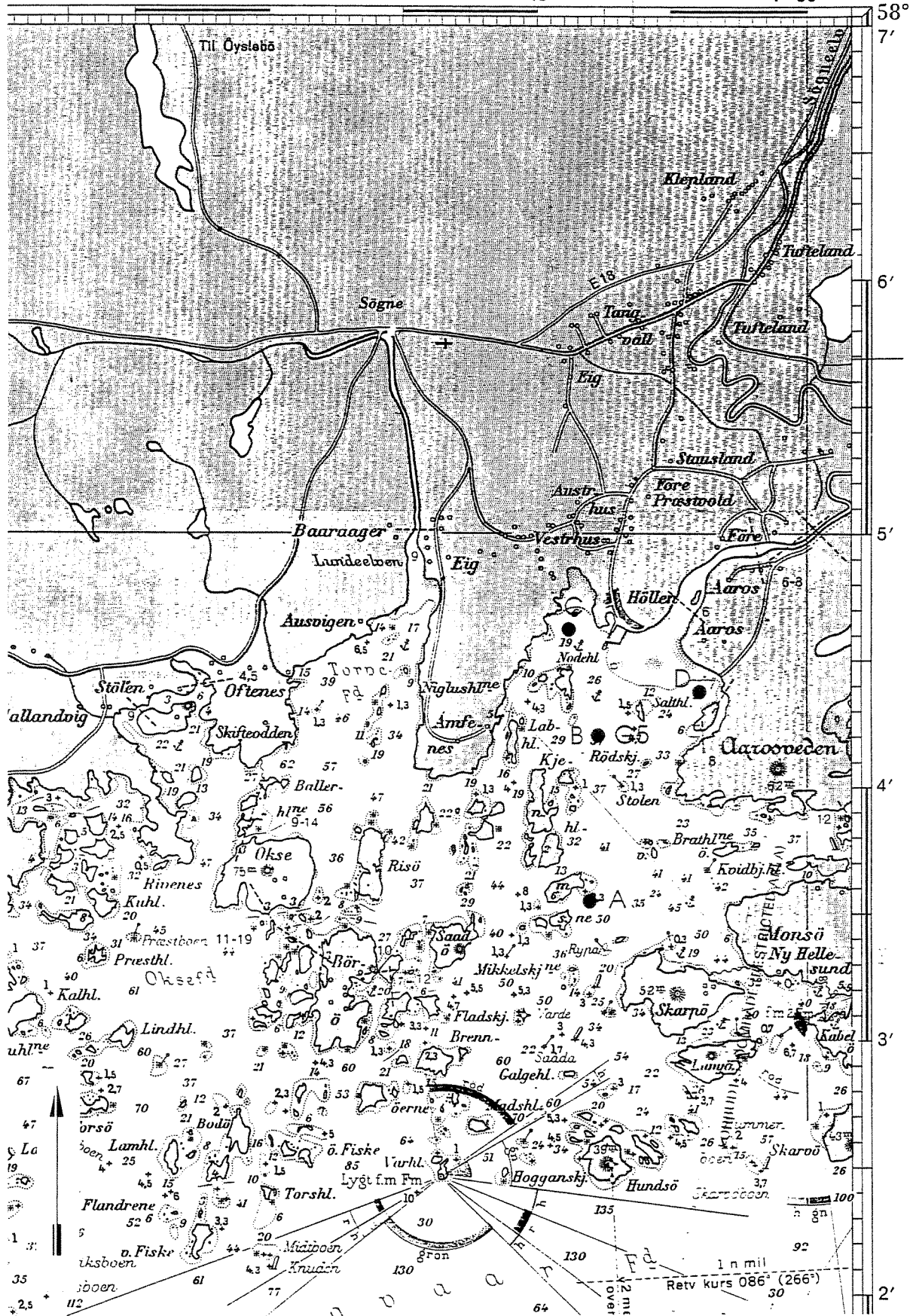


Fig. 7.1 Hydrokjemistasjoner i Høllefjorden.

## 7.2 Tilstand og utviklingstrekk

### Oksygenforhold

Stasjonene C og D ligger så grunt at det er liten grunn til å vente reduserte oksygenkonsentrasjoner ved bunnen. Resultatene bekrefter også dette, med alle verdier høyere enn 4 mlO<sub>2</sub>/l.

Stasjonene A og B ligger dypere, og i nærheten av kloakkutslippet. Resultatene av oksygenmålingene på disse to stasjonene er vist i fig. 7.2A,B. På st. A opptrer i blant dårlige oksygenforhold i dypvannet om høsten. Særlig betenkelig er målingen i august 1985 da oksygenforholdene må karakteriseres som dårlige helt opp til ca. 20 m dyp, og konsentrasjonen i 60 m var så lav som 2.1 mlO<sub>2</sub>/l.

Målingene gir ikke grunnlag for å si at tilstanden ble forverret eller forbedret gjennom 1980-årene.

Også på st. B var det dårlige oksygenforhold (3.3 mlO<sub>2</sub>/l) i august 1985. Ellers ble det ikke på noe tidspunkt målt lavere konsentrasjon enn 4.5 mlO<sub>2</sub>/l, som ansees som tilfredsstillende for marine organismer.

### Næringssalter.

Konsentrasjonene av total nitrogen og total fosfor for st. A og B er vist i fig. 7.3A,B for dypene 0.5 m<sup>1</sup>, 5 m og 10 m.

For begge stoffene opptrer store variasjoner, men et gjennomgående trekk er forholdsvis høye maksimumkonsentrasjoner. Videre er det tegn til at konsentrasjonen av fosfor har økt opp gjennom 80-årene, i første rekke på st. A etter ca. 1985. Årsaken kan være den økte belastningen fra kommunal kloakk, uten at det kan sies sikkert.

Målingene i 15 m dyp viser enkelte spesielt høye fosforverdier, og forklaringen kan være at prøvene da har blitt tatt fra det dypet der avløpsvannet fra utslippet ved Saltholmen blir innlagret.

---

<sup>1</sup> Både data fra 0 m og 0.5 m



For nitrogens vedkommende er trenden heller det motsatte, med tendens til avtakende konsentrasjoner - også i overflaten . Dette er litt overraskende sett i lys av den generelle tendensen til økte nitrogenkonsentrasjoner i sør-norske vassdrag. Vi vet imidlertid ikke med sikkerhet om dette også gjelder Songdalselva.

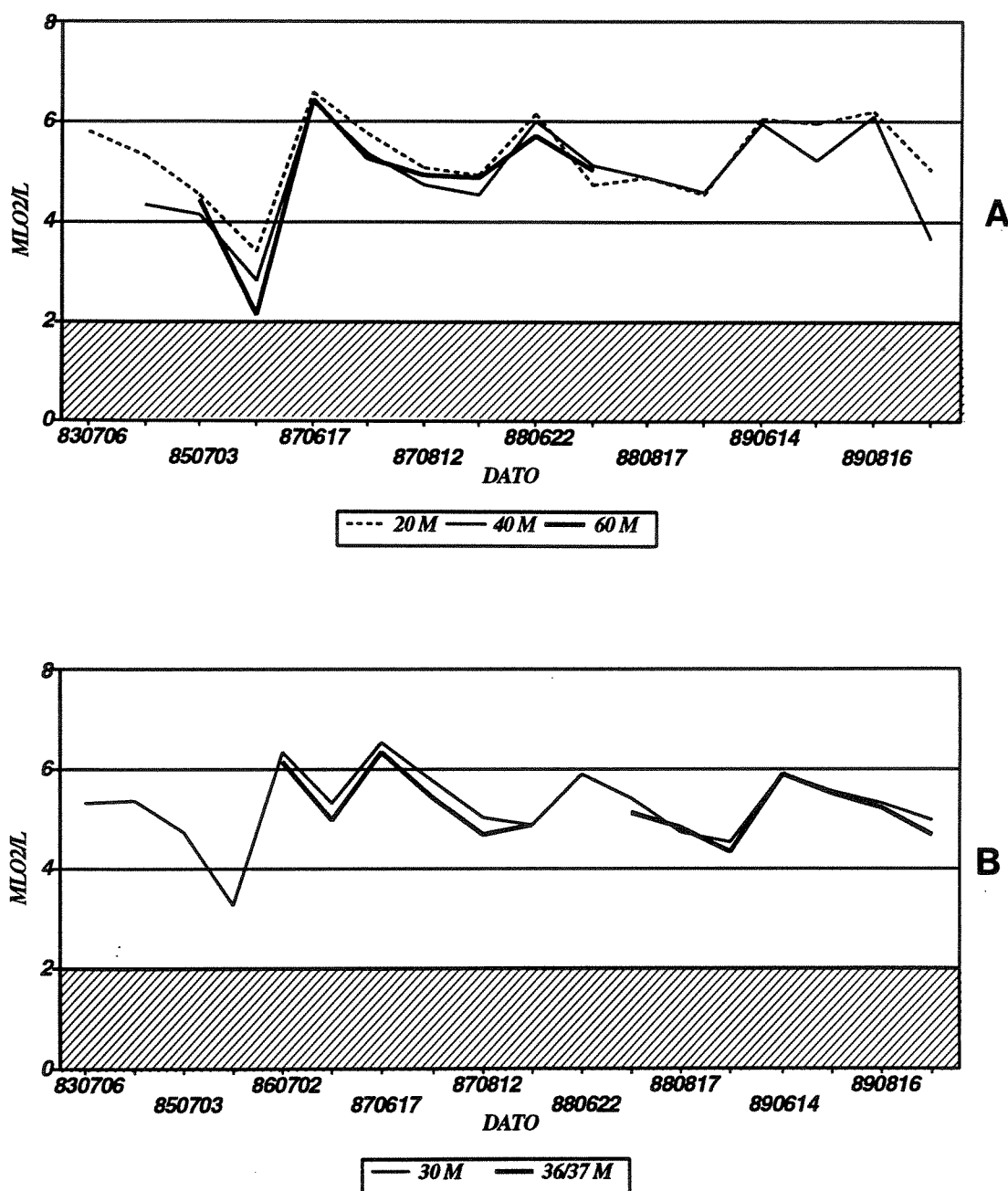


Fig. 7.2. Høllefjorden. Oksygenmålinger i dypvannet. Skravur angir kritisk nivå.

A: st. A.

B: st. B.

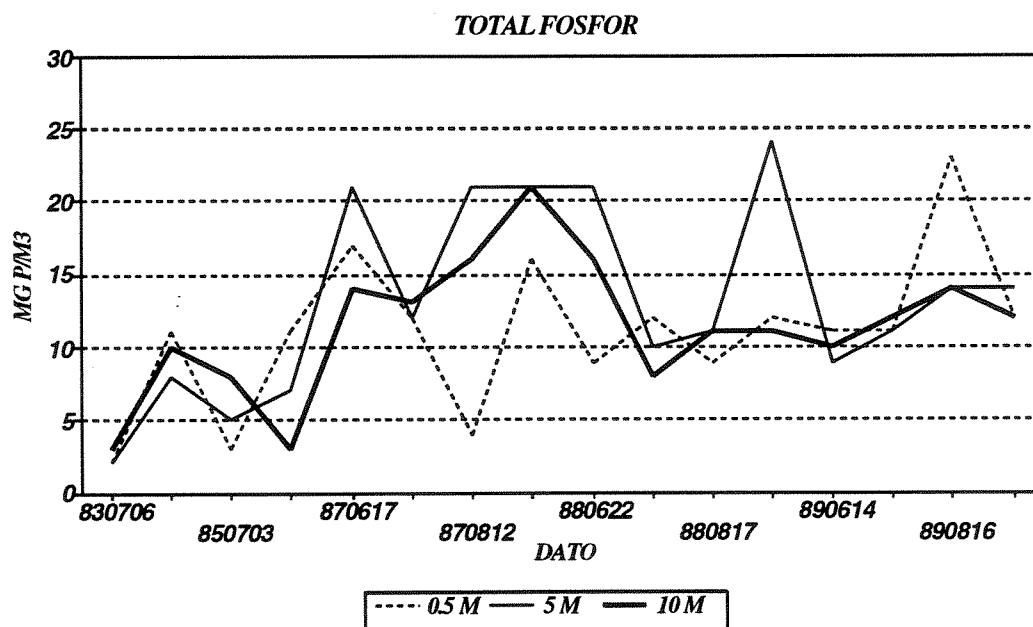
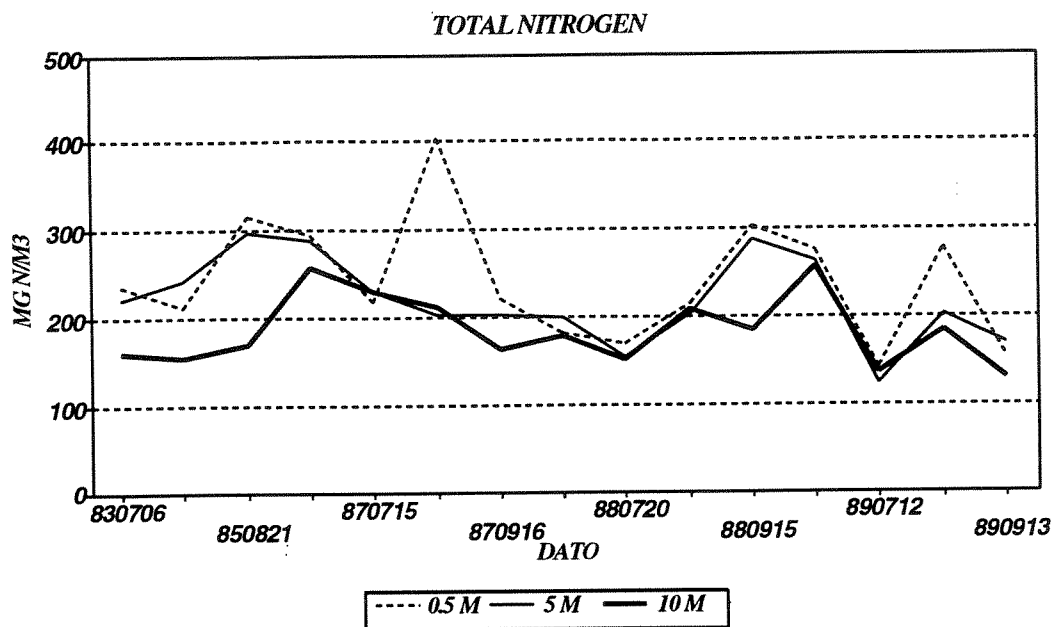


Fig. 7.3A. Høllefjorden. Målinger av total nitrogen og total fosfor ned til 10 m dyp på st. A. Merk at det er konstant avstand mellom målingene på tidsaksen.

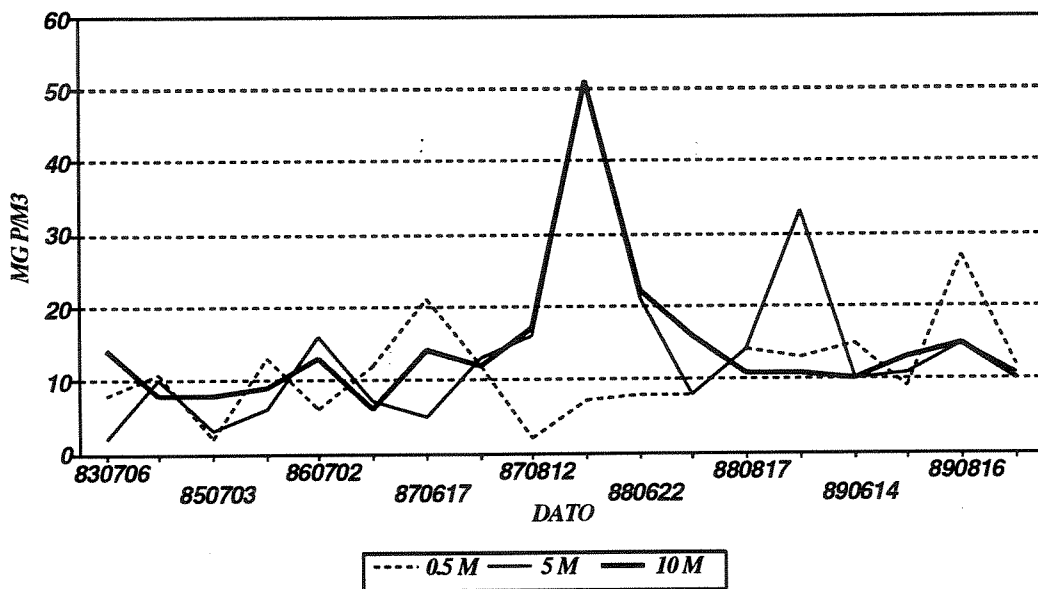
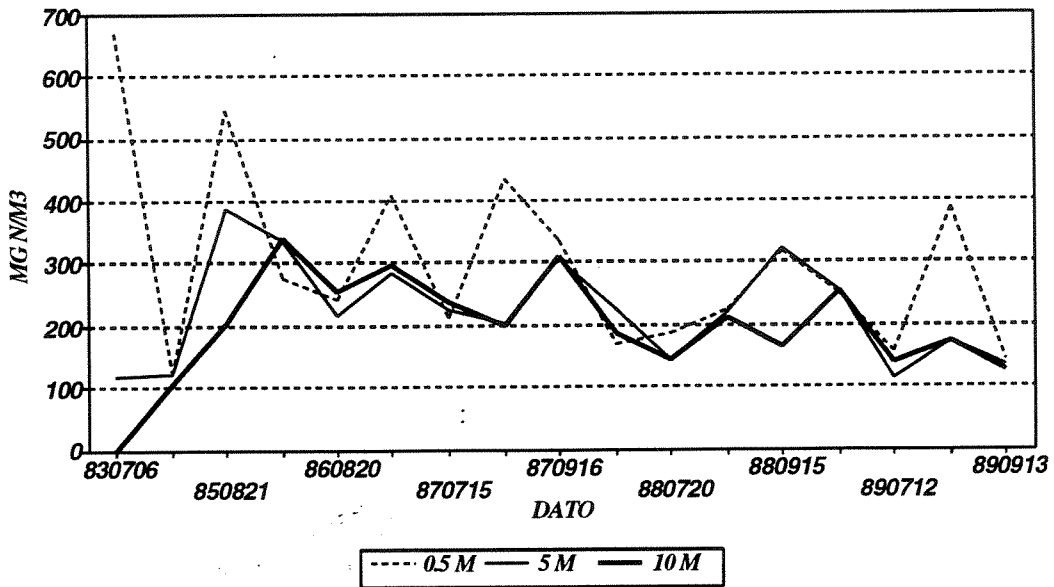


Fig. 7.3B. Høllefjorden. Målinger av total nitrogen og total fosfor ned til 10 m dyp på st. B. Merk at det er konstant avstand mellom målingene på tidsaksen.

## 8. TRYSFJORD

### 8.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Trysfjorden er vist på fig. 8.1. Forbindelsen mot havet går over en ca. 10 m dyp terskel. Selve fjorden kan inndeles i to bassenger. Ytre Trysfjord har overflateareal på ca. 0.8 km<sup>2</sup>, mens indre Trysfjords overflate er ca. 1.9 km<sup>2</sup>. Begge bassenger har et største dyp på ca. 85 m. De har forbindelse gjennom et smalt parti hvor ca. 5 m er største dyp.

Det er noe spredt bebyggelse rundt fjorden. Tilførslene av nitrogen og fosfor pr. år er beregnet til henholdsvis ca. 7.5 tonn/nitrogen og 0.8 tonn fosfor (Baalsrud et al. 1991). Tidligere lå et sagbruk på Holmen, og flisrester fra dette finnes i bunnsedimentene i området omkring (Oug, 1990).

Allerede Strøm (1936) viste at i 70-80 m dyp var Ytre Trysfjord preget av kritiske oksygenforhold, med periodevis utvikling av hydrogensulfid (Tabell 8.1). I Indre Trysfjord var det hydrogensulfid opp til ca. 40 m og kritiske forhold under ca. 35 m dyp mot slutten av en stagnasjonsperiode i 1933. Under den etterfølgende delvise dypvannsfornyelse ble råttent vann løftet opp til ca. 15 m dyp (Tabell 8.1).

Ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen, finnes hydrografiske målinger fra Indre Trysfjord for årene 1925-39 og for 1945-61, alle år fra september. Resultatene er kort presentert og kommentert av Bøhle et al. (1989 og 1990). De konkluderer med at i disse tidsrommene kan utskiftninger av bunnvannet ha funnet sted med 5-10 års mellomrom.

Molvær (1982) gjennomgikk Fylkesmannens data fra 1979-80 og påviste kritiske oksygenforhold helt opp til ca. 12 m dyp. Dette var sannsynligvis resultat av en forutgående dypvannsfornyelse. Bøhle et al. (1990) tok også for seg forholdene under den omfattende dypvannsfornyelse vinteren 1988/89 - det samme gjorde Oug (1989), som også inkluderte undersøkelser av bunnfauna.

Tidspunktene for Miljøvernaveidningens prøvetaking framgår av tabell 8.2.

Målingene omfatter i alt vesentlig samme standard måledyp og parametre som tidligere er omtalt under gjennomgangen av data fra Flekkefjordområdet.

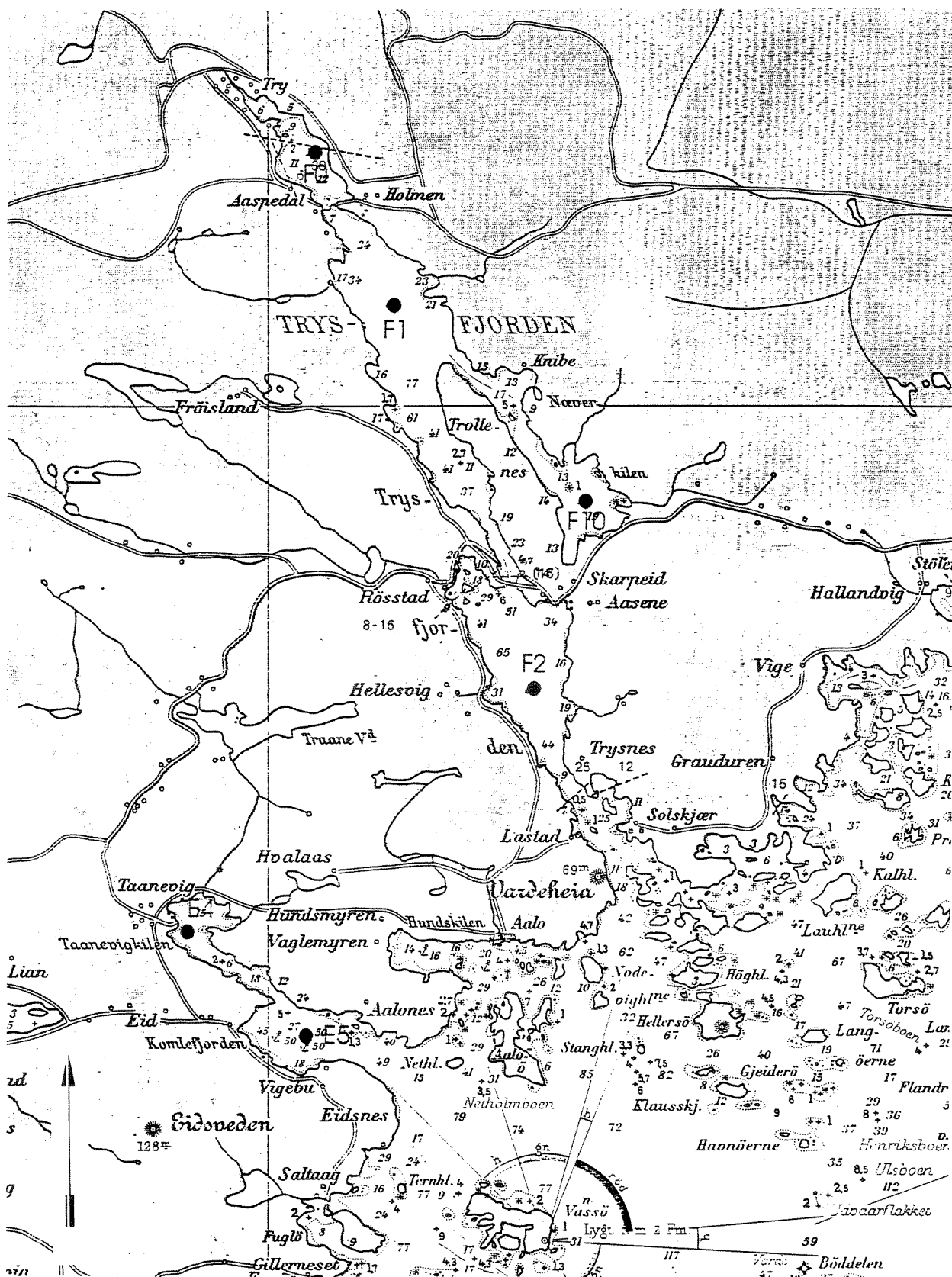


Fig. 8.1 Hydrokjemistasjoner i Trysfjord.

*Ytre Trysfjord, June 9. 1933.*  
*Depth at sample spot 83 ms.*

m	T	S	$\sigma_t$	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> diff.	O <sub>2</sub> pct.	pH
1	15.29	27.41	20.11	7.40	+ 1.30	121.2	8.16
5	14.25	-	-	-	-	-	-
10	7.13	30.75	24.09	7.81	+ 0.79	111.2	8.02
20	6.42	33.35	26.22	6.67	- 0.32	95.4	7.95
40	5.94	34.23	27.08	4.50	- 2.52	64.1	7.92
78	6.13	34.42	27.09	2.28	- 4.71	32.6	7.36

*Indre Trysfjord, June 9. 1933.*  
*Depth at sample spot 85 ms.*

m	T	S	$\sigma_t$	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> diff.	O <sub>2</sub> pct.	H <sub>2</sub> S	pH
1	17.77	ca. 25?	ca. 17.7	7.28	+ 1.43	124.5	0	8.21
10	9.14	33.33	25.81	5.73	- 0.86	87.0	0	7.95
20	6.78	33.75	26.49	0	- 7.44	0	1.04	7.21
40	6.59	33.75	26.52	0.78	- 6.17	11.2	0	7.26
80	6.55	33.80	26.57	0	- 9.48	0	5.05	7.26

Tabell 8.1 Hydrokjemiske målinger i ytre og indre Trysfjord i 1933 (fra Strøm, 1936).

Tabell 8.2 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Trysfjord 1984-89.

840821	890506
870915	890620
890105	890826
890316	891014

## 8.2 Tilstand og utviklingstrekk i 70- og 80-årene.

### Ytre Trysfjord:

Fig. 8.2A,B viser resultater fra oksygenmålingene i 5-75 m dyp. Allerede i ca. 20 m dyp opptrer dårlige oksygenforhold ( $<3.5 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ). De fallende konsentrasjonene høsten 1989 tyder på at man allerede så høyt i vannmassen kan risikere konsentrasjoner under  $2 \text{ mlO}_2/\text{l}$  mot slutten av lengre stagnasjonsperioder om høsten. Ut fra prøver av bunnfaunaen i februar 1989 konkluderte imidlertid Oug (1990) at miljøforholdene var gode i hvert fall ned til 25 m dyp.

Det som i alle fall er sikkert er at oksygenforholdene i 20-30 m dyp periodevis kan være nær det intervallet der man vil vente begynnende effekter på bunnfaunaen ( $<2 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ) - og dermed at man har små marginer før bunnfaunaen rammes.

Som ventet viser målingene i 40 - 75 m dyp en markert oksygensvikt. Dataene fra 40 m viser at det fram til slutten av februar 1979 foregikk en delvis dypvannfornyelse, som ikke i vesentlig grad berørte vannmassene i 60-70 m dyp. Dataene fra 1987 tyder likedan på en eller flere slike intermediære utskiftninger hadde funnet sted i løpet av 1. halvår.

Dataene fra 1989 er spesielt interessante. For det første viser de en fullstendig oksygensvikt i 40 m dyp ved årsskiftet. De relativt høye konsentrasjonene i mai er videre resultatet at den fullstendige dypvannfornyelsen i fjordområdet som fant sted i 2. halvdel av januar (Bøhle et al. 1990, Oug 1990). I tillegg er det bemerkelsesverdig høyt oksygenforbruk. I tidsrommet mai - juni avtok oksygenkonsentrasjonen i 75 m dyp med ca.  $1.3 \text{ ml/mnd}$ . Dette er ca. dobbelt så høyt som for Lafjorden. Tilførslene av næringssalter og organisk stoff er imidlertid ikke spesielt store - regnet for hele året. Noen sannsynlige forklaringer til dette oksygenforbruket er:

- oksydasjon av hydrogensulfid, og nedbrytning av organisk materiale lagret i bunnsedimentene. Denne effekten har under alle omstendigheter vært tilstede.
- en periode med stor tilførsel av organisk materiale fra land.
- en stor algeoppblomstring utenfor fjorden har brakt mye organisk materiale inn i Trysfjord gjennom den vanlige vannutvekslingen med kystvannet.
- opphvirvling av organisk materiale fra grunnere områder har medført økt tilførsel til dypvannet.

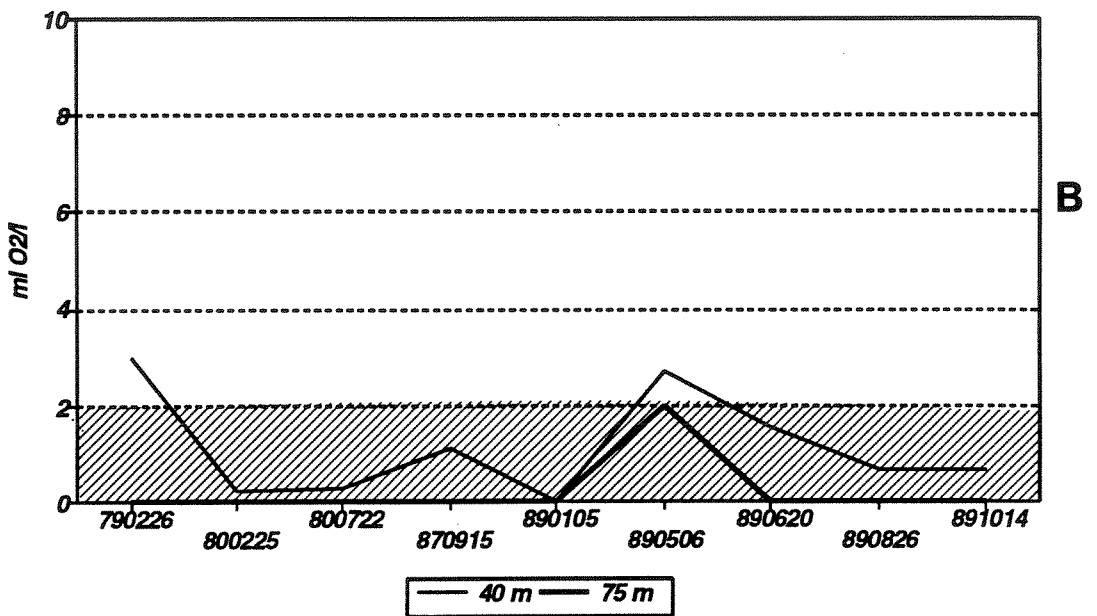
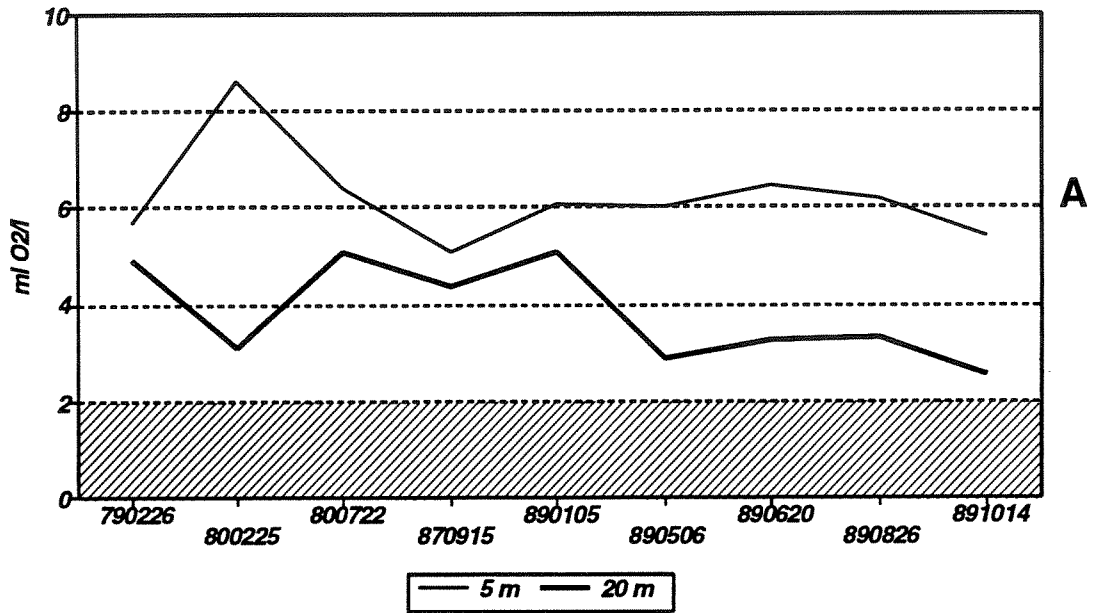


Fig. 8.2 Oksygenforhold i Ytre Trysfjord. Skravur angir kritisk nivå.  
 A: 5 m og 20 m dyp  
 B: 40 m og 75 m dyp



Hvilken kombinasjon av faktorer som i dette tilfelle er årsaken, kan ikke sies med sikkerhet.

Det er vanskelig å avgjøre om oksygenforholdene i Ytre Trysfjord på 80-tallet er dårligere enn det som Strøm (1936) observerte på 30-tallet. Det høye oksygenforbruket som nå registreres i fjordens dypvann samt at det etter dypvannsfornyelser i 1927-28 og 1933 gikk mer enn 1 år før oksygenet var oppbrukt, tyder imidlertid klart på en forverring.

### **Indre Trysfjord**

Som tidligere nevnt foregikk en stor vannutskiftning vinteren 1989, og det framgår også klart av figur 8.3. Figuren illustrerer i hovedsak samme situasjon som tabell 8.1 viser sommeren 1933, der det gamle "råtne" dypvannet presses opp av nytt, tungt kystvann som kommer inn over terskelen og strømmer ned i fjordbassenget.

Fig. 8.4A,B viser resultatene fra oksygenmålinger i utvalgte dyp mellom 5-60 m dyp. Dataene kan inndeles i to: tidsrommet før 1989 og 1989. Av de 5 målingene før 1989 ser vi at periodevis kritiske oksygenforhold opptrer allerede i ca. 10 m dyp, og i 20 m dyp har det blitt registrert hydrogensulfid (august 1984). Fig. 8.4B viser utviklingen etter utskiftningen vinteren 1989 var avsluttet, fram til oktober. Stort oksygenforbruk gjorde at man allerede i slutten av juni var nær null i hele vannmassen under 30 m, og i august var det altså hydrogensulfid helt opp til 20 m dyp.

Vi har ikke data for noenlunde sikkert kunne anslå hvor ofte slike store dypvannsfornyelser forekommer i Indre Trysfjord, men fig. 8.4B viser at det også vinteren 1979 har foregått en dypvannsfornyelse. Av dette kan man kanskje anta et tidsrom på 5-10 år mellom de større fornyelsene av dypvannet i Trysfjord. Mindre innstrømninger som kan gi en delvis fornyelse, vil forekomme langt oftere.

På samme vis som for Ytre Trysfjord er det nokså svakt grunnlag for å sammenligne vi oksygenforholdene på 80-tallet med de tidligere omtalte data fra 1933-34. På 80-tallet var det bl.a. vedvarende kritiske oksygenforhold allerede i 15-20 m dyp, iblant med hydrogensulfid allerede i 20 m dyp. Strøms data fra 30-tallet tyder på at de tilsvarende "grenseflater" kanskje lå så mye som 15-20 m dypere. Usikkerheten tatt i betraktning mener vi likevel at oksygenforholdene på 80-tallet sannsynligvis var markert dårligere på 30-tallet.

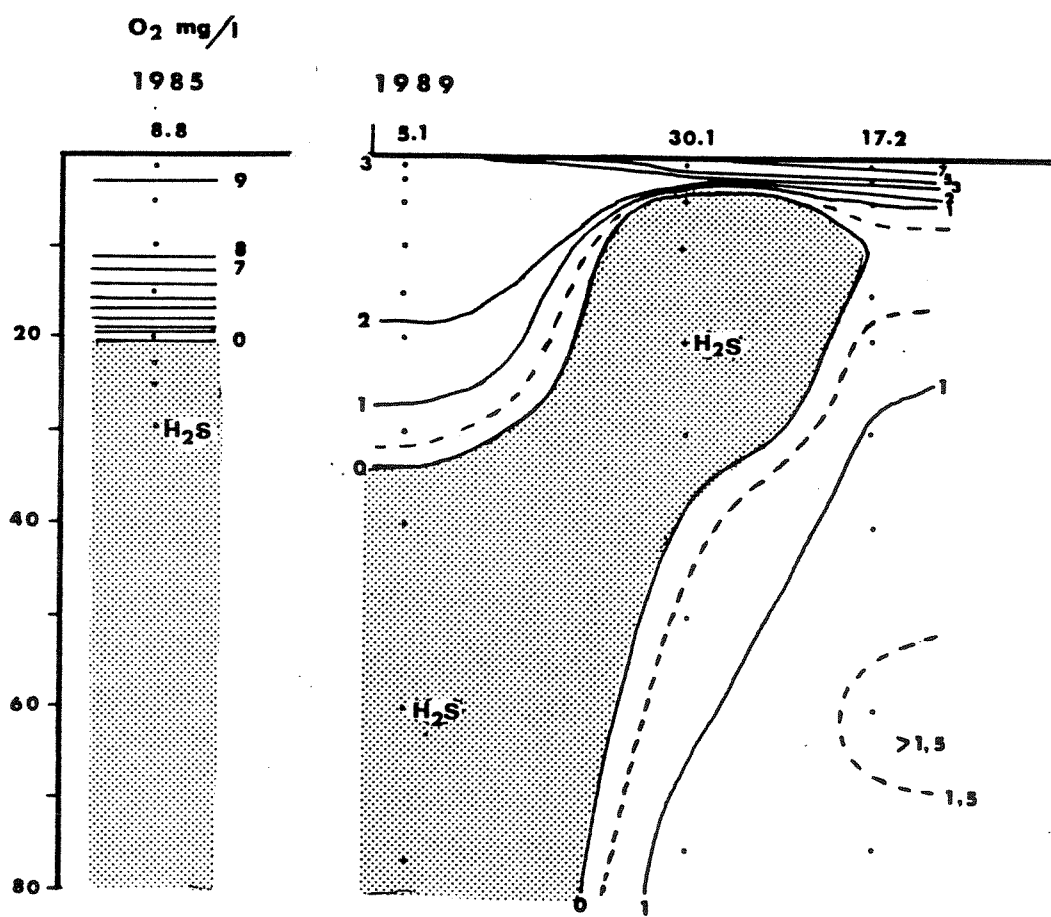


Fig. 8.3 Indre Trysfjord. Oksygenisopleter ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ) for januar og februar 1989. 5.1: Agder distriktshøgskole, 30.1: Statens biologiske stasjon Flødevigen (Bøhle et al., 1989), 17.2: NIVA. Oksygenforholdene i august 1985 (Bøhle, 1986) er vist for sammenligning (etter Oug, 1989).

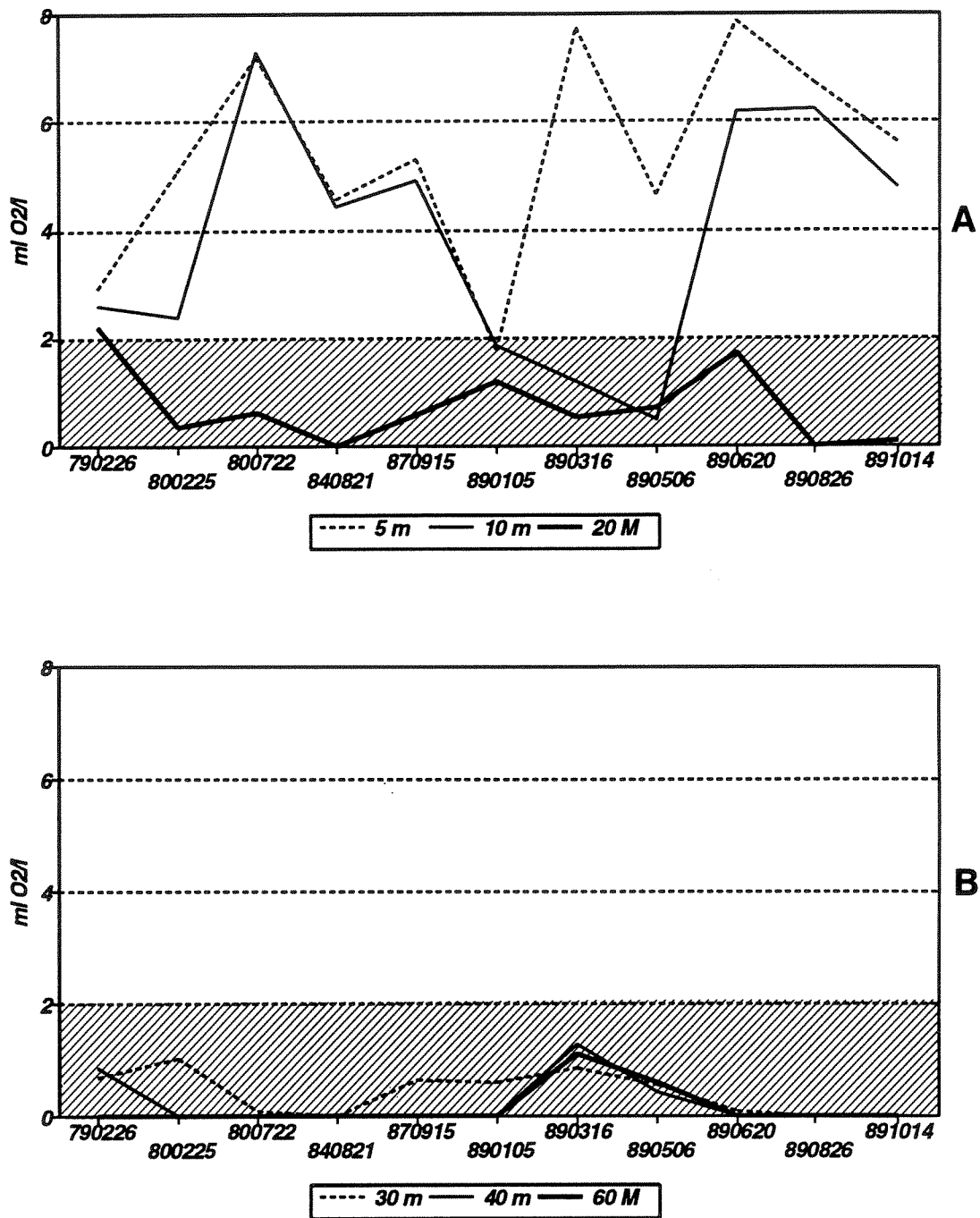


Fig. 8.4 Oksygenforhold i Indre Trysfjord. Skravur angir kritisk nivå.

A: 5 m, 10 m og 20 m dyp

B: 30 m, 40 m og 60 m dyp

## 9. GRØNSFJORD OG LENEFJORD

### 9.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Grønsfjorden er vist på fig. 9.1. Terskeldyp antas å være ca. 30 m og største dyp ca. 200 m.

Lenefjorden ligger innenfor Grønsfjorden, og har terskeldyp på 3 m og 240 m som største dyp i bassenget innenfor (fig. 9.1). I en fjord som denne må man vente at vannutskiftningen er liten og oksygenforholdene i dypvannet blir kritiske. Vi vil vurdere prøver fra følgende tidspunkt (tabell 9.1):

Tabell 9.1 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Grønsfjord - Lenefjord.

781110	890111
800725	890504
810629	890615
830614	891008
870910	

I alt 9 prøveserier, hvorav fem fra sommerhalvåret.

### 9.2 Tilstand og utviklingstrekk

#### Lenefjorden.

Miljøvernavdelingens data for tidsrommet 1978-81 viste kritiske oksygenforhold (<2 mlO<sub>2</sub>/l) under 15-30 m dyp. I november 1978 fant man hydrogensulfid i hele vannmassen mellom 20 m og 240 m (Molvær 1982).

Hovedtrekkene for oksygenmålingene i 1981-89 er sammenfattet i fig. 9.2.

De viser at det foregikk en delvis vannutskiftning forut for prøveinnsamlingen sommeren 1981. Sommeren 1980, 1983 og høsten 1987 var forholdene forholdsvis like, med kritiske oksygenforhold under ca. 12-15 m dyp og hydrogensulfid opp til 40-50 m dyp. Målingene tatt senhøstes i 1978 og 1989 viser dårligere forhold, som kan skyldes at målingene er tatt på et senere tidspunkt i året.

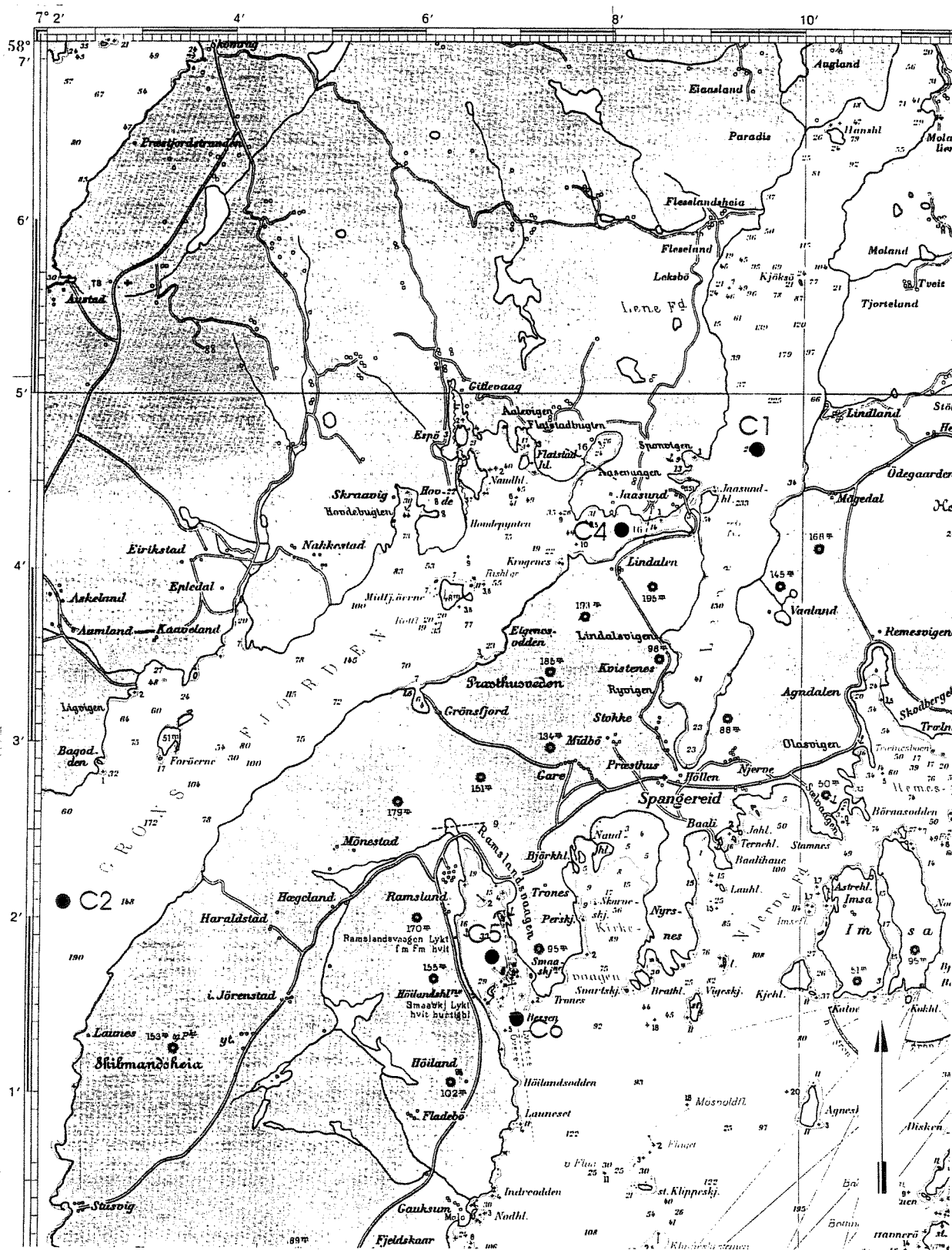


Fig. 9.1 Hydrokjemistasjoner i Grønsfjord, Lenefjord og Ramslandsvågen.

Strøm (1936) gjengir data fra juni 1933, der oksygenkonsentrasjonen var 0.55 mlO<sub>2</sub>/l i 40 m dyp, og med 3 mlH<sub>2</sub>S/l i 100 m dyp. Ingen målinger ble tatt mellom disse to dypene. Dette er noenlunde samme situasjon som er påvist på 80-tallet, og man kan ikke konkludere med at tilstanden har endret seg i noen retning de siste 50-60 år.

### Grønsfjorden.

I Grønsfjord har det hele tiden blitt registrert gode oksygenforhold. Laveste konsentrasjon var 4.1 mlO<sub>2</sub>/l i mars 1980. Dette tilsvarte 56% metning. I oktober 1989 ble det målt 4.4 mlO<sub>2</sub>/l i 180 m dyp. Til å være en ca. 200 m dyp fjord med terskel omkring 30 m, må dette regnes for å være overraskende gode forhold. Årsaken må være god vannskiftning som følge av nærhet til kystvannet kombinert med liten belastning med organisk materiale i bunnvannet. Sannsynligvis blir en stor del av det organiske materialet fra planteplanktonet nedbrutt i de øverste 100 m av vannmassen, og belaster dermed ikke den nederste, mest sårbare delen av dypvannet.

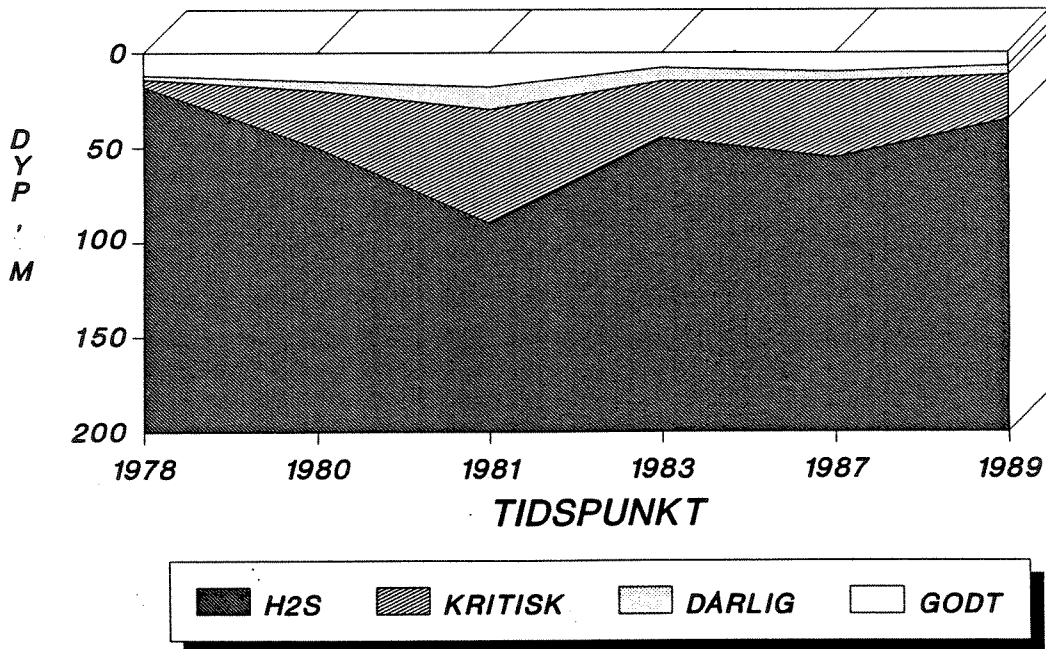


Fig. 9.2 Oksygenforhold i Lenefjorden.

## 10. RAMSLANDSVÅGEN

### 10.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Ramslandsvågen med stasjoner framgår av fig. 9.1, side 49. Overflatearealet er ca. 0.85 km<sup>2</sup>. Vågen er ca. 40 m dyp på det dypeste, med et trangt innløp med største dyp ca. 15 m. Videre utover faller bunnen jevnt mot dyp på over 100 m. Som følge av liten vannutskifting vil vågens dypvann være sårbart for belastning med organisk materiale. Vannutskifting og strømningsforhold i vågen har vært undersøkt av NIVA (NIVA, 1971) og A/S Miljøplan (Miljøplan, 1982).

Den nåværende belastning med næringssalter og organisk materiale er beregnet til ca. 1.5 tonn nitrogen og 0.06 tonn fosfor pr. år (Baalsrud et al. 1991). Inntil 1986 hadde Nyegaard & Co. et utslipp av organisk materiale tilsvarende 900 tonn/år, målt som KOF. Grovt regnet tilsvarte det ca. 28.000 pe. I 1986 ble utslippet flyttet til 40 m dyp utenfor Ramslandsvågen.

Prøver er innsamlet på følgende tidspunkt:

Tabell 10.1 Tidspunkt for prøveinnsamling i Ramslandsvågen.

810701	870910
820607	890111
830614	891008

Analyseprogrammet tilsvare det som tidligere er beskrevet i forbindelse med bl.a. Flekkefjordområdet.

### 10.2 Tilstand og utviklingstrekk

Resultatene av oksygenmålingene er vist i fig. 10.1. Vi finner bl.a. igjen vannutskiftingen i januar-februar 1989. Målingene viser imidlertid periodevis markert oksygenvikt i Ramslandsvågens dypvann. Høsten 1987 og høsten 1989 ble kritiske forhold ( $< 2 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ) påvist i henholdsvis ca. 24 m og ca. 22 m dyp. Ved de samme

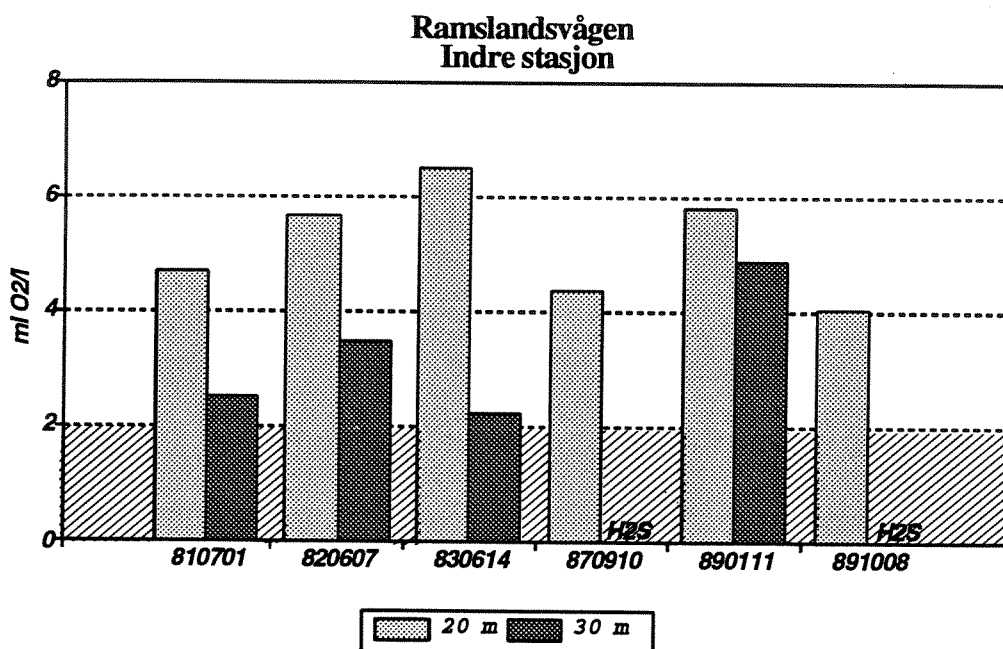


Fig. 10.1 Oksygenmålinger i Ramslandsvågens dypvann. Skravur i konsentrasjonsintervallet 0-2 mlO<sub>2</sub>/l angir kritisk nivå. H<sub>2</sub>S på nedre akse angir tidspunkt med hydrogensulfid i 30 m dyp.

tidspunkt ble hydrogensulfid påvist i henholdsvis 30 m dyp (0.6 mlH<sub>2</sub>S/l) og i 25-30 m dyp (1.2-5.0 mlH<sub>2</sub>S/l).

Målingene høsten 1987 og 1989 viser dårligere forhold enn målinger tatt sommerstid i 1981, 1982 og 1983. Tatt i betraktning av utslippet fra Nyegaard & Co. var flyttet ut fra fjorden i 1986, er dette tilsynelatende overraskende. Årsaken kan imidlertid være at målingene de to sistnevnte årene ble tatt 3-4 måneder senere enn tilfellet var de foregående årene (jfr. diskusjonen av resultat fra Lenefjorden). Forutsatt stagnasjon kan oksygenkonsentrasjonen i det tidsrommet avta betydelig. En direkte sammenligning mellom målingene fra første og annen del av 80-årene behøver derfor ikke å være riktig. Målingene gir ikke grunnlag for sikre konklusjoner mht. utvikling.



## 11. FJORDOMRÅDER VED MANDAL

### 11.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Fjordene ved Mandal med tilhørende hydrokjemistasjoner er vist på fig. 11.1. Deler av området ble undersøkt av NIVA i 1966-67 (Johansen 1968). Siden 1978 har fjordene i vekslende omfang vært overvåket av Fylkesmannens Miljøvernavdeling. Spesielt gjelder dette Bongstøvatn, Rona og Skogsfjorden i forbindelse med fjordrestaurering (Molvær 1982, Stene 1989). Fjordområdet utenfor selve Mandal (Mannefjorden, Strømsvika mv.) ble undersøkt igjen av NIVA i 1989 og 1990 (Oug og medarb., 1990, Molvær 1991).

Det foreliggende datamaterialet omfatter prøver etter 1979. Antall prøveserier varierer fra år til år, og ikke alle stasjoner er besøkt samtidig. Flest prøver har blitt innsamlet i sydøstre del av Skogsfjorden (st. D1, fig. 11.1):

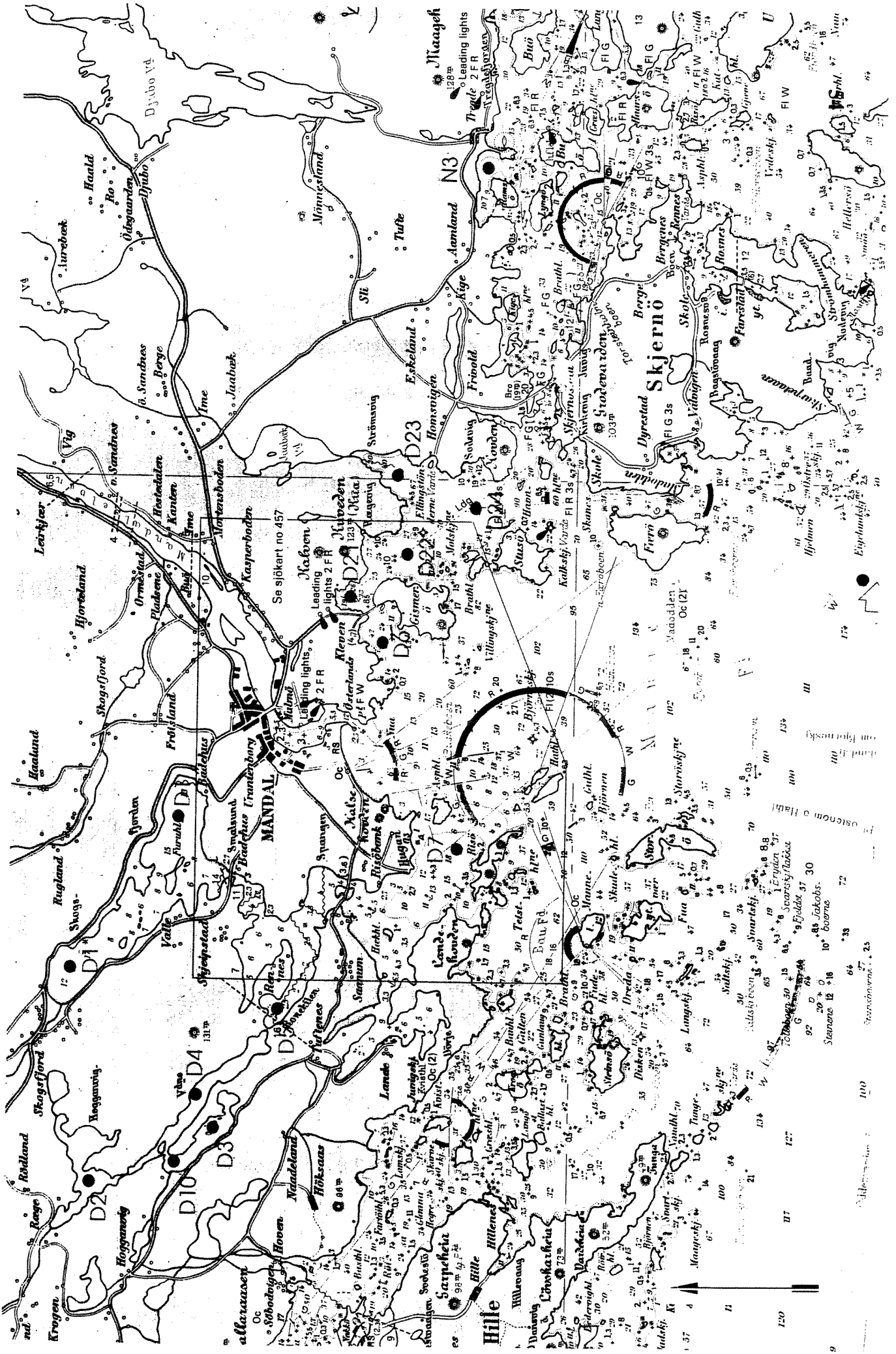
Tabell 11.1 Tidspunkt for prøveinnsamling i fjordene ved Mandal.

23.10.79	16.6.87	13.12.87
7.6.82	10.7.87	6.4.88
16.6.83	26.7.87	19.5.88
27.6.84	5.8.87	1.8.88
21.8.84	17.8.87	20.8.88
25.7.85	7.9.87	24.10.88
7.3.87	16.9.87	4.5.89
22.4.87	27.9.87	10.5.89
20.5.87	31.10.87	26.8.89
2.6.87	15.11.87	

De faste stasjonsdypene og parametre som er målt/analysert er de samme som for Flekkefjord og Farsund. Som det framgår av fig. 11.1 er et stort antall stasjoner besøkt. I denne sammenheng velger vi å prioritere Skogsfjorden, Rona og Bongstøvatn.

Fig. 11.1

Hydrokjemistasjoner ved Mandal



## 11.2 Tilstand og utviklingstrekk

### Skogsfjorden.

Fjordens overflateareal er ca. 1.2 km<sup>2</sup> og vannvolumet ca. 6.4 millioner m<sup>3</sup>. I nordvest og sørøst er det dype partier med henholdsvis 18 m og 21 m som største dyp. Innløpet til Skogsfjorden har et maksimaldyp på ca. 3 m, og et gjennomstrømningsareal på ca. 27 m<sup>2</sup> (Johansen 1968).

Det trange og grunne innløpet medfører dårlig vannutskiftning, og gjør Skogsfjorden svært sårbar for belastning med organisk materiale. Allerede i 1967 ble det målt hydrogensulfid opp til ca. 8 m dyp i det sørøstre bassenget, og opp til 4 m dyp i det nordvestre bassenget (Johansen 1968).

Fig. 11.2 viser resultat av oksygenmålinger i tidsrommet 1982-89. Rette linjer trukket mellom målepunktene, og vi vil sterkt understreke at med langt tidsrom mellom målingene kan denne framstillingsformen bli villedende fordi tilstanden mellom målingene sikkert ikke endret seg lineært.

Figuren viser at det fram til sommeren 1987 i alt vesentlig var hydrogensulfid dypere enn ca. 10 m i fjordens sørøstre del. Bruk av bobleanlegget har på en dramatisk måte forbedret forholdene ved at fjorden har blitt oksygenholdig helt ned til bunn (Stene, 1989). Men samtidig viser figuren at Skogsfjorden er avhengig av "kunstig åndedrett" fra bobleanlegget. Uten dette oppstår raskt kritiske oksygenforhold i dypvannet, spesielt i de første årene med stort oksygenforbruk fra råtne bunnsedimenter. Etter flere års bobling vil man vente at "oksygengjelden" i bunnsedimentene er redusert og oksygenforbruket avtar noe.

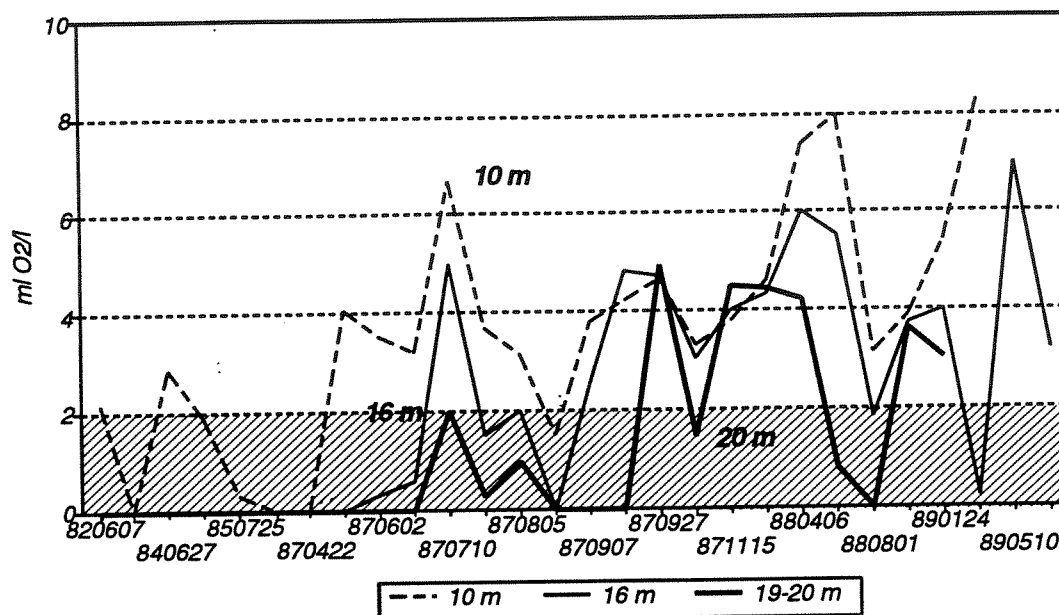


Fig. 11.2 Skogsfjorden, st. D1. Oksygenkonsentrasjoner, mlO<sub>2</sub>/l. Skravur angir kritisk nivå.

### Rona

Terskeldypet mot Skogsfjorden er ca. 0.7 m, og største dyp er 19 m.

Oksygenforholdene i Rona er kjent for å være svært dårlige, med periodevis hydrogen sulfid helt opp til ca. 8 m dyp, og kritiske forhold under ca. 6 m dyp (Molvær, 1982). I 1981 og 1983 ble målt henholdsvis ca. 68 og ca. 44 mgH<sub>2</sub>S/l i dypvannet, som er ekstremt høye nivåer og vitner om stor organisk belastning kombinert med liten oksygentilførsel.

Målingene som her behandles er for spredt i tid og rom til at det lar seg gjøre å gi en oversiktlig grafisk framstilling, og hovedtrekkene er derfor vist i nedenforstående tabell. Resultatene viser at oksygenforholdene kan variere mye med tiden. Våren 1981 har det foregått en delvis dypvannsfornyelse, og i januar 1989 var nytt vann med oksygen trengt helt til bunns. Noen fullstendig dypvannsfornyelse var det antagelig ikke, fordi gammelt dypvann ble liggende igjen i ca. 6-12 m nivået.

Tabell 11.2 Oksygenmålinger (mlO<sub>2</sub>/l) i Rona, st. D3 .

Dyp	810630	830616	840627	850620	850725	870312	870927	8901204	890504	890826
4		8.99		6.03	5.13	2.73	6.57	1.17	4.10	4.74
5	9.2									
6		3.51	5.13	3.60	4.66	0.69			2.30	1.55
8		0.48	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	0.78	0.58	0.73	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
9			H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S		2.05		H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
10	5.73	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	0.45	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
12		H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S		H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
14	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S			H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
17	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	1.98	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S

Fram til 1989 var det fortsatt kritiske oksygenforhold i Rona. På den annen side har ikke hydrogensulfid-konsentrasjoner over ca. 22 mlH<sub>2</sub>S/l blitt registrert i tidsrommet 1984-84. Det er muligens et tegn på at belastningen med organisk materiale har avtatt noe. Bunnvannet i Rona inneholder også store mengder fosfor og nitrogen: størrelsesorden 200-400 µgP/l og 2000-3000 µgN/l er registrert i perioder med liten utskiftning. Dette er 10-20 ganger mer enn man vil finne i åpne farvann.

### Bongstøvatn

Terskeldypet mot Rona er ca. 3.5 m, og største dyp er ca. 16 m. Bongstøvatn mottar sigevann fra en nedlagt søppelfyllplass, dels i overflaten og dels gjennom ledning ut på 11 m dyp.

Prøveserien fra 1978 viste kritiske oksygenforhold allerede i 4 m dyp, med høye konsentrasjoner av hydrogensulfid i 12 m dyp (Molvær 1982). Etter luftingen vinter - vår 1980 var forholdene bedre, og sommeren 1981 var oksygenforholdene tilfredsstillende (>3.5 mlO<sub>2</sub>/l) ned til nærmere 12 m dyp, med relativt lave konsentrasjoner av hydrogensulfid fra 14 m dyp. Fra 14.10.87 var et bobleanlegg på 15 m dyp i drift.

I likhet med Rona er målingene for spredt i tid og rom til at det lar seg gjøre å gi en oversiktlig grafisk framstilling, og hovedtrekkene er derfor vist i nedenforstående tabell:

Tabell 11.3 Oksygenmålinger i Bongstøvvann (mlO<sub>2</sub>/l).

Dyp	810630	830616	840627	870927	871014	871031	871115	871213	880519	890124	890504	8905106
4		6.10	6.83	6.03	6.33	5.27	5.39	5.77		3.86	7.10	7.25
6	9.66	0.94	5.17	1.79	1.44	4.44						7.07
8		1.41	0.83	0.63	0.48	3.45	5.43	5.53		3.48	5.92	7.32
10	3.33	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S			3.04			8,76*	1,38*		7,17
14	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	5,42	5,57				7,11
20		H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	5,66	5,52				
30	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	5,76					

\*) Prøve fra 11 m dyp

Variasjonene er store fra prøveserie til prøveserie, noe som dels skyldes naturgitte vannutskifninger og dels fjordforbedringsiltak. Gjennomgående ser det ut til at oksygenforholdene fra høsten 1987 har vært bedre enn ved tidligere år, men det skal tilføyes at data om H<sub>2</sub>S-konsentrasjon i dyppvannet mangler for det tidsrommet. Man kan gå ut fra at bobleanlegget har skapt denne bedrede tilstanden.

## 12. HARKMARKSFJORDEN

### 12.1 Områdebeskrivelse og datamateriale

Harkmarksfjorden er vist på fig. 12.1. Overflatearealet er ca. 1.6 km<sup>2</sup>. Den har en terskel med største dyp på ca. 2 m. Med en markert innsnevring på midten faller det naturlig å inndele fjorden i to bassenger. Det ytre basseng har et største dyp på ca. 10 m, og det innerste har ca. 14 m som største dyp. Hvor dyp forbindelsen er mellom de to bassengene er framgår ikke av sjøkartet, men det er innlysende at spesielt indre basseng er sårbart for tilførsler av organisk stoff og næringssalter.

Tilførselen av næringssalter er beregnet til ca. 18 tonn nitrogen og 0.6 tonn fosfor pr. år (Baalsrud et al. 1991).

Miljøvernaveidningens data fra 1978-81 viste at det kunne oppstå kritiske oksygenforhold i begge bassengene. I indre basseng var det trolig oksygensvikt storparten av tiden (Molvær 1982). Prøver er innsamlet til følgende tidspunkt:

Tabell 12.1 Tidspunkt for vannkjemiprøver i Harkmarksfjorden.

791023	870915
810707	890105
820628	890620
840822	891014

### 12.2 Tilstand og utviklingstrekk

#### Indre fjordbasseng:

Fig. 12.2a viser resultater fra oksygenmålingene. Målingene er svært spredt i tid og vi understreker at isolinjene mellom måleseriene ikke er ment å vise den reelle utviklingen, men heller en illustrasjon av et mulig tidsforløp. Det var oftest gode oksygenforhold ned til omkring 8 m dyp. Målingene viser to store dypvannsfornyelser. I 1981 ble dypvannet fornyet helt til bunns. Under den store dypvannutskiftningen i terskelfjordene langs Sørlandskysten i januar-februar 1989 ble også dypvannet i Harkmarkfjorden delvis fornyet. Dette framtrer tydelig for 5.1.89 med nær 4 mlO<sub>2</sub>/l i

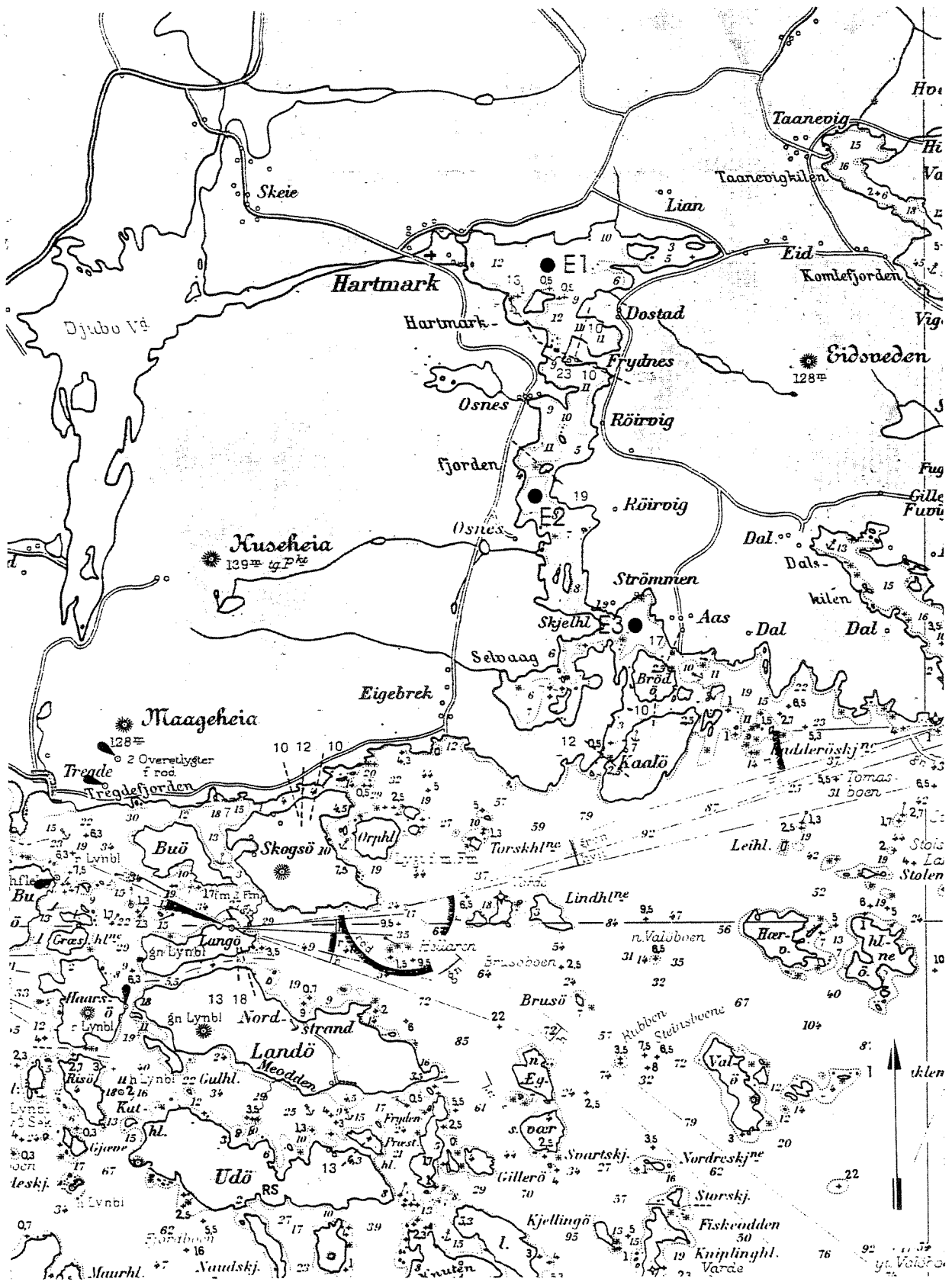


Fig. 12.1 Hydrokjemistasjoner i Harkmarksfjorden.



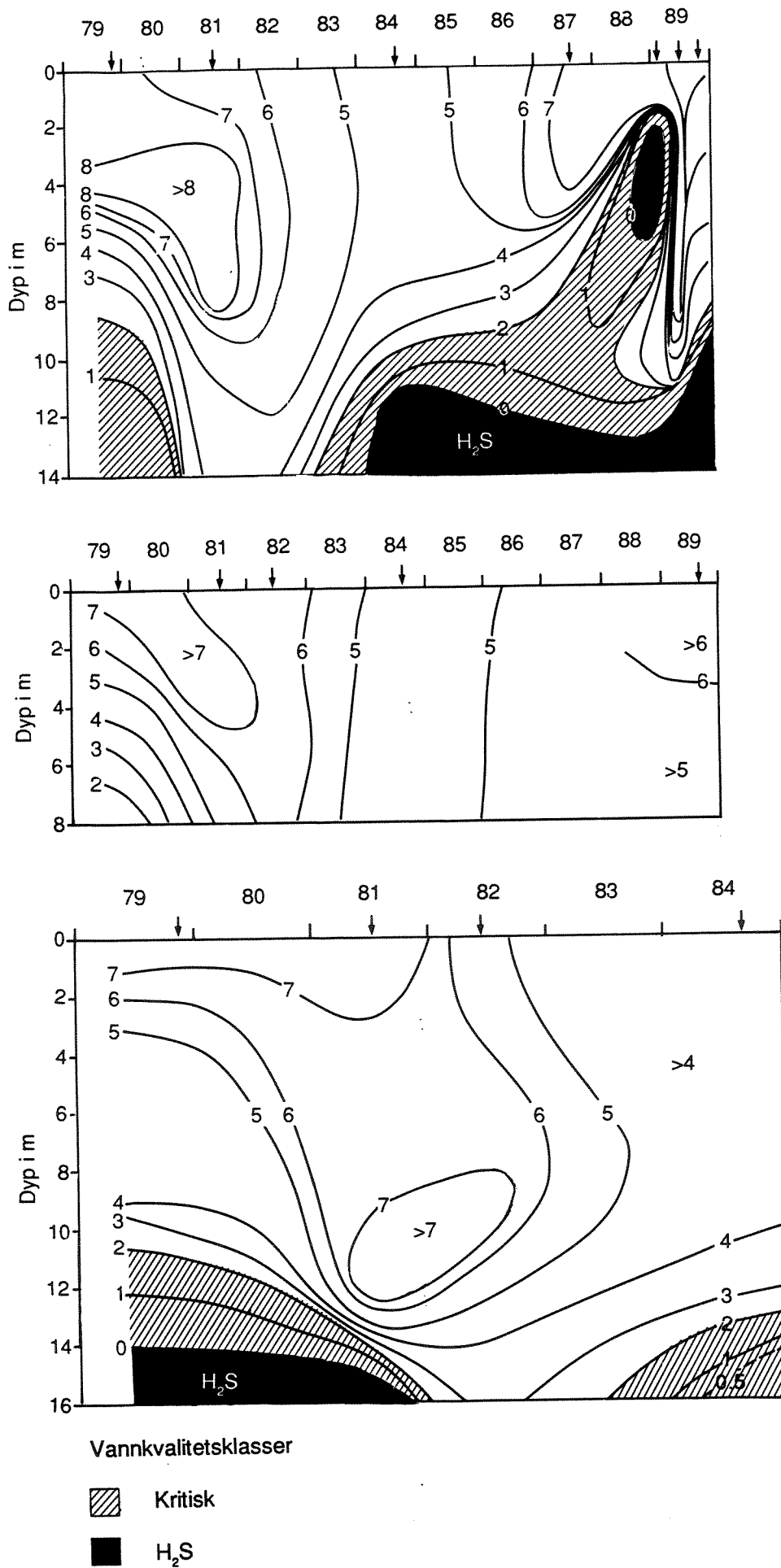


Fig. 12.2 Oksygenmålinger i Harkmarksfjorden. Skravur angir kritisk nivå.  
 A: Indre basseng  
 B: Ytre basseng

13 m dyp, og hydrogensulfid både i 5 m og i 8 m dyp, altså som illustrert i fig. 2.1B. Vi ser imidlertid at dypvannsfornyelsen ikke var så omfattende som i 1981, og nådde ikke helt til bunnen av fjorden. Målingene den 20.6 og 14.10 1989 viste imidlertid at tilstanden fort "normaliserte seg".

### **Ytre fjordbasseng.**

Fig. 12.2B viser oksygenforholdene i ytre fjordbasseng. Antall målinger er færre enn i indre basseng, og forbeholdet mot å tolke figuren bokstavelig som ble anført i forbindelse med fig. 12.2A gjelder i høy grad. Forholdene vil periodevis være kritiske under ca. 10-11 m dyp, med utvikling av hydrogensulfid under ca. 14 m.

Resultatene gir ikke sikkert grunnlag for å bedømme hvor representative målingene er. Ut fra at dårligste oksygenforhold vanligvis opptrer senhøstes og om vinteren, bør man kunne anta at tilstanden ikke blir vesentlig dårligere enn vist i 1979.

### 13. OPPSUMMERING SAMT SYNSPUNKTER PÅ VIDERE UNDERSØKELSER AV FJORDER I VEST-AGDER

#### 13.1 Oppsummering av tilstand og utviklingstendenser.

Med unntak for Høllefjorden er fjordene som er vurdert i denne rapporten terskelfjorder eller poller. Disse har svært varierende topografi, men felles for alle er at de har dårlig vannutskiftning og dermed er sårbare for utslipp av næringssalter og organisk materiale. Denne sårbarheten går i første rekke på oksygenforholdene i dypvannet. For flere av fjordene er den naturgitte fornyelsen av dypvannet så liten at denne vannmassen sannsynligvis vil gjennomgå perioder med dårlige - kritiske forhold uansett den sivilisatoriske belastningen. Det klareste eksemplet på dette er Framvaren, men Loga og Grisefjorden ved Flekkefjord, Trysfjord, Snigsfjord, Harkmarksfjord, Lenefjord, Bongstøvatn, Skogsfjord og Rona kommer i samme kategori. For alle disse vannforekomstene må målet være å unngå økt oksygenforbruk slik at periodene med dårlige - kritiske forhold blir kortest mulig, og vannvolumet som karakteriseres av slike forhold er minst mulig.

Vi minner imidlertid om at kysten av Vest-Agder også omfatter store områder med god vannutskiftning og gode oksygenforhold, slik at disse fjordene som her er vurdert representerer den mest sårbare delen.

Datamaterialet som er gjennomgått er best egnet til å karakterisere tilstanden i et fjordområde, men mindre egnet til å vurdere om tilstanden har endret seg i den 10-års perioden undersøkelsen foregikk. Et mer regelmessig og systematisk program ville vært nødvendig for det formålet. Vi har imidlertid også trukket inn resultater fra undersøkelser på 30-tallet og 70-tallet for de områder der slike data har vært tilgjengelig.

I tabell 13.1 har vi oppsummert de foregående vurderingene mht. til sårbarhet og tilstand. Der datamaterialet gir rimelig sikkert holdepunkt for å bedømme en utvikling over de siste 10-20 år, er denne oppført. For enkelte forurensede fjorder der avlastningstiltak er gjennomført har disse ført til bedre forhold (Grisefjord, Fedafjord). I Skogsfjorden og Bongstøvatn dokumenterer undersøkelsen at fjordforbedringstiltakene i vesentlig grad har forbedret tilstanden.

For Indre og Ytre Lyngdalsfjord kan det se ut som om oksygenforholdene er forverret over de siste 20 år.

For de fleste andre fjordområdene kan man ikke med rimelig sikkerhet avgjøre om tilstanden har endret seg de siste 10-20 år. Dette kan skyldes en kombinasjon av tre faktorer:

- få eller ingen data fra tiden etter at evt. utbedrende tiltak ble iverksatt.
- belastningsreduksjonen har vært liten.
- i det hele tatt for få og for spredte data til en kvalifisert vurdering av utviklingstendenser.

Imidlertid tyder modellberegninger på at mange av fjordene i Vest-Agder har et høyere oksygenforbruk (belastning av næringssalter og organisk materiale) enn man ut fra naturgrunnet skulle forvente. En sammenligning med data fra midten av 30-tallet (Strøm 1936) kan også tyde på at forholdene har vært bedre i Trysfjord, Lyngdalsfjordene og Snigsfjord. Dette er indikasjoner på en langsiktig, kanskje generell utvikling som bør studeres nøyer.

### 13.2. Synspunkter på videre undersøkelser.

#### Målsetting.:

I planleggingsprosessen er det nødvendig å være helt klar over hvilken type belastning man vil at undersøkelsene skal gi informasjon om. I denne sammenheng antar vi at det i hovedsak dreier seg om effekter knyttet til utslipp av næringssalter og organisk stoff fra kommunalt og industrielt avløpsvann, samt avrenning fra landarealer (eutrofi, hygieniske forhold).

I prinsippet har man da tre typer av målsetting/undersøkelser, med ulikt ambisjonsnivå og faglig opplegg:

1. **Tilstandsbeskrivelse:** dette er i hovedsak det som hittil har blitt gjennomført i Vest-Agder. I utgangspunktet er dette laveste ambisjonsnivå, men kreves god dokumentasjon av tilstanden over en rekke felt kan undersøkelsene bli meget omfattende.

Tabell 13.1 Karakterisering av de enkelte fjordområdene mht. sårbarhet for utslipp av næringssalter og organisk materiale, tilstand mht. oksygen og utvikling gjennom den siste 10-20 år.

Fjord	Naturlig sårbarhet	Oksygenforhold	Sannsynlig utviklingstendens
Grisefjorden	Særdeles stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	Bedring fra 1989
Tjørsvågbukta	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Lafjorden	Stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Indre Fedafjord	Stor	Dårlig - kritisk (?)	Bedring?
Lundevågen	Meget stor	Dårlig - kritisk	
Indre Lyngdalsfjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	Forverring
Ytre Lyngdalsfjord	Stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	Forverring
Kjørrefjordbukta	Stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Snigsfjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Høllefjorden	Moderat	God - dårlig	
Indre Trysfjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Ytre Trysfjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Grønsfjord	Stor	God	
Lenefjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Ramslandsvågen	Stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Rona	Særdeles stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Bongstøvatn	Særdeles stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	Bedring fra 1987
Skogsfjorden	Særdeles stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	Bedring fra 1987
Indre Harkmarksfjord	Meget stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	
Ytre Harkmarksfjord	Stor	Kritisk - H <sub>2</sub> S	

2. **Trendovervåking:** er mer krevende enn Tilstandsbeskrivelse, bl.a. fordi det introduserer et statistisk aspekt. Kan ofte oppfattes som en utvidet variant av (1), i alle fall ved før-etter undersøkelser.
3. **Konsekvensanalyser:** hva skjer hvis .., hvordan forandrer oksygenforholdene seg hvis.., hva må man gjøre for at ...? Dette er den mest krevende formen av undersøkelser, der en ordentlig kvantifisering av tiltak eller nytteeffekt forutsetter bruk av modeller.

Undersøkelsene som hittil er gjennomført i Vest-Agder, både i regi av Fylkesmannens Miljøvernavdeling og av bl.a. NIVA og Forskningsstasjonen Flødevigen, bør med få unntak kunne dekke behovet hva enkle tilstandsbeskrivelser angår. Da gjenstår trendovervåking og før-etter undersøkelser/konsekvensanalyser. Som en direkte videreføring av de undersøkelsene som her er rapportert, vil vi anse trendovervåking/før-etter undersøkelser som mest aktuelt. Spesielt gjelder dette oppfølging for å kontrollere om investeringer i renseanlegg (jfr. Nordsjøavtalen) gir den forventede forbedring av lokale miljøforhold. Konsekvensanalyser vil være rettet mot spesielle problemstillinger som må vurderes fra sak til sak.

#### **Innhold:**

Man må bygge på det opplegget som hittil har vært gjennomført for å beskrive tilstanden i fjordområdene, for å skape et trendovervåkingsprogram. Da tenker vi i første rekke på valg av stasjoner, parametre osv. I det etterfølgende gis kort en del veiledende hovedmomenter.

#### Overvåke overflatelag og bunn/dypvann:

Effektene som er aktuelle å overvåke vil i første rekke opptre i overflatelaget (dvs. intervallet ca. 0-2 m) og i dypvannet - hvor et slikt måtte finnes.

#### Biologiske overvåkingsmetoder:

Etablerte og velkjente overvåkingsmetoder er studier av gruntvannssamfunn og bløtbunnsfauna. Også for disse metodene gjenstår spørsmål mht. mulighetene for å skjelne mellom en naturtilstand og forurensningseffekter, nødvendighet av gjentatte undersøkelser over mange år osv. Som et hovedprinsipp bør i alle fall tilstanden undersøkes gjennom to-tre sesonger for at man skal ha et rimelig godt grunnlag for senere å kunne påvise signifikante endringer.

Ved langtidsovervåking må undersøkelsene gjentas ved passende mellomrom.

#### Overvåking av oksygenforhold:

Når det gjelder vannkjemisk overvåking - som i Vest-Agderfjordene har spesiell interesse - er oksygen i dypvannet en opplagt parameter. Eller mer presist: oksygenforbruk, oksygenminimum, nivået for aktuelle isoflater (f.eks grenseflaten hvor hydrogensulfid kan opptre mot slutten av lange stagnasjonsperioder).

Når det gjelder det praktiske måleprogrammet, så er månedlige prøver oftest en passende frekvens for fjorder der volumet av bassengvannet er relativt stort. For mindre fjorder kan kortvarige, mindre terskeloverskyllinger som vanskelig registreres med månedlige tokt ha stor innvirkning på oksygenbudsjettet. For slike bør større prøvetakingsfrekvens vurderes. Skal man være kostnadsbevisst vil det ofte være tilstrekkelig å ta prøver fra selve dypvannet under terskeldyp. Muligheten for dette må vurderes ut fra de eksisterende dataene. På den annen side vil det ofte opptre situasjoner der det vil være interessant med flere prøver, f.eks. under dypvannsutskiftninger. Disse risikerer man å få for lite opplysninger om ved et forenklet prøvetakingsprogram.

Hva stasjonsantall angår, bør man heller satse på gode data fra noen få, representative stasjoner framfor spredte data fra mange stasjoner.

#### Overvåking av konsentrasjoner/primæreffekter av næringssalter:

Dette er et vanskelig tema. Den enkleste og sikreste måten å bruke næringssaltdata er til stoffbudsjetter i sammenheng med beregning av oppholdstider mm. Vil man se etter endringer i konsentrasjonen av næringssalter, med sikte på å finne statistisk signifikante endringer, bør man helst velge områder der det er relativt store belastningsendringer. Enten ved at utslippene renses/flyttes og/eller ved at de fjernes fra overflaten og legges som dyputslipp med innlagring.

Det er enklest å satse på data fra vinterhalvåret, da konsentrasjonene i hovedsak bestemmes av fortynningsprosesser alene. Total fosfor og total nitrogen er tilstrekkelig, evt. fosfat og nitrat som er billigere å analysere.

Avhengig av variabiliteten (standardavviket) man kan vente å få i materialet (jfr. dagens materiale) og hvor store endringer man satser på å bedømme statistisk, kan det nødvendige antall prøver anslås. Men en 15-20 prøveserier må i alle fall påregnes.

Ulempen ved et slikt opplegg er at man ikke får inn data fra perioden med algevekst. Det må man være klar over, og ta standpunkt til. Vil man ha data fra sommerhalvåret, må man konkret klarlegge hvilken informasjon som egentlig behøves - og legge programmet opp deretter. Man kan lett overvurdere utsagnskraften av forholdsvis enkle undersøkelser om man f.eks. vil undersøke hvorvidt fosfor eller nitrogen oftest er begrensende for planteplanktonveksten i et område. Det vil kreve omfattende spesialundersøkelser.

"Bunnlinjen" kan være start av en langsiktig (5 -10 år) måleserie av siktedyp, klorofyll a i enkelte områder. Bør dekke mest mulig av sommerhalvåret, med målinger 3-4 ganger pr. måned. Det er enkelt og billig å drive i lokal regi, gir noe informasjon om algemengde og algeoppblomstringer og siktedyp er en integrert parameter som også folk flest vil være opptatt av. Etter en 2-3 års tid vil en slik serie begynne å bli interessant.

### **13.3. Konkrete betraktninger om enkelte fjordområder.**

#### **Flekkefjordområdet**

Dette er et område der vesentlige belastningsreduksjoner er utført i indre del, og hvor Lafjorden har fått en belastningsøkning. Oppfølging er viktig!

For Grisefjorden kunne man som basis satse på oksygen, overvåking av næringssalter, siktedyp og gruntvannssamfunn. Blir oksygenforholdene vesentlig bedre, er gjentatte undersøkelser av bløtbunnsfauna interessant.

For Tjørsvågbukta kan i utgangspunktet samme opplegg som for Grisefjorden følges, men det vil være vanskeligere å få signifikante resultat mht. næringssalter.

Lafjorden bør følges nøye pga. den belastningsøkningen som den nå er utsatt for. Riktignok er økningen på overflatelaget forholdsvis liten. Viktigst her synes vi er oksygen, bløtbunnsfauna og gjerne gruntvannssamfunn. Deretter næringssalter. Målinger av temperatur, saltholdighet og siktedyp hører til ved alle undersøkelser.

Her kan man forøvrig ha i tankene at Listaområdet inngår i det statlige kystovervåkingsprogrammet, og referansedata for Flekkefjordområdet kan hentes derifra.



### **Høllefjorden**

Det kjemiske renseanlegget kom i drift etter at undersøkelsene som her rapporteres ble avsluttet. Oppfølging må være interessant for lokale miljøinteresser.

Det er vanskeligere å komme med noenlunde konstruktive forslag for dette enn tilfellet er for Flekkefjord. Men av dataene fra 80-årene er det nokså klart at både oksygen og næringssalter gir signaler om en relativt høy belastning. Oksygen er derfor enn opplagt størrelse, gjerne i kombinasjon med bløtbunnsfauna - med lange intervall.

Utbyttet av å gå inn på målinger av næringssalter i vannmassen er usikkert, uten at bruken av dataene er konkretisert. I overflaten antar vi man vil se lite til den kommunale kloakken, men heller finne innvirkningen fra vassdragene - som i seg selv kan være av betydning å overvåke. I alle fall vil det være vanskelig å skille det ene bidraget fra den andre. Men næringssalter i overflatelaget kan gi et integreert mål for tilførselen fra vassdragene og fra kommunal kloakk - noe som vil være nyttig å kjenne i en overvåking av tilstanden i området - og forståelse av hvordan denne varierer.

I dypereliggende vannmasser innlagres fortynnet avløpsvann, men denne skyen vil forflytte seg både vertikal og horisontalt - og vil derfor være vanskelig å innhente data fra.

Undersøkelser av gruntvannssamfunn bør vurderes som et alternativ/supplement til næringssalter i overflatelaget.

### **Indre Lyngdalsfjord**

Overføring av kommunalt avløpsvann til Rosfjorden og evt. mindre avrenning av næringssalter fra landarealer vil gi mindre belastning på fjordområdet. Det bør være av interesse å følge opp med hydrokjemiske og biologiske (hardbunnsfauna) undersøkelser for å kontrollere om tilstanden bedres.

Imidlertid er det lite sannsynlig at rensertiltakene vil løse oksygenproblemene i fjordens dypvann. Hvis gode oksygenforhold i fjorden er et miljømål, må man iverksette tiltak for å bedre utskiftningen av dypvannet (fjordforbedring, jfr. Skogsfjorden). Størrelsen av fjorden tilsier imidlertid av dimensjonering og kostnader ved et fjordforbedringstiltak må utredes nøye.

**Trysfjord, Snigsfjord, Harkmarksfjord, Lundevågen og andre fjorder med grunne terskler og oksygenproblemer:**

Oksygenproblemene er i stor grad naturgitte. Fjordforbedringstiltak er nødvendig hvor oksygenproblemene skal reduseres vesentlig, eller helt fjernes.

## 14. LITTERATUR

- Aure, J. og Stigebrandt, A. 1989: Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Rapport nr. FO 8803. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Baalsrud, K., Golmen, L., Molvær, J. og Rygg, B., 1991: Nordsjøplanen. Marine resipienter. Inndeling i resipientområder, tilførsler, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon av tilførsler. NIVA-rapport nr. 2638. 51 sider. Oslo.
- Bøhle, B., Jåvold, T. og Kristiansen, K., 1989: Hydrografiske forhold i noen fjorder og poller på Sørlandet vinteren 1989. Flødevigen Meldinger 4 - 1989: 1-28.
- Bøhle, B., Jåvold, T. og Kristiansen, K., 1990: Hydrografiske forhold og utskiftning av bunnvann i fjorder og poller på Skagerrakkysten i 1989. Flødevigen Meldinger nr. 3 - 1990: 1-19 + Appendiks.
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T., 1991: Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990: B. Data report. NIVA-rapport nr. 2577. 103 sider. Oslo.
- Johansen, S.S., 1968: Resipientundersøkelser for Mandal 1966/67. Skogsfjorden - Sponga - Bankefjorden - Mandalselva. NIVA-rapport O-78/65. 86 sider. Oslo.
- Knutzen, J., Ormerod, K., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, K., 1981: Et biogeokjemisk studium av en permanent anoksisk fjord - Framvaren ved Farsund. NIVA-rapport nr. F.418. Oslo. 108 sider.
- Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1986: Undersøkelser i Fedafjorden 1984-85. Samlerapport. NIVA-rapport nr. 1858. Oslo. 24 sider.
- Kristiansen, H., Molvær, J. og Tangen, K., 1985: Vurdering av forurensningssituasjonen i Grisefjorden/Flekkefjorden sommeren 1984. Notat O-85120. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

- Kolstad, S., Lauritzen, B., Bokn, T. og Haugen, I., 1973: Vurdering av fjordresipientene i Farsund kommune. NIVA-rapport O-139/70. Oslo. 79 sider + Vedlegg.
- Kolstad, S., Bokn, T., Kirkerud, L., Molvær, J. og Rygg, B., 1976: Resipientundersøkelse av fjordsystemet i Flekkefjordregionen. O-123/72. Norsk institutt for vannforskning. Oslo.
- Kroglund, F. og Hindar, A., 1991: Resipientundersøkelse i Songdalselva. NIVA-rapport nr. 2611. Grimstad. 44 sider.
- Magnusson, J., Næs, Kristoffer og Tangen, K., 1988: Resipientundersøkelse av fjordområdet ved Flekkefjord 1986-87. NIVA-rapport nr. 2071. Oslo/Grimstad. 102 sider.
- Miljøplan, 1982: Ramslandsvågen. Resipient for avløpsvann fra Nyegaard & Co. A/S. Vurdering av alternative utslippsmåter. Oslo.
- Molvær, J., 1982: Vannforekomster i Vest-Agder. Vurdering og kommentarer til fysisk-kjemiske analyseresultater fra fjorder i tidsrommet 1978-81. NIVA-rapport nr. 1361. Oslo. 151 sider.
- Molvær, J., 1991: Resipientundersøkelse i Mandalselva og Mannefjorden 1990. NIVA-rapport nr. 2511. 18 sider. Oslo.
- NIVA, 1971: En vurdering av Ramslandsvågen som resipient for ny fabrikk for produksjon av røntgenkontrastmiddelet Isopaque. NIVA-prosjekt O-202/70. Oslo.
- Oug, E., 1989: Vannutskiftning og dødelighet av bunnfauna i Trysfjorden, Vest-Agder, vinteren 1989. NIVA-rapport nr. 2285. Oslo. 27 sider.
- Oug, E., Molvær, J., Hindar, A. og Green, N., 1990: Resipientundersøkelse i fjordområdet ved Mandal. NIVA-rapport nr. 2398. 86 sider. Grimstad/Oslo.

- Oug, E., Molvær, J., Moy, F. og Næs, K., 1991: Resipientundersøkelse i fjordområdet ved Farsund. Vannutskiftning, vannkvalitet, strandsoneregistreringer og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport nr. 2661. 65 sider. Grimstad/Oslo.
- Stene, R.O., 1989: Fjorder med oksygenproblemer. Skal vi gi dem kunstig åndedrett? Fylkesmannen i Vest-Agder. Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 8/1989. 44 sider. Kristiansand.
- Strøm, K.M., 1936: Landlocked waters. Hydrography and bottom deposits in badly-ventilated Norwegian fjords with remarks upon sedimentation under anaerobic conditions. Det Norske Videnskapsakademi i Oslo. I. Mat.-Naturv. Klasse. 1936. No. 7. Oslo.

## ABSTRAKT:

Rapporten gjennomgår hydrokjemiske data innsamlet i tidsrommet 1979-89 fra et stort antall terskelfjorder i Vest-Agder. I de fleste fjordene er det oksygenproblemer i dypvannet pga. kombinasjonen liten vannutsiftning og belastning med organisk materiale. Tydeligst påvirkning fra utslipp sees i Grisefjorden, Tjørsvågbukta, Lundevågen og Høllefjorden.

Utslppsreduksjoner har gitt klar forbedring av vannkvaliteten i Grisefjorden og sannsynlig også Fedafjorden. Ytre Lyngdalsfjord og Ramslandsvågen viser tegn til forverring. Dataene gir en rimelig god beskrivelse av vannkvaliteten i fjordene. Ved videre overvåking anbefales en mer konsentrert innsats og større vekt på biologiske forhold

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2077-1