



Fagrådet

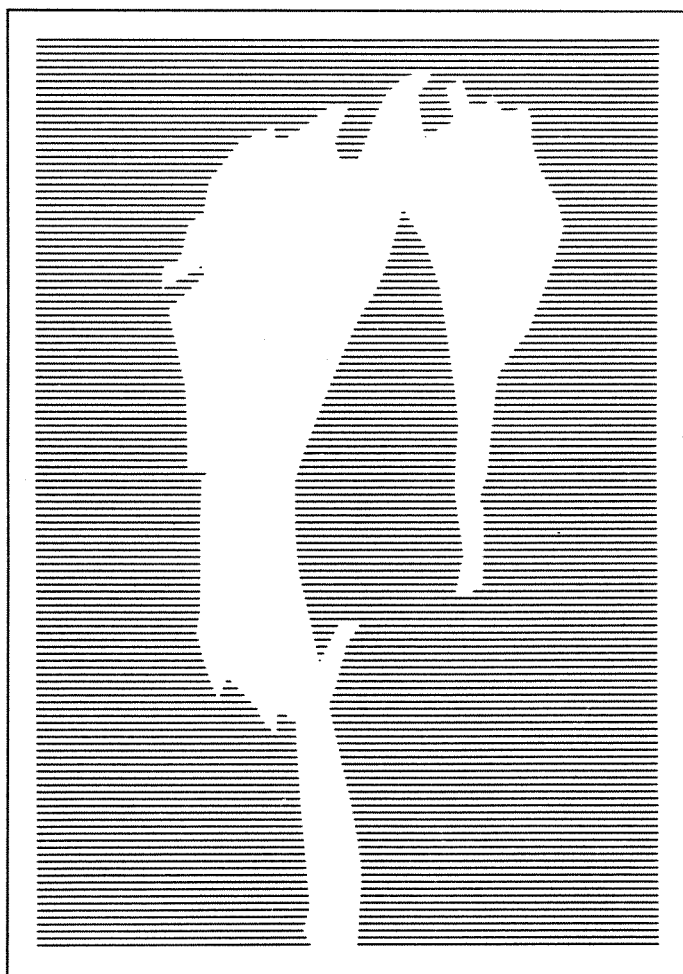
for vann- og avløpsteknisk
samarbeid i indre Oslofjord



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport nr. 438/91

**Overvåking av
forurensnings-
situasjonen i
indre Oslofjord
1989 - 90**



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for
vannforskning



Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 69, Koravoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 26 78 90

Prosjektnr.:
O-7160 91
Undernummer:
Løpenummer:
2581
Begrenset distribusjon:
Fri

Rapportens tittel: Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 1989/90 (Overvåkingsrapport nr. 438/91)	Dato: 1.6. 1991
Forfatter (e): J. Magnusson, T. Bokn G. Larsen	Faggruppe: Marinøkologisk Geografisk område: Oslo, Akershus, Buskerud Antall sider (inkl. bilag): 52

Oppdragsgiver: Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord	A. Rosendal
--	-------------

Ekstrakt: Overflatevannets kvalitet bedømt ut fra siktedyp, planteplanktonbiomasse (klorofyll a) og fastsittende alger viser en klar positiv utvikling i perioden 1983-90 sammenlignet med 1973-1982 og 1962-65. Den svake positive oksygenutviklingen i Vestfjordens dyppvann fortsetter. På mellomnivåer er det derimot en klar negativ utvikling etter 1982, noe som antas å bero på utslippet fra Sentralrenseanlegg Vest. I Bunnefjorden har de seneste årenes dårlige vannutskiftning stoppet den positive utviklingen. I Drøbaksundet fortsetter den negative oksygenutviklingen.

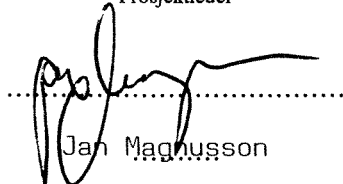
4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåking 1989/90
2. Oslofjorden
3. Hydrologi
4. Fastsittende alger

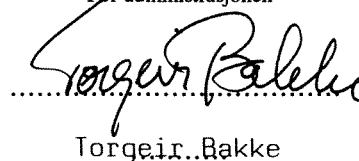
4 emneord, engelske

1. Pollution monitoring 1989/90
2. Oslofjord
3. Hydrography
4. Macro algae

Prosjektleder


Jan Magnusson

Før administrasjonen


Torgeir Bakke

ISBN
82-577-1910-2

FAGRÅDET for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

OVERVÅKING AV FORURENSNINGSITUASJONEN I INDRE OSLOFJORD

1989-90

OSLO DEN 1.5.1991

Prosjektleder: Jan Magnusson

Medarbeidere: Tor Bokn
Unni Efraimsen
Frank Kjellberg
Frithjof Moy
Gunnar Larsen, Moss
Erik Bjercknes

Norsk institutt for vannforskning

Forord

På oppdrag av **Fagrådet for vann -og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord** utfører Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) overvåkingsundersøkelser i Oslofjorden. Statens forurensningstilsyn (SFT) bidrar økonomisk til undersøkelsen via Fylkesmannen i Oslo og Akershus, som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. Den faglige styringen av overvåkingsundersøkelsene er delegert til Styringsgruppe I, opprettet den 30.5.1978. Medlemmer i styringsgruppen er idag:

Oslo vann- og avløpsverk:	P.Hallberg (formann)
Biologisk Institutt:	T.Andersen
Bærum vann- og kloakkvesen:	H.K.Hoff
Statens forurensningstilsyn:	I.Thélin
Fylkesmannen Oslo og Akershus:	L.Nilsen
Norsk institutt for vannforskning:	J.Magnusson (sekretær)

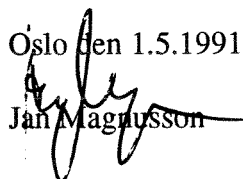
Resultater fra overvåkingsprogrammet rapporteres hvert år. Foreliggende rapport avviker fra denne rutine ved å fremlegge resultater fra 2 år, 1989 og 1990.

På de hydrografiske toktene er Universitetet i Oslos forskningsfartøy "Trygve Braarud" blitt brukt, og vi vil takke skipper T.Tønnessen og T.Pedersen for fint samarbeid.

Innsamling av overflatedata i Vestfjorden og Bærumsbassenget samt enkelte analyser av materialet er utført av Vestfjordens avløpsselskap og Bærum vann- og kloakkvesen i samarbeide. Oslo vann- og avløpsverk (OVA), kjemiavdelingen, har deltatt i innsamling og analyse av overflatedata fra Bunnefjorden og Havnebassenget.

Ved NIVA har Unni Efraimsen og Frank Kjellberg deltatt på de hydrografiske tokter og i bearbeidelsen av data. E. Bjerknes har hatt ansvaret for gjennomføringen av overflatedoktene sommerstid sammen med OVA.

T.Bokn har hatt ansvaret for arbeidet med fastsittende alger og skrevet kap. 3.3.5. F.Moy har deltatt i bearbeidelsen av materialet. G.Larsen har analysert planteplankton og skrevet kap. 3.3.4. og takkes for dette bidraget.

Oslo den 1.5.1991

 Jan Magnusson

INNHALDSFORTEGNELSE:

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	4
Konklusjoner.	4
Resultater.....	4
2. INNLEDNING.	7
2.1 Forurensningstilførsler.	7
2.2 Effekter av forurensningstilførslene.....	7
2.3 Gjennomføring av prosjektet.	8
2.3.1 Hydrografi og vannutskiftning.	9
2.3.2. Overflateobservasjoner.....	9
2.3.3. Fastsittende alger 1989-90.....	11
3. RESULTATER OG DISKUSJON.....	12
3.1. Dypvannsfornyelsen.	12
3.2. Oksygenforhold.....	16
3.3. Overflatelagets vannkvalitet.	22
3.3.1. Siktedyp.....	22
3.3.2. Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a).	28
3.3.4. Planteplankton.	30
3.3.5 Fastsittende alger.....	34
4. LITTERATUR.	48
VEDLEGG.....	51

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Overvåkingsprogrammet for Indre Oslofjord har som mål å følge forurensnings-utviklingen i fjorden. I 1989-90 ble dypvannsfornyelse, oksygenforhold fulgt opp. Overflatelagets vannkvalitet ble observert ved ukentlige registreringer av siktedyp og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) i tidsrommet juni-august, samt ved registrering av fem tangarters horisontale utbredelse.

Konklusjoner.

Overflatelaget i Indre Oslofjord har siden begynnelsen av 1980-tallet blitt bedre. Siktedypet sommerstid har økt, og planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) har avtatt. Utbredelsen av fem fastsittende alger har også vist en forandring av overflatelagets vannkvalitet som, med enkelte unntak (deler av Bunnefjorden), må tolkes som en forbedring. På tross av en utvikling over flere år er det spesielt resultatene fra de siste tre årene som har gitt grunnlag for konklusjonene. Forandringen har vært størst i de nå avlastede bassengene, spesielt Oslo havnebasseng. Unntatt Vestfjorden viser også siktedypsobservasjoner fra 1983-90 bedre gjennomskinnelighet i overflatelaget sammenlignet med 1962-65.

Fjordens dypvann viser ikke samme positive trender som overflatelaget. I Vestfjordens dypvann er det en signifikant økning av oksygenkonsentrasjonen over tidsrommet 1973-90, men i mellomnivåer har den negative trenden blitt forsterket. I Bunnefjorden har de siste årenes manglende dypvannsfornyelse stoppet den positive utviklingen. På mellomnivåer er det derimot ingen signifikant negativ utvikling.

Tilførsel av plantenæringsstoffer er idag ca 3 ganger større for fosfor sammenlignet med estimerte tilførsler i 1910 og vel 6 ganger større for nitrogen. Forskjellen mellom nitrogen og fosfor skyldes gjennomførte rensetiltak i tidsrommet 1970-90. De registrerte positive resultater i fjorden skyldes vesentlig reduksjonen av forurensningstilførslene. De dårlige forholdene i Bunnefjorden de siste årene skyldes sannsynligvis den dårlige dypvannsfornyelsen, som i sin tur er en funksjon av de varme vintrene. På tross av forbedringen i overflatelaget er forholdene i fjordens dyp- og mellomlag fortsatt klart dårligere sammenlignet med f.eks. 1950-tallet.

I Drøbaksundet bekrefter resultatene fra 1989-90 en negativ oksygentrend. Ved et par tilfeller i perioden ble Indre Oslofjord tilført vann fra Drøbaksundet med klart lavere oksygenkonsentrasjoner enn normalt.

Resultater.

Dypvannsfornyelsen bar preg av de uvanlig varme vintrene i 1989-90. Tidvis meget varmt vann dannet dypvann i Vestfjorden (> 10 grader C). Ved et par dypvannsfornyelser har oksygenkonsentrasjonen i innstrømmende vann fra Drøbaksundet vært klart lavere enn normalt, hvilket gav mindre oksygentilførsel til Vestfjordens dypvann. Det var nesten ingen

dypvannsfornyelse i Bunnefjorden i 1989-90. For hele Indre Oslofjord var dypvannsfornyelsen klart mindre enn normalt.

Som følge av utebleven dypvannsfornyelse i 1989-90 ble oksygenforholdene høsten 1990 omtrent like dårlige i Bunnefjorden som de dårligste årene på 1970-tallet. Hydrogensulfidholdig vann ble registrert fra 70 meters dyp og til bunn. Dessuten ble det registrert ekstremt lave oksygenkonsentrasjoner så nær overflaten som ca. 8 meters dyp (ca. 1 ml/l). Lavt oksygeninnhold på grunt vann er sannsynlig forklaring på fiskedød i ruser i området, både i 1989 og 1990. Det er meget alvorlig for fjorden hvis dette er en ny situasjon som vil gjentas i årene som kommer. Foreløpig finnes ingen forklaring på situasjonen, annen enn naturlige hydrografiske variasjoner.

På tross av dårlig vannutskiftning i Bunnefjorden 1989-90 viser trendanalyser for perioden 1973-90 ingen signifikant negativ oksygenutvikling på 30 og 80 meters dyp. Imidlertid har de siste årene bidratt til å snu en positiv utvikling.

I Vestfjordens dypvann er oksygentrenden 1973-90 signifikant positiv om høsten. Imidlertid gir tilsvarende analyse av oksygenutviklingen på mellomdyp (30 meter) en klart negativ trend (avtakende oksygenkonsentrasjoner). Trenden er forsterket av observasjoner etter 1981 og sannsynligvis har kloakkutslippet fra renseanlegget bidratt. Imidlertid startet den negative utviklingen før etableringen av dette utslippet.

Observasjoner fra Drøbaksundet 1989-90 bekrefter den tidligere konstaterte negative oksygentrenden i området. Følgene for Indre Oslofjord i 1989-90 har ved to tilfeller blitt mindre oksygentilførsel ved dypvannsfornyelser.

Overflatelagets vannkvalitet har blitt bedre. En sammenligning av gjennomsnittlig siktedyp og klorofyll-a i juni til august i 1973-82 med juni-august i 1983-90 viser signifikant økende middelerverdier (ca. 0.5 til 1 meter i siktedyp) i hele Indre Oslofjord. Forbedringen har vært størst i Oslo havnebasseng, Bunnefjorden og Lysakerfjorden, og de siste to årene har også bidratt til å utjevne forskjellene mellom bassengene og hovedfjorden.

Siktedypet i juni-juli 1983-90 er også sammenlignet med observasjoner fra 1962-65 og 1973-82. Det er ingen signifikant forskjell i middelerverdi mellom 1962-65 og 1973-82. Derimot er det klart bedre (signifikant større middelerverdi) siktedyp i 1983-90, sammenlignet med middelerverdiene for de to tidligere periodene, unntatt for Vestfjorden (DK1).

Observasjoner av fastsittende alger peker stort sett i samme positive retning som siktedyp og klorofyll-a. Nyinnvandrerer, gjelvtang, som anses som en indikator på forurensning og som først ble observert ved århundreskiftet, har for første gang vist en nedgang i forekomst i Vestfjorden og Bunnefjorden. Gjelvtangen har økt forekomst i Oslo havnebasseng, som også kan være et tegn på forbedrede forhold i dette område, ettersom området tidligere på 1970-tallet hadde liten tangvegetasjon. De øvrige fire brunalgene, spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang har ikke forandret forekomsten i de siste årene, dvs. de har foreløpig ikke benyttet seg av den plass som redusert gjelvtangvegetasjon har frigitt.

Ett unntak fra denne generelle utviklingen er forholdene i Bunnefjorden, hvor forekomsten av tang gjennom hele undersøkelsen (fra 1974) har vært sparsom. Fra 1970-årene til 1988-90 har alle artene unntatt spiraltang fått signifikant reduserte bestander. Årsaken til dette er usikker ettersom den mest naturlige forklaringen som isskuring trolig ikke har vært av stor betydning

de siste to milde vintrene og spesielt som isskuring var nærmest årlig forekommende i 1974-80.

Tilrådinger:

Oppmerksomheten bør rettes mot:

- De ofte forekommende lave oksygenkonsentrasjonene på mellomdyp i Vestfjorden.
- Siste to årenes ekstremt lave oksygenkonsentrasjonene nær overflaten om høsten i Bunnefjorden. Det anbefales at dette vies spesiell oppmerksomhet de nærmeste årene, sett ut fra samtidig fiskedød hos fisk i fangenskap på grunt vann i området.
- De avtakende oksygenkonsentrasjonene i Drøbaksundet, som har medført mindre oksygentilførsel ved dypvannsfornyelsene til Indre Oslofjord i 1989-90.
- Reduksjonen av tangvegetasjonen i Bunnefjorden ved å følge opp horisontal-utbredelsen før og etter islegging få klarlagt om tilstanden virkelig skyldes isskuring eller muligens andre faktorer som lokale forurensninger.

For å øke kunnskapen om forholdene i Indre Oslofjord bør beregningsgrunnlaget forbedres (modellutvikling). Det er fortsatt av betydning å få bedre kjennskap til spredning og fordeling av restutslippene av innlagret rensset avløpsvann i fjorden, samt det innlagrede vannets kjemiske egenskaper.

En forbedring av oksygenforholdene i Indre Oslofjord krever ytterligere reduksjoner i den totale forurensningsbelastningen på fjorden, dvs. en reduksjon av næringssalter og organisk stoff. Foruten en nitrifikasjon av avløpsvann bør det også vurderes å på kunstig vei øke dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden. Et slikt tiltak vil ikke kunne erstatte en reduksjon av tilførselene, men i første rekke kunne brukes for å unngå ekstremår, samt å påskynde en naturlig forbedring av forholdene.

For å forbedre oksygenforholdene i Drøbaksundet er det nødvendig med reduksjon av forurensningstilførsler til Ytre Oslofjord, spesielt tilførselene til Mossesundet - Breidangen og Drammensfjorden,

2. INNLEDNING.

Overvåkingsprogrammet er fokusert på forholdene i Indre Oslofjord, begrenset i sør av sørlige delen av Drøbaksundet.

Formålet med overvåkingen er:

- følge utvikling og tilstand i fjorden over tid
- gi løpende informasjon om forurensningstilstanden
- utvide kjennskap til prosesser i fjorden ved sammenligning av observasjoner i nåtid og fortid
- vurdere effekten av rensetiltak og det eventuelle behovet for ytterligere reduksjoner av tilførsler

I 1989-90 bestod overvåkingsprogrammet av fire deler: Overvåking av oksygen-forholdene og vannutskiftningen, overvåking av overflatelagets vannkvalitet målt ved siktedyp og klorofyll a (planteplanktonbiomasse), registrering av horisontal og vertikal utbredelse av fastsittende alger, samt undersøkelser av dyresamfunnet nær bunn (hyperbenthos). Hyperbenthosundersøkelsene vil bli rapportert senere.

Fjorden er foruten resipient for ca. 670 000 personer også et attraktivt friluftsområde for befolkningen og her er også et ikke ubetydelig yrkesfiske. Det er klare konflikter mellom de ulike brukerinteressene.

2.1 Forurensningstilførsler.

Den dominerende forurensningstilførslen til Indre Oslofjord er kommunalt og industrielt spille vann. Dagens tilførsler er ca. 170 tonn fosfor, 4000 tonn nitrogen og ca. 12 000 tonn organisk stoff (TOC) pr. år. Sammenlignet med beregnede utslipp år 1910 (Holtan 1989) er fosfortilførslen ca. 3 ganger større og nitrogentilførslen ca 6.5 ganger større. Renseanleggene ved fjorden fjerner i hovedsak fosfor og en del organisk stoff, men lite nitrogen. Utbyggingen av renseanlegg startet i begynnelsen av 1970-tallet, og det siste store renseanlegget ble tatt i full drift år 1983 (Sentralrenseanlegg Vest).

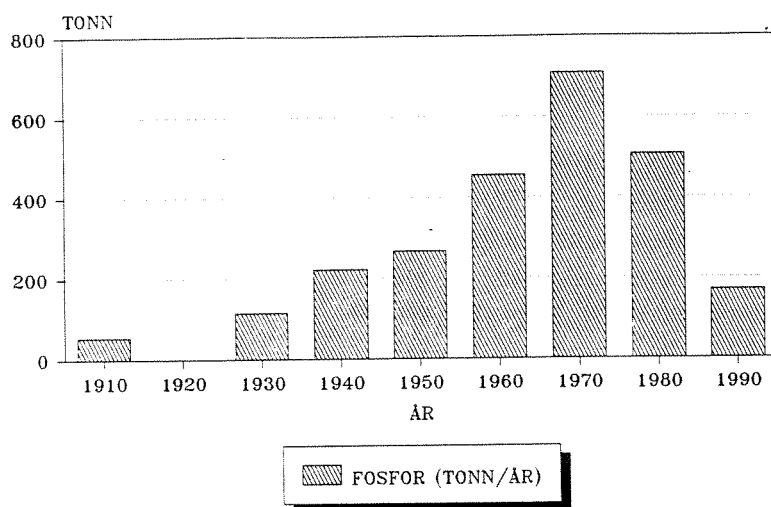
Figur 1 viser en enkel beregning av fosfortilførslen fra 1930-90 (Bergstøl m.fl 1981, Baalsrud m.fl. 1986). Figuren viser i store trekk utviklingen gjennom årene med en topp rundt 1970.

2.2 Effekter av forurensningstilførslene.

Overvåkingsprogrammet konsentrerer seg i første rekke om eutrofi-effektene i fjorden. Den store nærings salttilførselen gir en økt primærproduksjon og en større planteplanktonbiomasse enn naturlig. Gjennomskinneligheten i vannet avtar (lavt siktedyp) og den organiske belastningen på fjordens dypere vannmasser blir stor når planteplankton synker ut av fotosyntesesonen. Planteplanktonet nedbrytes av bakterier under oksygenforbrukende prosesser og det livsviktige oksygenet i fjordens dypvann kan til tider (spesielt om høsten) bli

så lavt at det får negative følger for fjordens dyreliv. Enkelte ganger blir oksygenet helt brukt opp og det dannes hydrogensulfid (råttent vann), en dødelig gift for nesten alt marint liv.

I Bærumsbassenget og Bekkelagsbassenget har det hittil blitt dannet hydrogen-sulfidholdige vannmasser hvert år. I Bunnefjorden og Lysakerfjorden kan det enkelte år bli registrert tildels større mengder råttent vann. I Vestfjorden blir oksygenkonsentrasjonen normalt lav om høsten, men foreløpig er her ikke registrert hydrogensulfid unntatt i enkelte lokale dyphull. De store variasjonene gjennom året og variasjonene fra år til år skyldes i all vesentlighet variasjonen i dypvannsfornyelsene vinterstid som tilfører fjorden oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord. I den senere tid er det registrert periodevis noe reduserte oksygenkonsentrasjoner i Drøbaksundet, noe som dessverre også kan gi mindre tilførsel av oksygen til Indre Oslofjord.



Figur 1. Landbasert fosfortilførsel til Indre Oslofjord 1930-1988. (Fra Bergstøl m.fl., 1981 og Baalsrud m.fl. 1986).

Overgjødningen av fjorden forandrer fjordens økosystem. Den begunstiger arter som har evne til å dra nytte av det forandrede miljøet, som hurtigvoksende grønnalger langs strendene i fjorden. Konkurransforholdet mellom de fastsittende alger er blitt forandret (Bokn m.fl. 1977) og det er registrert færre arter av zooplankton, og store bunnområder er uten liv (Beyer 1967). Lokalt har dessuten industriutslipp forringet fjordmiljøet f.eks. ved Slemmestad (støvutslipp som dekker fjordbunnen) og ved Sætre (nedsatt pH og høye nitrogenkonsentrasjoner i vann). I tillegg er den diffuse tilførsel av miljøgifter fra industri og andre kilder et problem for fjorden.

2.3 Gjennomføring av prosjektet.

Prosjektet gjennomføres etter en langtidsplan for overvåkingen av fjorden (1984-94). Den praktiske gjennomføringen deles mellom ulike institusjoner, først og fremst mellom Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo og NIVA. Av undersøkelser utført i 1989-90 står Biologisk institutt ved Fredrik Beyer for hyperbenthosdelen.

2.3.1 Hydrografi og vannutskiftning.

Toktvirksomheten fremgår av tabell 1 og stasjonsnett av figur 2.

Vannprøver ble innsamlet fra overflaten, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 og 150 meters dyp. På enkelte stasjoner ble det tatt ytterligere et par dyp. Temperatur og saltholdighet ble observert med Neil Brown CTD (Mark III). På noen stasjoner i de dypeste områdene ble det også brukt vendetermometre og vannprøver innsamlet til analyse på laboratoriet for å kontrollere ctd-observasjonene. Det ble også innsamlet vann til analyse av totalfosfor (hjelpeparameter for beregning av dypvannsfornyelse) på tre stasjoner (EP1, DK1 og IM2). Videre ble siktedypet observert og klorofyll-a analysert på vann fra 0-2 meters dyp. Analysemetodene er beskrevet i tidligere rapporter (bl.a. Bokn m.fl.1979).

Tabell 1. Tokt og observasjoner i Oslofjorden 1989-90.

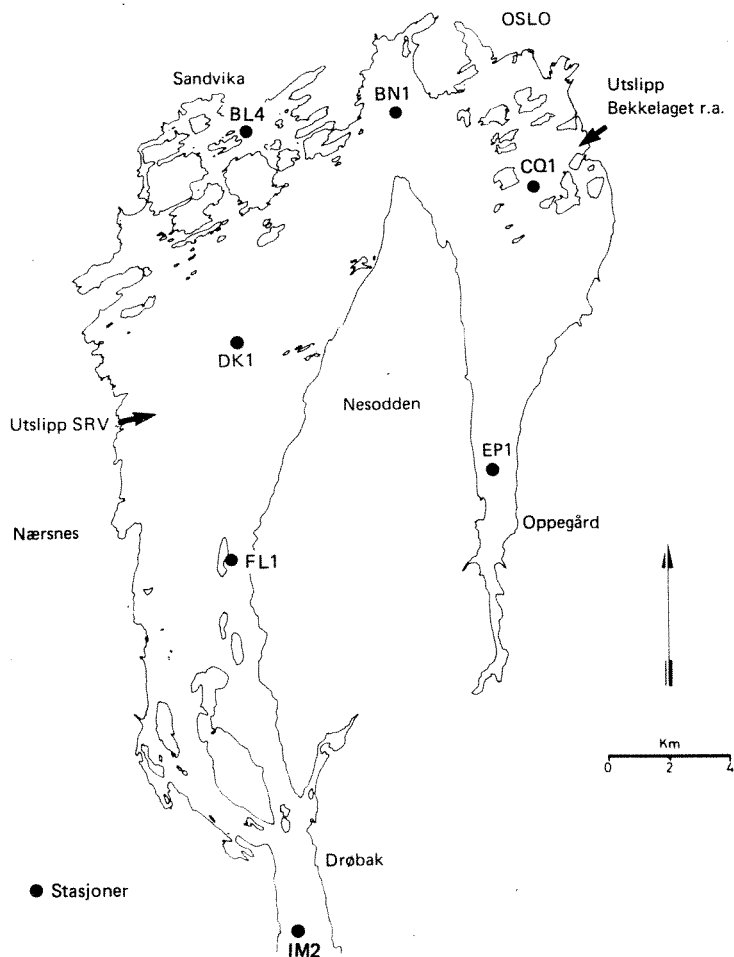
Dato	Hydrografi	Hydrografi+ Tot-P	Dato	Hydrografi	Hydrografi+ Tot-P
13.2.1989	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2	19.2.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1 IM2
10.4.1989	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2	3.4.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2
25.5.1989	BL4,CQ1, BN1,FL1, EJ1	DK1,EP1, IM2	29.5.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2
28.8.1989	BL4,BN1, CQ1,FL1, EJ1	DK1,EP1, IM2	22.8.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2
16.10.1989	BL4,BN1, CQ1,FL1, EJ1	DK1,EP1, IM2	15.10.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2
11.12.1989	BL4,BN1, CQ1,FL1, EJ1	DK1,EP1, IM2	17.12.1990	BL4,BN1, CQ1,FL1	DK1,EP1, IM2

Den 19.7.1990 ble det gjort et tokt utenfor prosjektet til stasjon EP1. Observasjonene er brukt i denne rapporten.

2.3.2. Overflateobservasjoner.

I tidsrommet juni-august ble det gjennomført omtrent ukentlige tokter til 14 stasjoner i Indre Oslofjord (figur 3). Det ble tatt prøver til analyse av planteplankton og klorofyll-a, samt observert siktedyp. Kvantitative planteplanktonprøver ble tatt fra 0-2 meters dyp og konserverte med formalin. Kvalitative overflateprøver av planteplankton ble tatt med håv (10 μ) og konserverte med formalin. Observasjonene ble samlet inn av Vestfjordens avløpsselskap og Bærums vann- og kloakkvesen (Vestfjorden og Bærumsbassenget) samt av Oslo vann- og avløpsverk og NIVA (Lysakerfjorden, Havnebassenget, Bekkelagsbassenget og Bunnefjorden). Tabell 2 viser gjennomførte tokt i 1989-90. Planteplanktonprøver ble kun innsamlet på stasjonene AP2, BL4, BN1, BQ2, DK1 OG EP1. Analyser er gjennomført på

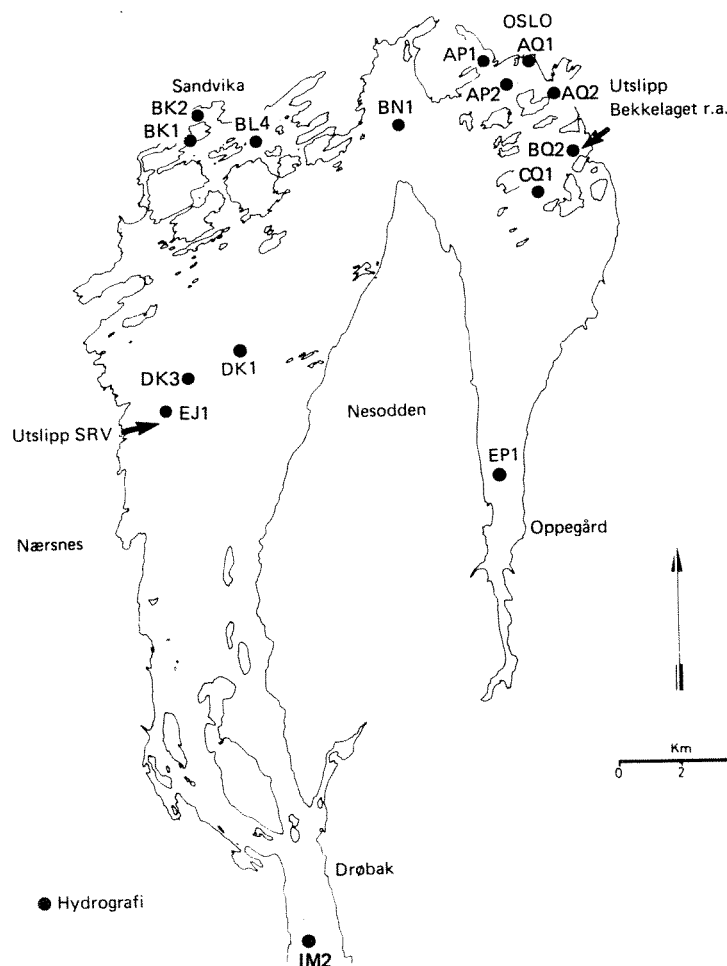
kvantitative prøver fra stasjon DK1 og bare i spesielt interessante tilfeller fra øvrige stasjoner



Figur 2. Hydrografiske stasjoner i 1989-90.

Tabell 2. Overflateobservasjoner juni til august i 1989-90 (siktedyp og klorofyll a).

Stasjoner: AP1,AP2,BN1,BQ2,CQ1, EP1,AQ1 og AQ2.	Stasjoner: BK1,BK2,BL4,EJ1, DK1,DK3.
Observatør: OVA og NIVA	Observatør: BVK og VEAS
DATO: 1989: 6.6,13.6,19.6,26.6,3.7,10.7, 18.7,24.7,1.8,7.8,14.8,22.8,28.8,	DATO: 1989: 7.6,14.6,22.6,28.6,5.7,12.7, 19.7,26.7,2.8,9.8,17.8,23.8,30.8,
1990: 5.6,11.6,18.6,25.6,2.7,10.7,17.7, 24.7,31.7,7.8,14.8,21.8,28.8,4.9	1990: 6.6,13.6,20.6,27.6,3.7,13.7,25, 26.7,1.8,9.8,16.8,22.8,30.8,5.9



Figur 3. Stasjonsnett for overflateobservasjoner, juni-august 1989-90.

2.3.3. Fastsittende alger 1989-90.

Undersøkelsene omfattet registreringer av den horisontale utbredelsen av de fem brunalgene: spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang og sagtang, på 123 stasjoner fra innerst i Bunnefjorden til 3-4 km utenfor Drøbak (figur 30 s. 36). Hver stasjon er nøyaktig avmerket og ca. 30 meter av stranden ble undersøkt på hver stasjon. Algenes forekomst er angitt etter en tredelt skala. Registreringene ble hovedsakelig foretatt i mai måned.

Registrering av nedre voksegrense for fastsittende alger ble gjennomført i 1989. I 1990 har sykdom forhindret den planlagte gjentakelsen av undersøkelsen. Den gjennomføres i stedet i 1991 og vil bli rapportert i årsrapporten for 1991.

3. RESULTATER OG DISKUSJON.

3.1. Dypvannsfornyelsen.

Vannkvaliteten i Indre Oslofjord er avhengig av forholdet mellom tilførte forurensninger fra land i området og tilført mengde vann fra Ytre Oslofjord/Skagerrak samt kvaliteten på dette "nye" vannet. Kloakkutslippene fra renseanleggene, som dominerer tilførselene av plantenæringsstoffer og organisk stoff fra land, er tilnærmet konstante over året, unntatt ved stor nedbør og vårflo. Dypvannsfornyelsene er normalt begrenset til november-juni og mest vanlig i januar-april. Vannkvaliteten på Oslofjorden vil derfor variere over året med de "beste" forhold i tiden etter en dypvannsfornyelse vinterstid og de dårligste forhold på senhøsten. Imidlertid er det bare i Vestfjorden det normalt er årlige dypvannsfornyelser. I Bunnefjorden kan det gå flere år mellom hver større vannutskiftning, men årlig vil alltid litt vann også tilføres Bunnefjorden på mellomnivåer og gjennom diffusive prosesser også i noen grad dypvannet.

Det innstrømmende vannet fra Ytre Oslofjord har normalt et høyt oksygeninnhold og lave næringssaltkonsentrasjoner, sammenlignet med gammelt dypvann inne i fjorden. Når det nye dypvannet strømmer inn over Drøbaksterskelen blandes det med gammelt fjordvann og det nye dypvannet er således en blanding av "nytt" og "gammelt" vann. Stor tetthetsforskjell og lange, i tid sammenhengende, innstrømninger er gunstige sett ut fra liten innblanding og effektiv utskiftning. Variasjoner fra år til år i selve utskiftningsprosessen kan således gi forskjellig utgangskvalitet på dypvannet i fjorden. Slik vil naturlige variasjoner gi årlige variasjoner i Oslofjordens vannkvalitet uten at forurensningsbelastningen i vesentlig grad forandres.

Dessverre har det vist seg at oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet om høsten har avtatt gjennom de siste 50 -årene. På tross av at den midlere reduksjonen er relativt beskjeden, vil den være av stor betydning for tilførslen av oksygen til Indre Oslofjord. Også ved normal dypvannsfornyelse vil fjorden idag tidvis tilføres mindre oksygen fra Ytre Oslofjord enn tidligere.

Den årlige dypvannsfornyelsen er beregnet ut fra hydrografiske observasjoner i Bunnefjorden (EP1), Vestfjorden (DK1) og Drøbaksundet (IM2). Beregningen bygger på sporing av vannmasser i T/S-diagrammer, og hvert resultat kontrolleres mot oksygen og totalfosforkonsentrasjoner. Etersom de sistnevnte parametere ikke er konservative vil ikke fullstendig overensstemmelse oppnås. Dessuten er vannutskiftningen basert på enkelte stasjoner som DK1 for hele Vestfjorden og vil derfor gi lavere volumer enn reelt. Således er de beregnede dypvannsfornyelsene mer å betrakte som relative enn absolutte tall. Beregningen av dypvannsfornyelser følger ikke kalenderår. I stedet brukes tidsrommet 1.11 - 31.10. Den hydrografiske utviklingen i 1988-89 fremgår av figurene 4-8, som viser variasjonen av vannets temperatur, saltholdighet, oksygen i Vestfjorden og oksygen i Bunnefjorden og Drøbaksundet. I vedlegg 1 vises øvrige tidsisoplefigurer.

Dypvannsfornyelsen i 1989 startet med en mindre utskiftning i november 1988. Deretter ble det registrert litt større vannutskiftninger i februar/april og april/mai 1989, samt i august/oktober. Dypvannsfornyelse var stort sett begrenset til Vestfjorden. I Bunnefjorden var fornyelsen begrenset til beskjedne mengder (figur7). Totalt for Indre Oslofjord var 1989 klart dårligere enn gjennomsnittlig fornyelse (tabell 3).

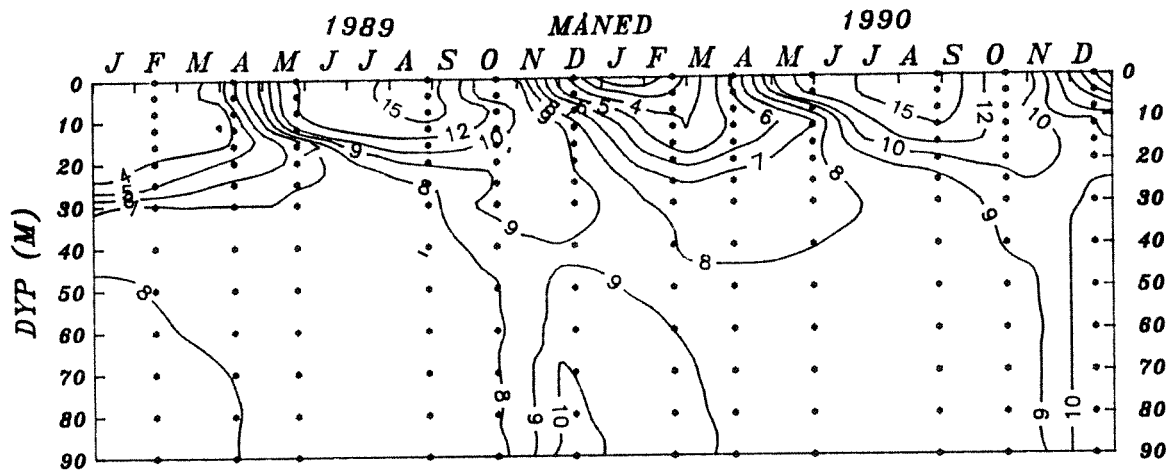
Det ble observert en større dypvannsfornyelse i desember 1989 i Vestfjorden samt tre mindre i februar, april og mai 1990. I Bunnefjorden var dypvannsfornyelsen 1990 like beskjeden som i 1989. Totalt ble dypvannsfornyelsen klart dårligere enn gjennomsnittlig fornyelse (tabell 3). I Bunnefjorden har det ikke vært noen dypvannsfornyelse som har nådd bunn siden mai 1986. Dette er en bemerkelsesverdig lang tid uten dypvannsfornyelse i Bunnefjorden.

Ved flere tilfeller har oksygenkonsentrasjonen på det innstrømmende vannet fra Drøbaksundet sannsynligvis hatt oksygenkonsentrasjoner lavere enn 5 ml/l. Fjorden har derved mottatt mindre oksygen fra Ytre Oslofjord. Dette gjelder spesielt dypvannsfornyelsen i Vestfjorden mellom august og oktober 1989. Normalt forekommer ikke dypvannsfornyelser ved denne årstid.

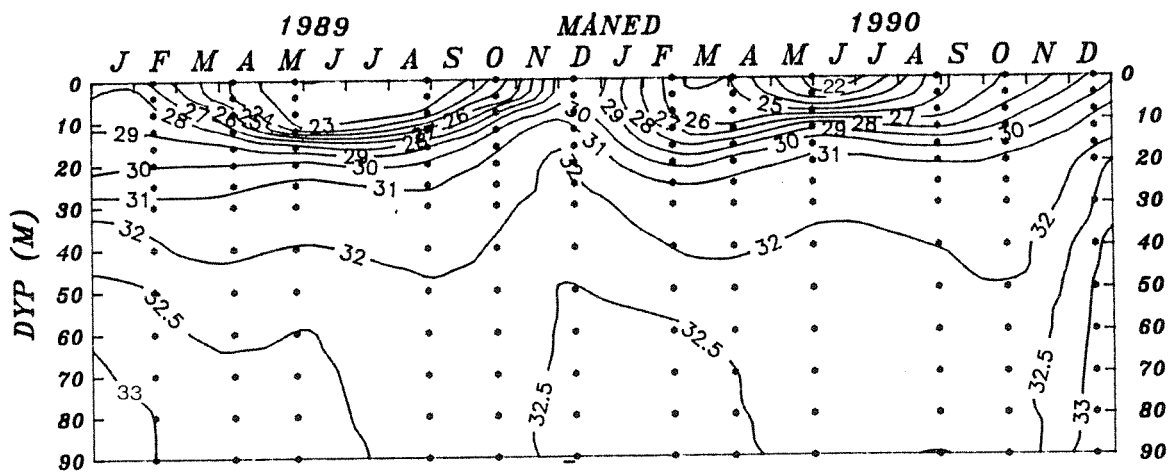
Figur 4 viser at dypvannet i Vestfjorden har hatt temperaturer mellom 8 og 10 grader i 1989-90. Dette er høyere temperaturer enn normalt. De høye vanntemperaturer sammenfaller i tid med betydelig høyere lufttemperatur vinterstid enn normalt. For Indre Oslofjord er det vist en klar sammenheng mellom lufttemperaturen vinterstid og temperaturen på 90 meters dyp i Vestfjorden (Magnusson 1990). Vannutskiftningsprosessen har også vært uvanlig fordelt i tid og rom, med store utskiftninger i november/desember og mindre utskiftninger i januar/april. Årene 1989 og 1990 vil derfor bli betraktet som spesielle år for Indre Oslofjord.

Tabell 3. Beregnet dypvannsfornyelse for hele Indre Oslofjord 1973-90.

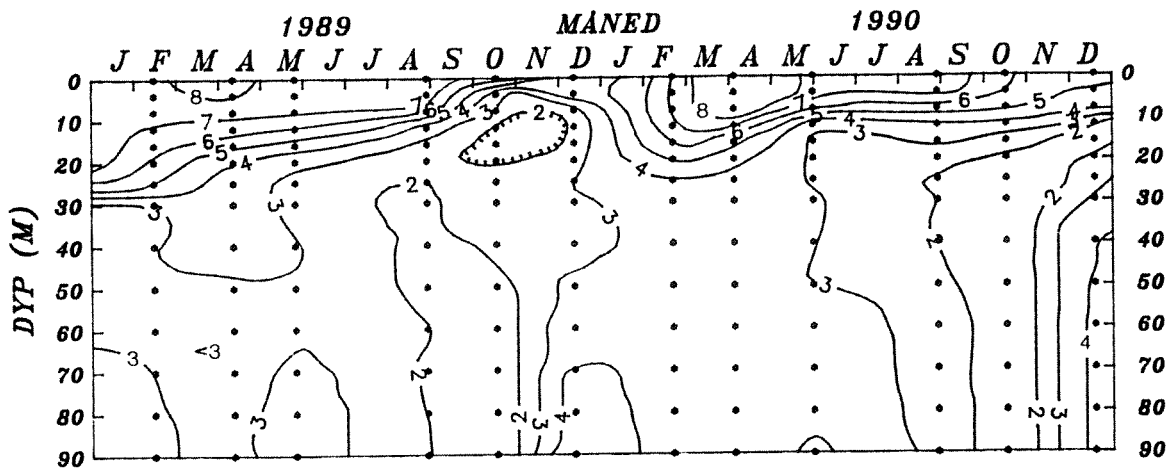
År	Dypvannsfornyelse (*10 ⁶ m ³)	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)	År	Dypvannsfornyelse (*10 ⁶ m ³)	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)
1973	1200	20	1982	4600	77
1974	8300	140	1983	2100	35
1975	1200	20	1984	6300	106
1976	3300	55	1985	4400	74
1977	5900	100	1986	4400	74
1978	2800	45	1987	3700	62
1979	3700	60	1988	6600	110
1980	3200	54	1989	2300	39
1981	3200	54	1990	2900	50



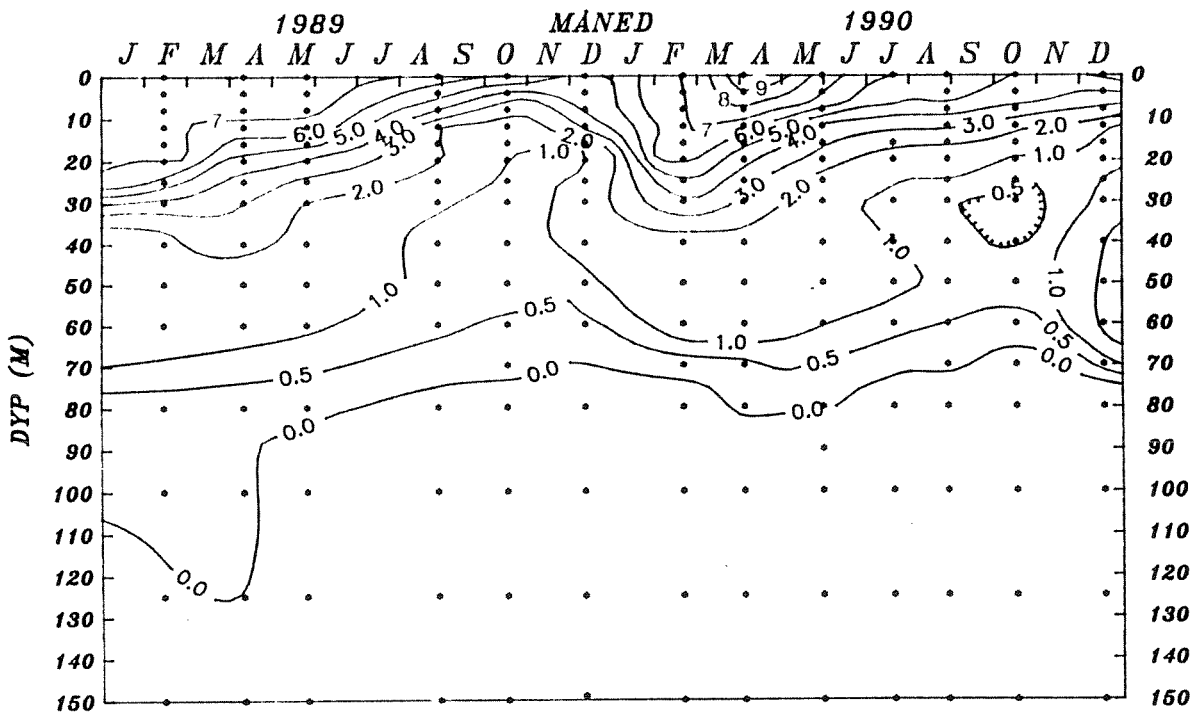
Figur 4. Temperaturvariasjonen (°C) i Vestfjorden (DK1) 1989-90.



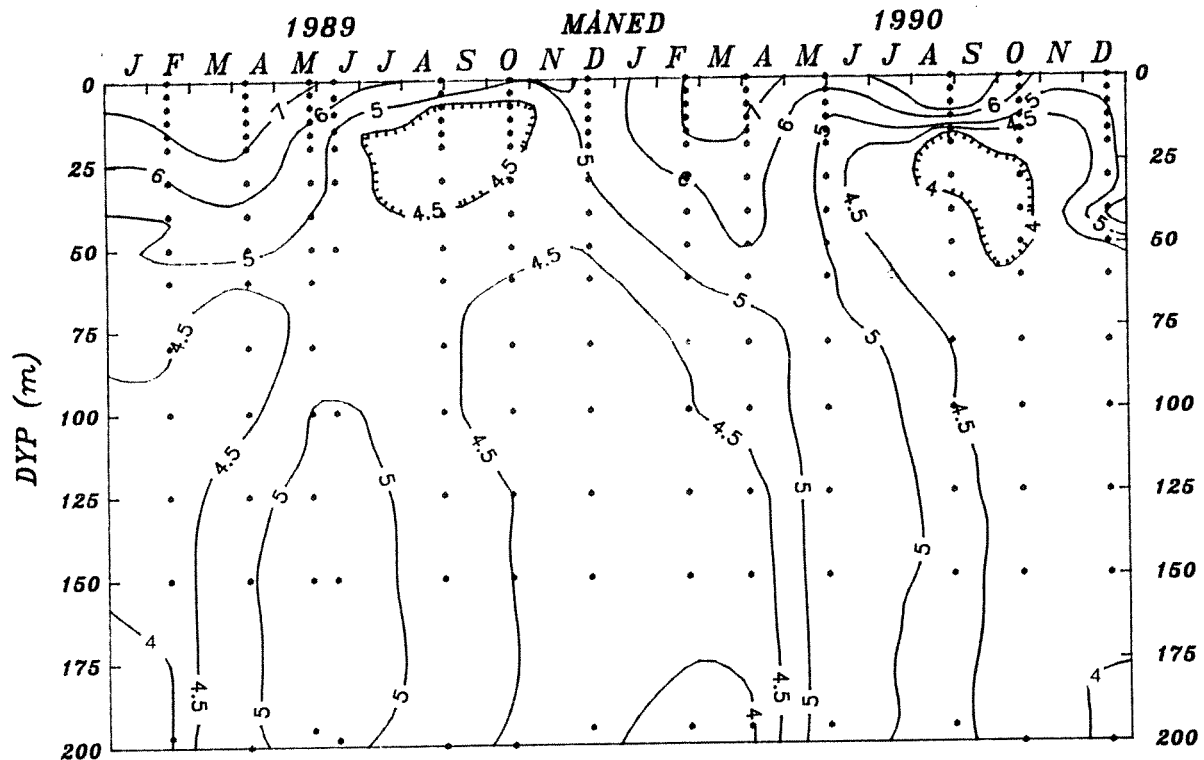
Figur 5. Saltholdighetsvariasjonen (PSU) i Vestfjorden (DK1) 1989-90.



Figur 6. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden 1989-90.



Figur 7. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) i 1989-90.



Figur 8. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Drøbaksundet 1989-90.

3.2. Oksygenforhold.

Bunnefjorden (EP1)

Siden vinteren 1986 har det ikke vært noen større dypvannsfornyelse i Bunnefjorden og siden mai 1988 har det vært hydrogen sulfidholdig (råttent) dypvann. I 1990 ble situasjonen ekstremt dårlig med hydrogen sulfidholdig vann fra ca 70 meters dyp til bunn (figur 7). Figur 9 viser oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden oktober 1989 og 1990. Begge årene var oksygenkonsentrasjonen lavere enn normalt for Bunnefjorden og lavest i 1990. Imidlertid er det ikke kun det råtnede dypvannet som preger figurene. I tillegg ble ekstremt lave oksygenkonsentrasjoner registrert i overflatelaget fra ca 8 meters dyp i 1989 og fra ca. 20 meters dyp i 1990. De lave oksygenkonsentrasjonene var trolig den direkte årsaken til fiskedød i ruser i Bunnefjorden høsten 1989 og 1990. I 1990 ble det rapportert fiskedød i ruser på 6-16 meters dyp langs Nesodlandet. Figur 7 viser at oksygenkonsentrasjonen økte på mellomdyp (vannfornyelse) og at oksygenfattig vann ble presset opp mot overflaten.

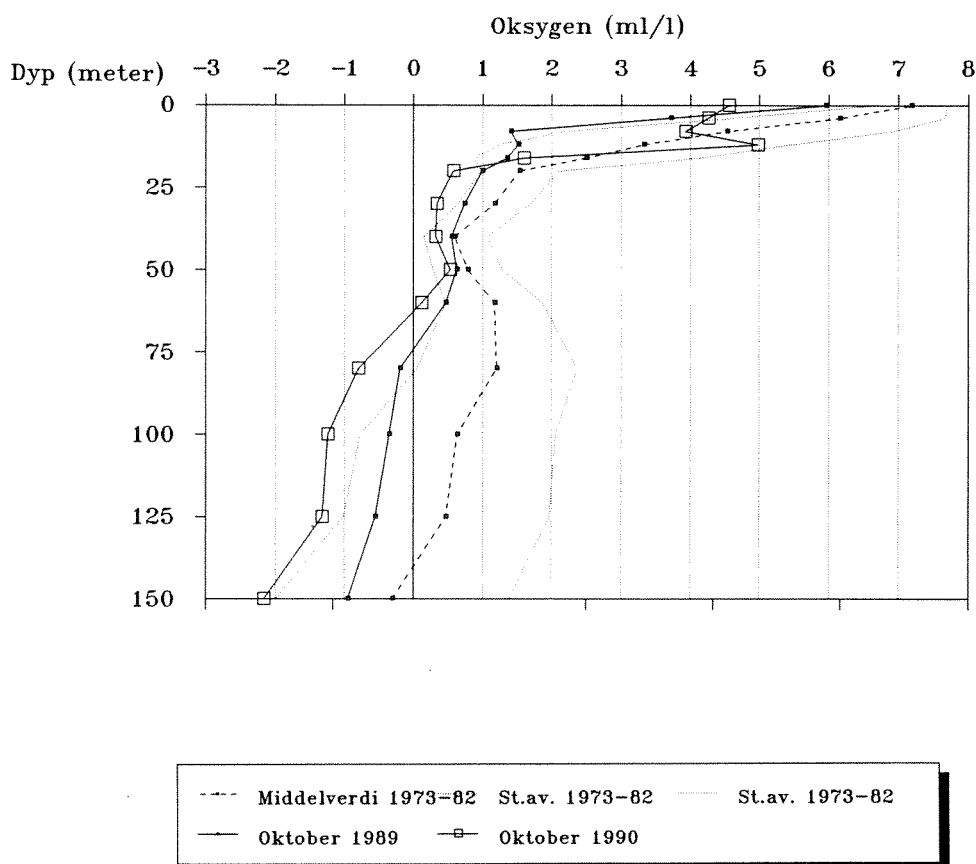
Oksygenforholdene i Bunnefjorden har således vært dårlige i 1989 og i 1990, nesten like dårlige som i de dårligste årene på 1970-tallet. Årsaken til forholdene i Bunnefjorden er den dårlige vannutskiftningen, som igjen kan føres tilbake til de ekstreme klimaforholdene vinterstid i 1989/90. Indre Oslofjord vil som andre terskelfjorder få dårligere

dypvannsfornyelse i en overgang fra kalde til varme vintre og bedre utskiftning i en overgang fra varme til kalde vintre (Magnusson 1990). Tidligere har Beyer (1967) konstaterer en sammenheng mellom kalde vintre og god dypvannsfornyelse.

Figur 10 viser oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp i Bunnefjorden 1973-90. 1987 til 1990 er den lengste sammenhengende perioden i tidsrommet uten større vannutskiftninger. Oktoberkonsentrasjonene i perioden (figur 11) gir ingen signifikant trend, men regresjonslinjen er svakt negativ. De siste to årene er her sterkt bidragende til resultatet.

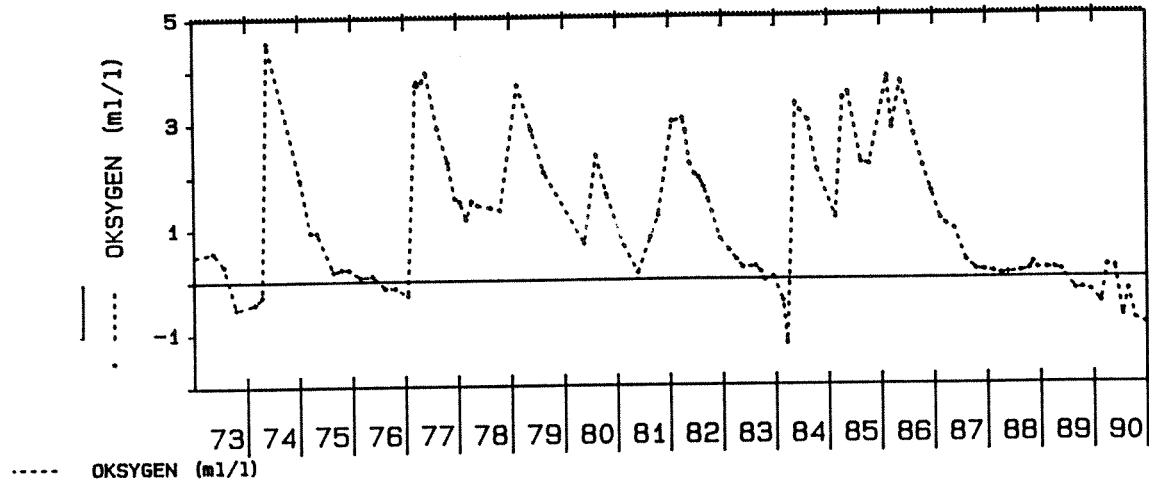
På 30 meters dyp (figur 12) er utviklingen ikke like negativ. Regresjonslinjen er her svakt positiv, men som for 80 meters dyp er trenden ikke signifikant. Også her spiller de siste årenes dårlige forhold en avgjørende rolle for resultatet.

De siste årenes dårlige dypvannsfornyelse, har vært et tilbakeslag for utviklingen i Bunnefjorden.

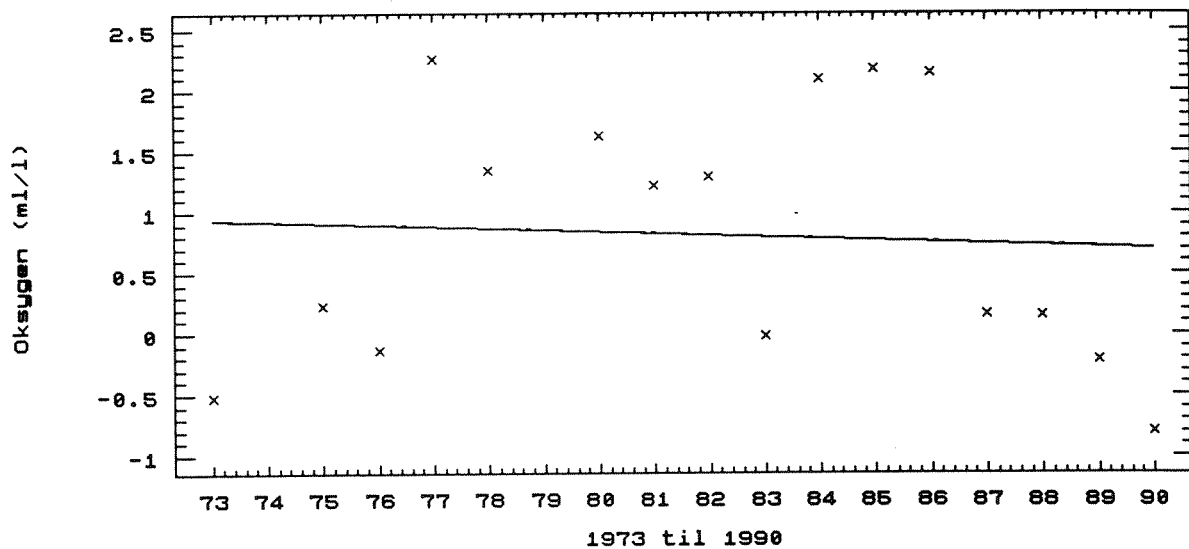


Figur 9. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden oktober 1989 og 1990 sammenlignet med gjennomsnittlige oksygenkonsentrasjoner for perioden 1973-82.

OKSYGENKONSENTRASJON EP1 1973-90 80 METERS DYP

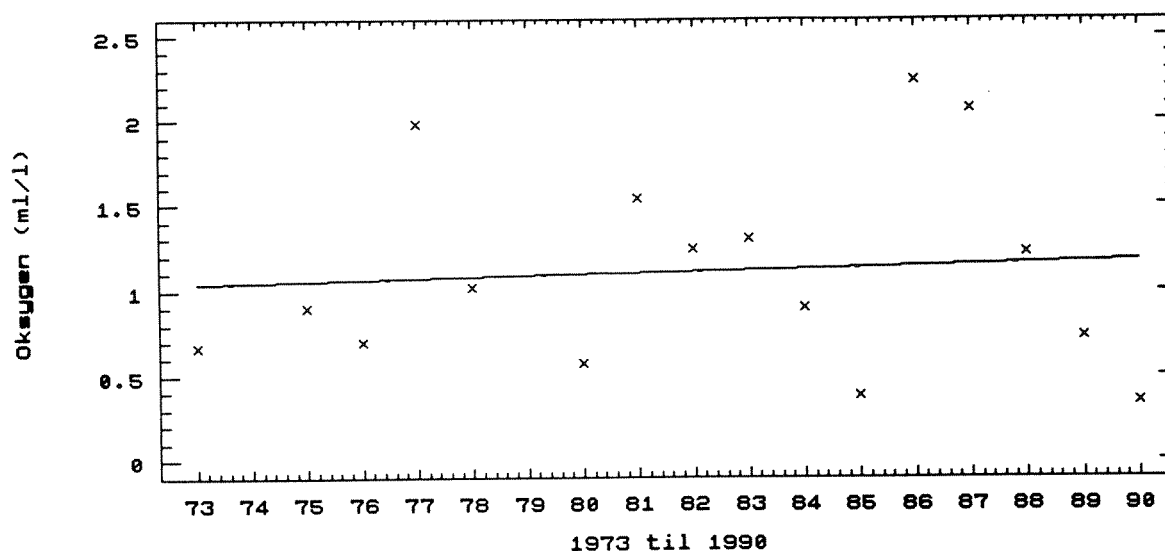


Figur 10. Oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp i Bunnefjorden (EP1) 1973-90.



B0: 1.9572 SE: 4.4327 T: 0.44154
 B1: -0.013939 SE: 0.053872 T: -0.25874
 CORR: -0.068986 MSE: 1.2066 DF: 14

Figur 11. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden (EP1) på 80 meters dyp i oktober måned 1973-90.



B0: 0.4636 SE: 2.4592 T: 0.18852
 B1: 7.9014E-3 SE: 0.029887 T: 0.26437
 CORR: 0.070481 MSE: 0.37137 DF: 14

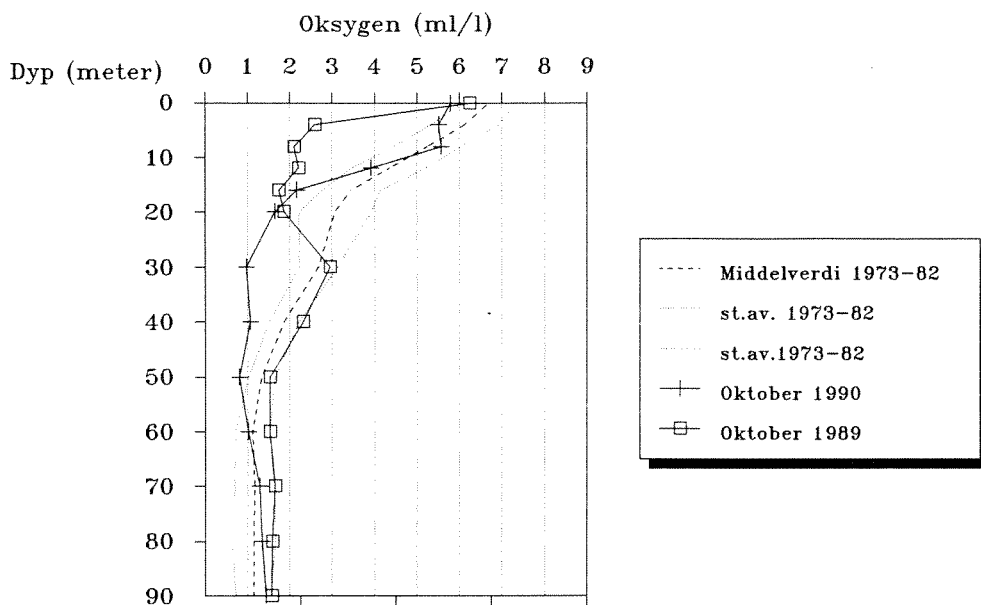
Figur 12. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden (EP1) på 30 meters dyp i oktober måned 1973-90.

Vestfjorden

I Vestfjorden var oksygenkonsentrasjonen i dypvannet bedre enn normalt høsten 1989 (figur 13), men mellom 4 og 20 meters dyp var konsentrasjonen signifikant lavere som følge av dypvannsfornyelsen som tvinger gammelt dypvann opp mot overflaten. I oktober 1990 var oksygenkonsentrasjonen i dypvannet omtrent normal, men med lavere konsentrasjoner mellom 12 og 50 meters dyp. På tross av de uvanlige klimaforholdene har ikke 1989-90 vært direkte dårligere enn normalt.

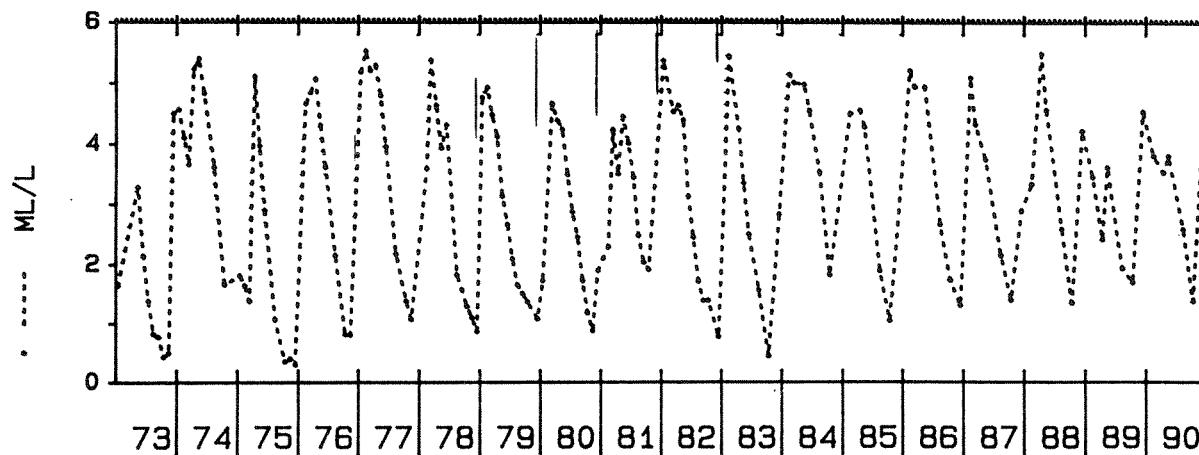
Figur 14 viser oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp 1973-90. Her er en tendens mot mindre ekstreme oksygenkonsentrasjoner i slutten av perioden. Oktoberkonsentrasjonen i tidsrommet (figur 15) viser også en signifikant økning (hellningskoeffisienten signifikant positiv). Imidlertid viser figur 16 at konsentrasjonen på 30 meters dyp har en signifikant negativ trend. Denne utviklingen er forsterket etter 1981. Årsaken til dette kan være utslippet fra SRV.

Oksygenforholdene i Vestfjordens dypvann er således inne i en positiv utvikling, sammenlignet med forholdene på 1970-tallet. Situasjonen er derimot omvendt på mellomnivåer (ca. 30 meters dyp). Fortsatt er konsentrasjonsnivået i Vestfjordens dypvann klart lavere sammenlignet med forholdene på 30- og 50-tallet.

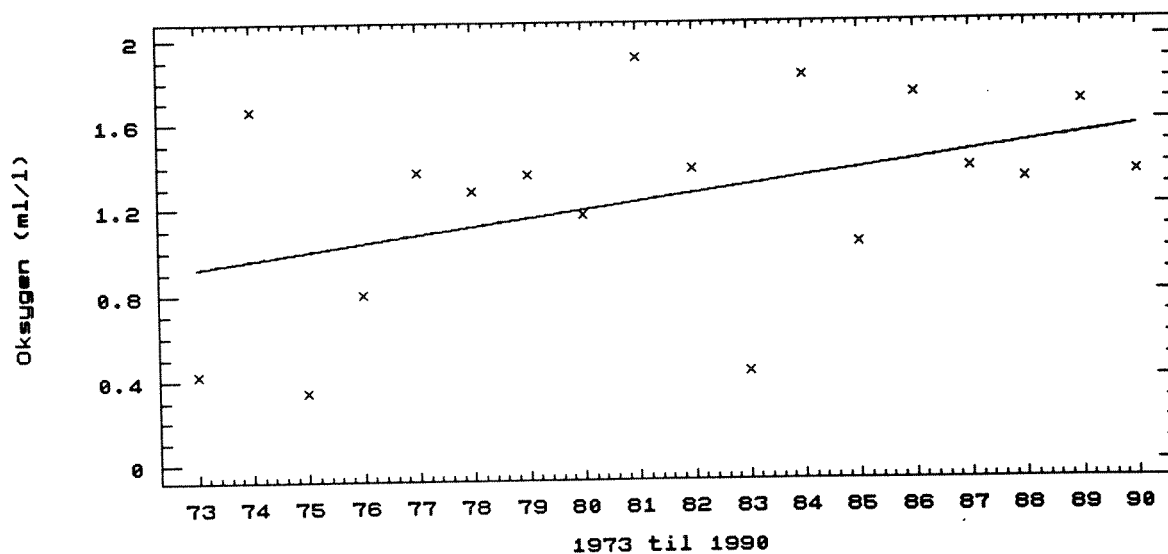


Figur 13. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) oktober 1989 og 1990 sammenlignet med gjennomsnittlige konsentrasjoner 1973-82.

OKSYGENKONSENTRASJON DK1 1973-90 80 METERS DYP

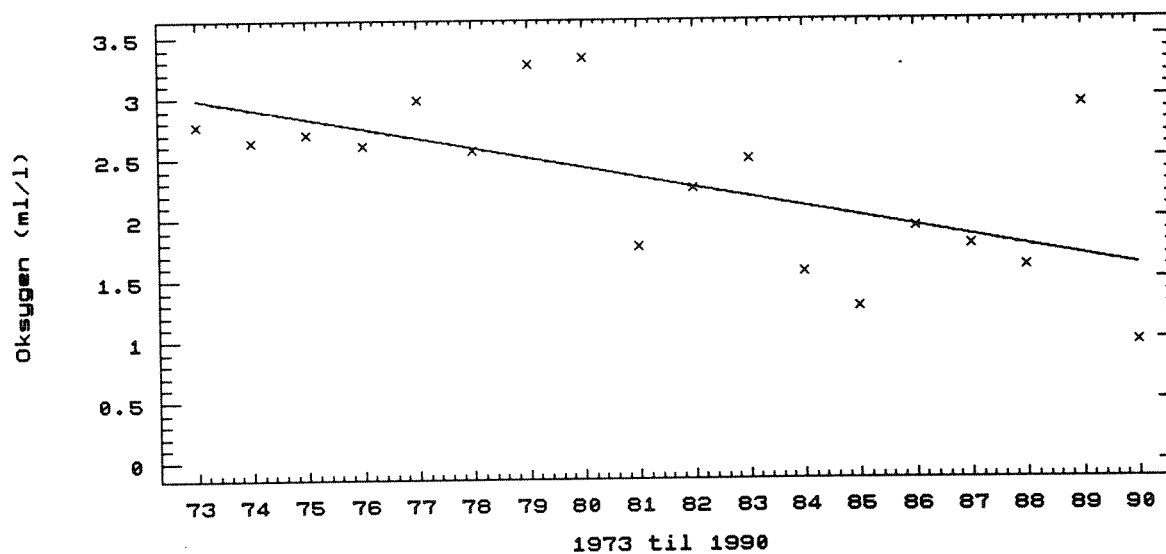


Figur 14. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) på 80 meters dyp 1973-90.



B0: -1.8406 SE: 1.6548 T: -1.1123
 B1: 0.037895 SE: 0.020264 T: 1.8701
 CORR: 0.42352 MSE: 0.19895 DF: 16

Figur 15. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (DK1) på 80 meters dyp i oktober 1973-90.

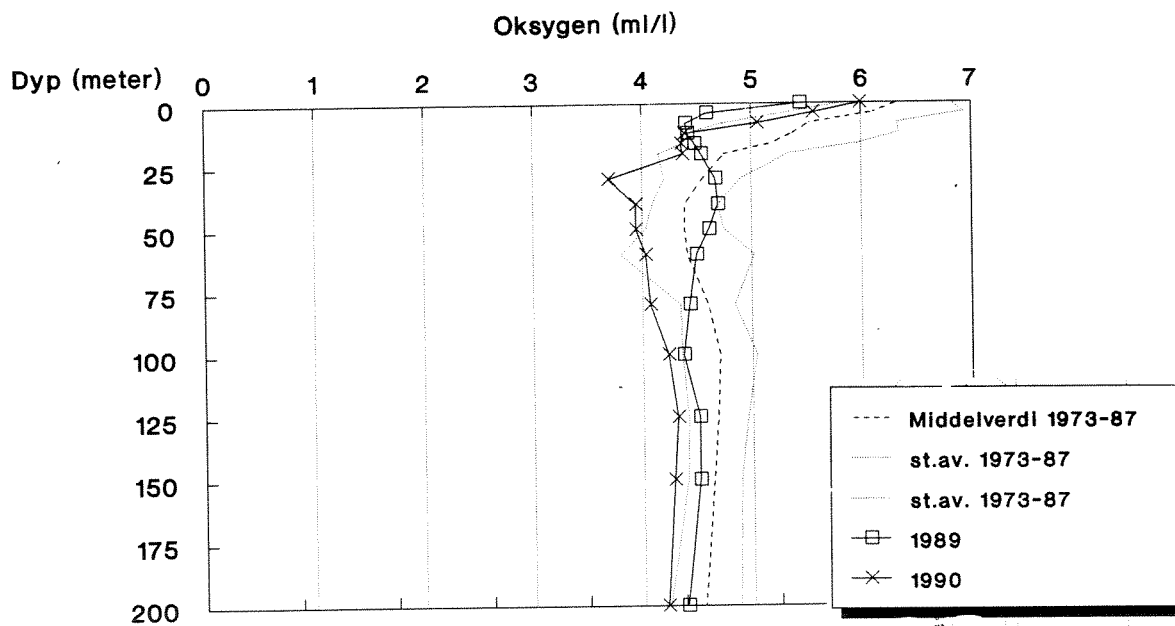


B0: 8.8853 SE: 2.0558 T: 4.3221
 B1: -0.080795 SE: 0.025173 T: -3.2095
 CORR: -0.62583 MSE: 0.30702 DF: 16

Figur 16. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (DK1) på 30 meters dyp i oktober 1973-90.

Drøbaksundet (IM2)

Oksygenvariasjonen i Drøbaksundet fremgår av figur 8. Figuren viser lengre perioder med oksygenkonsentrasjon lavere enn 4.5 ml/l. I oktober 1989 og spesielt i oktober 1990 var oksygenkonsentrasjonen lavere enn gjennomsnittlige konsentrasjoner fra 1973-87 (figur 17). Ettersom det tidligere er konstatert at oksygenkonsentrasjonen om høsten i Drøbaksundets dypvann har hatt en negativ trend, vil resultatene fra 1989 og 1990 styrke denne trenden (Magnusson 1988).



Figur 17. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (IM2) oktober 1989 og 1990, sammenlignet med gjennomsnittlige konsentrasjoner oktober 1973-82.

3.3. Overflatelagets vannkvalitet.

3.3.1. Siktedyp.

Siktedypet gir informasjon om overflatevannets gjennomskinnelighet, dvs. om det er mye eller lite partikler i vannet. Lavt siktedyp i Indre Oslofjord betyr normalt at det er mye planteplankton i overflatelaget, unntatt nær elvemunninger eller når kraftig regnvær tilfører fjorden leirpartikler fra land. Ved samtidige observasjoner av vannets saltholdighet og mengden planteplankton (klorofyll-a), kan årsaken bak et lavt siktedyp klarlegges.

En økning av siktedypet over tid vil bety en forbedring av Indre Oslofjords vannkvalitet, dvs.. mindre planteplanktonbiomasse i overflatelaget og/eller mindre transport av partikler fra land. Ettersom det er store naturlige variasjoner i Indre Oslofjord fra år til år, er en analyse av siktedypets utvikling kun meningsfylt på lengre sikt.

For Indre Oslofjord foreligger siktedypsobservasjoner fra 1962-65 (Oslofjordprosjektet) og deretter 1973-90, hvorav det er to perioder med hyppige observasjoner sommertid (1981-83 og 1988-90). Figur 18-20 viser eksempler av midlere siktedyp i juni til august for Havnebassenget, Bunnefjorden og Vestfjorden i perioden 1973-90. Som fremgår av figurene

er antall observasjoner i begynnelsen av perioden generelt lav. For Vestfjorden og Bunnefjorden, hvor det foreligger flest observasjoner, vises tydelig de store årlige variasjoner. Utviklingen i Havnebassenget synes å være positiv med stadig økende siktedyp, men i perioden 1973-77 foreligger kun 1-2 observasjoner pr. sommer. For å kunne se på utviklingen har derfor samtlige sommerobservasjoner mellom 1973 og 1982 blitt sammenlignet med observasjoner fra perioden 1983-90 (tabell 4).

Valg av perioder er i første rekke gjort med tanke på at antall observasjoner er rimelig fordelt i de to perioder. Den første perioden sammenfaller i tid med utbygningen av rensetiltak i fjorden, som kulminerte med at Sentralrenseanlegg Vest ble tatt i drift i 1982.

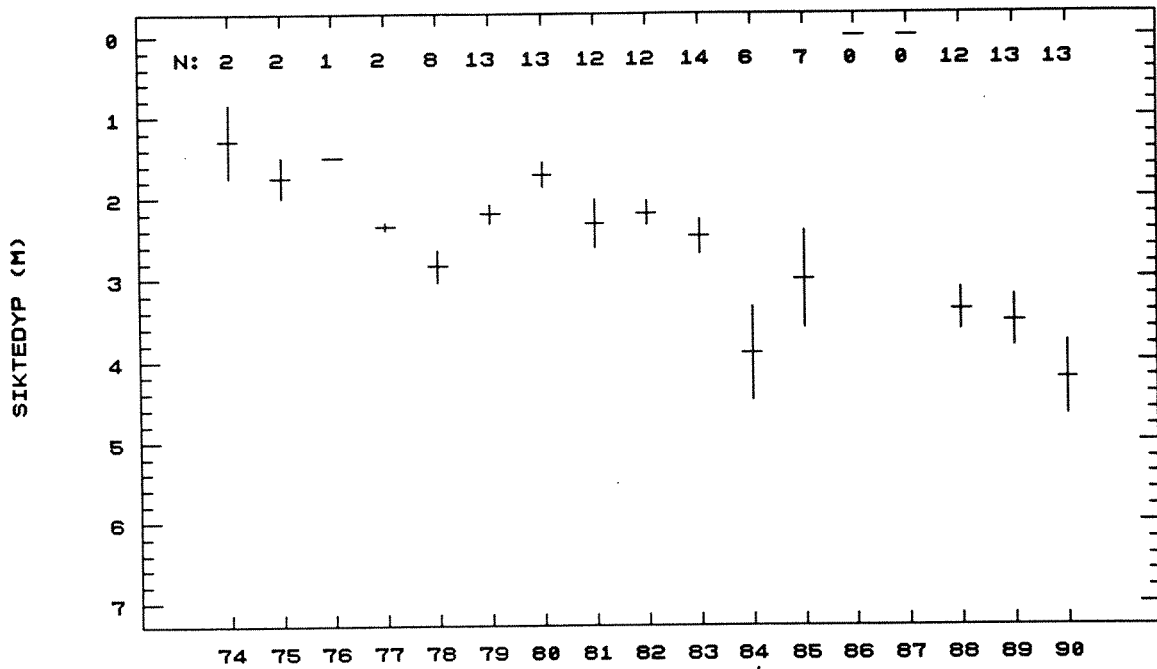
Tabell 4 viser således gjennomgående bedre (større) siktedyp i perioden 1983-90. Forskjellen fra forrige analyse (Magnusson m.fl. 1989) som omfattet t.o.m. år 1988 er dog ikke stor unntatt Bærumsbassenget, hvor økningen i siktedyp nå er markert. Således har siktedypet økt i hele Indre Oslofjord. Tabell 5 viser midlere siktedyp 1962-65 sammenlignet med 1973-82 og 1983-90 for sommermånedene juni/juli. Middelveidene er også sammenlignet i figurene 21 - 22.

Tabell 4. En sammenligning av midlere siktedyp sommerstid 1973-82 og 1983-90. Signifikante forandringer (T-test, sign.nivå 0.05).

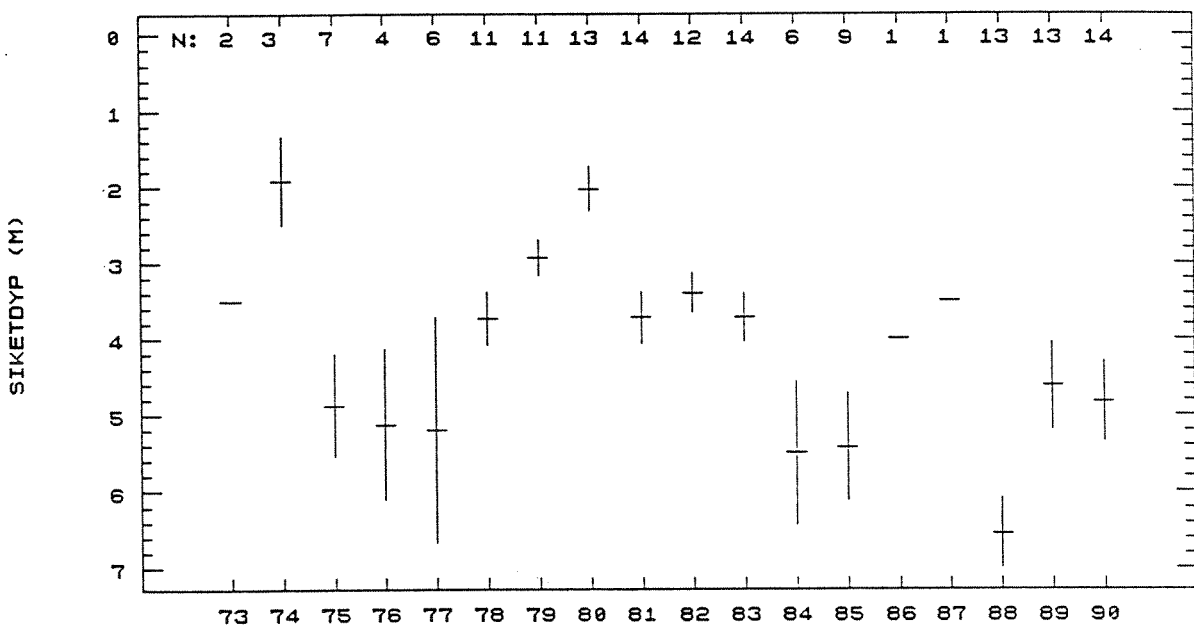
Fjordområde (stasjon)	Antall observasjoner 73-82	Antall observasjoner 83-90	Forandringer i middelveid fra 1973-82 til 1983-90	Sign. nivå
Oslo havnebasseng (AP2)	65	65	+0.9 meter	0.05
Bærumsbassenget (BL4)	36	65	+0.5 meter	0.05
Bekkelagsbassenget (CQ1)	37	69	+0.5 meter	0.05
Bunnefjorden (EP1)	83	71	+0.9 meter	0.05
Lysakerfjorden (BN1)	66	66	+1.0 meter	0.05
Vestfjorden (DK1)	83	68	+ 0.5 meter	0.05

Tabell 5. Siktedyp i juni-juli 1962-65 sammenlignet med 1973-82 og 1983-90.

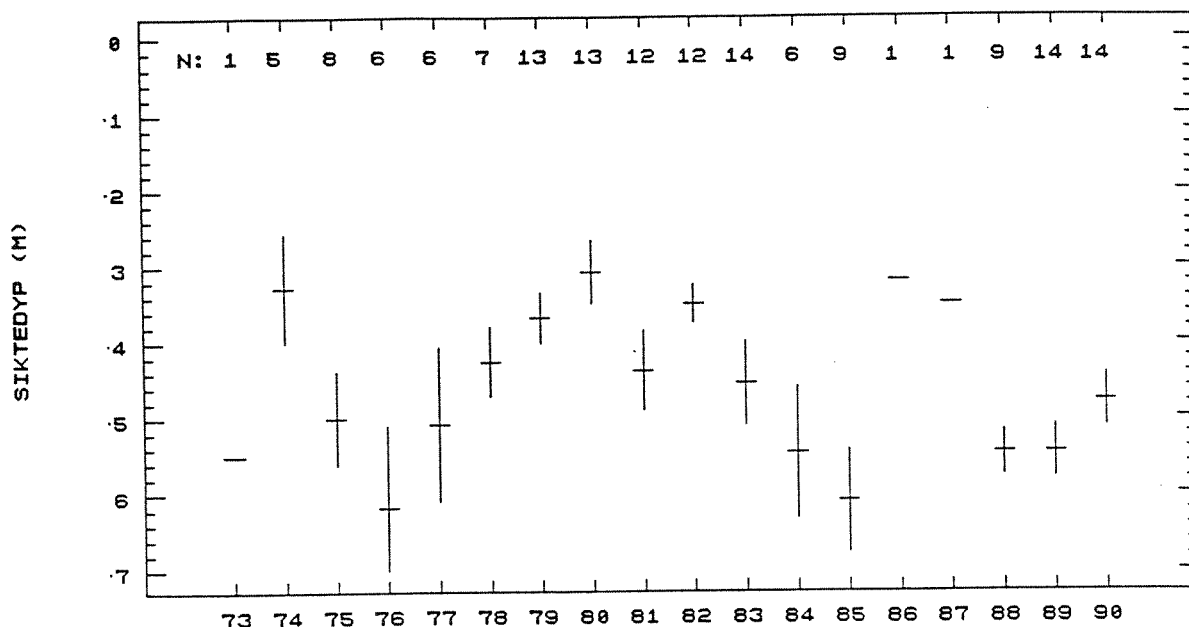
Stasjon	Siktedyp: middelveid (standardavvik); meter		
	1962-65	1973-82	1983-90
AP2	1.8	2.3 (0.1)	3.5 (0.2)
BL4	2.4	2.6 (0.2)	3.7 (0.2)
CQ1	2.5	3.1 (0.2)	3.8 (0.3)
EP1	3.5	3.4 (0.2)	4.8 (0.3)
BN1	2.4	3.1 (0.2)	4.4 (0.2)
DK1	3.9	4.1 (0.2)	4.9 (0.3)



Figur 18. Siktedyp (meter) i Oslo Havnebasseng (AP 2) i perioden 1973 til 1990. Middelerdi og standardavvik for middelerdi av observasjoner fra juni - august. (N=antall observasjoner).



Figur 19. Siktedyp (meter) i Bunnefjorden (EP1) i perioden 1973-90. Middelerdi og standardavvik for middelerdi av observasjoner fra juni-august. (N= antall observasjoner).

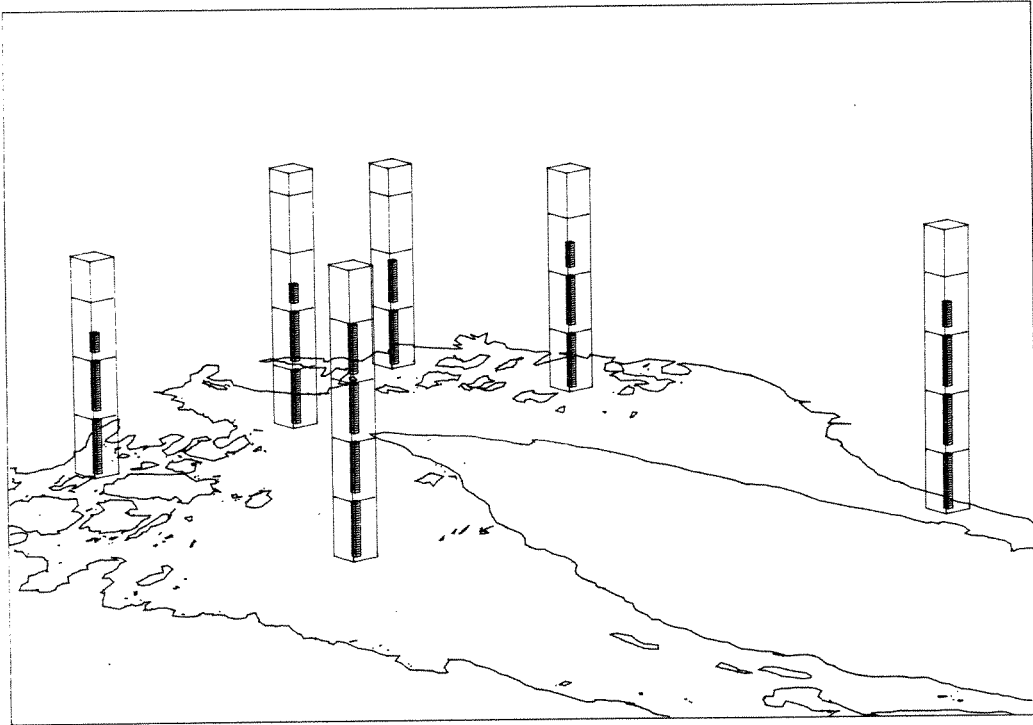


Figur 20. Siktedyp (meter) i Vestfjorden (DK1) i perioden 1973-90. Middelverdi og standardavvik for middelverdi fra juni-august. (N=antall observasjoner).

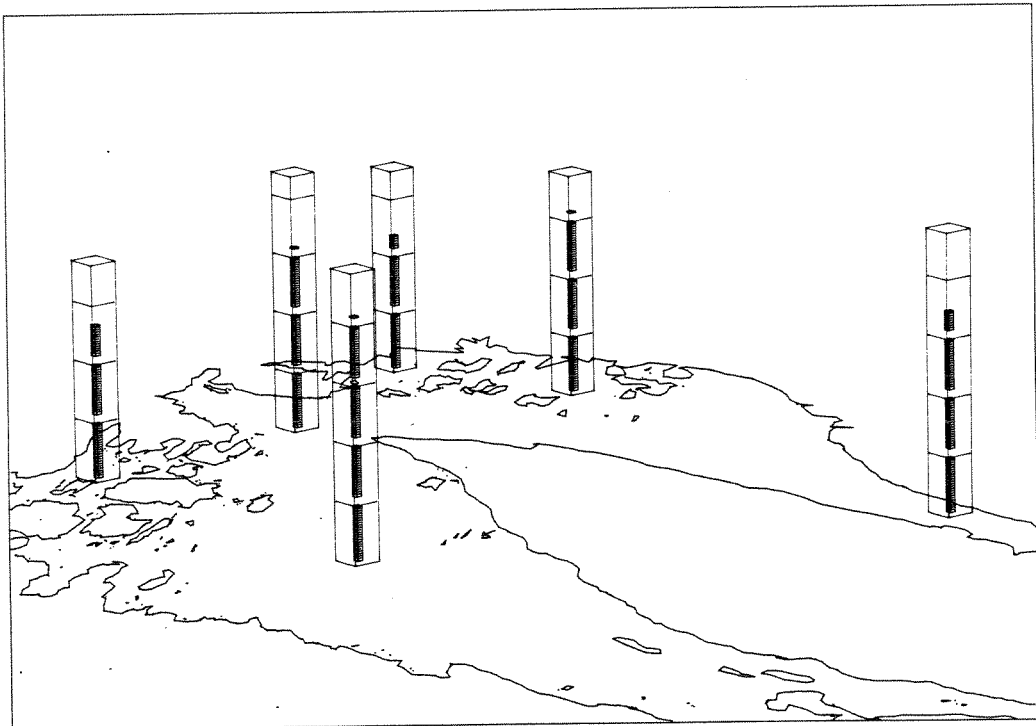
Forutsettes samme standardavvik på observasjonene i 1962-65 som i 1983-90 og at signifikant forskjell i middelverdi forutsetter forskjell utenfor dobbelt standardavvik, vil siktedypet ikke være signifikant forskjellig i 1973-82 sammenlignet med 1962-65. Middelverdiene i 1973-82 ligger imidlertid gjennomgående over middelverdiene fra 1962-65, unntatt for Bunnefjorden (EP1). Derimot er samtlige middelverdier i perioden 1983-90 signifikant større enn middelverdiene i 1962-65, unntatt for Vestfjorden (DK1). Det er også en signifikant forskjell mellom periodene 1973-82 og 1983-90 for Havnebassenget (AP2), Bærumsbassenget (BL4) og Bunnefjorden (EP1). Imidlertid er tendensen positiv også for Bekkelagsbassenget og Vestfjorden i det middelverdien er større for perioden 1983-90.

Konklusjonen på analysen av foreliggende siktedypsobservasjoner blir at overflatevannets gjennomsnittlighet var best i perioden 1983-90 sammenlignet med 1962-95 og 1973-82. I enkelte områder i fjorden var overflatelagets gjennomsnittlighet i 1973-82 til tider litt dårligere eller omtrent uforandret (Bunnefjorden og Vestfjorden) sammenlignet med 1962-65. På tross av en noe større middelverdi i 1973-82 var det ikke noen signifikant forskjell mellom periodene. I 1983-90 har det skjedd en signifikant forbedring i fjorden, sammenliknet med perioden 1973-82 og det samme gjelder også sammenlignet med perioden 1962-65, unntatt for Vestfjorden. Overflatelagets vannkvalitet har således i store deler av fjorden blitt bedre enn det var på 1960- og 1970-tallet.

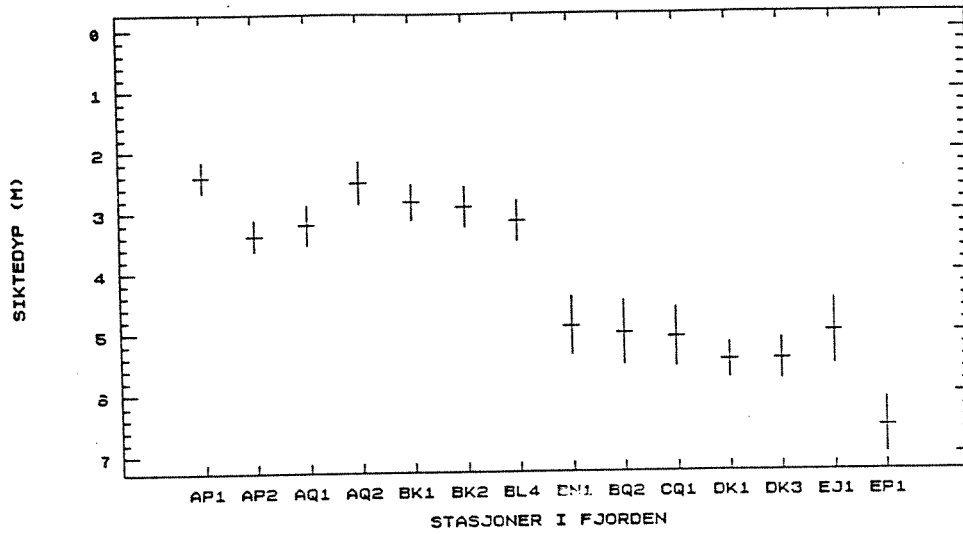
Samtlige siktedypsobservasjoner fra 1988-1990 er presentert i figur 23-25. Figurene viser en gradient fra de indre bassengene til hovedfjorden med økende siktedyp i 1988-89. I 1990 er siktedypet omtrent like stort i de indre bassengene i juni-august som i hoveddelene av fjorden. På de tre årene har således siktedypet økt i de indre deler av fjorden og minnet i hoveddelene av fjorden slik at forskjellene i fjorden er blitt utjevnet. Kommende observasjoner vil kunne avklare om dette er en tilfældighet eller en reell forandring som skyldes rensetiltak.



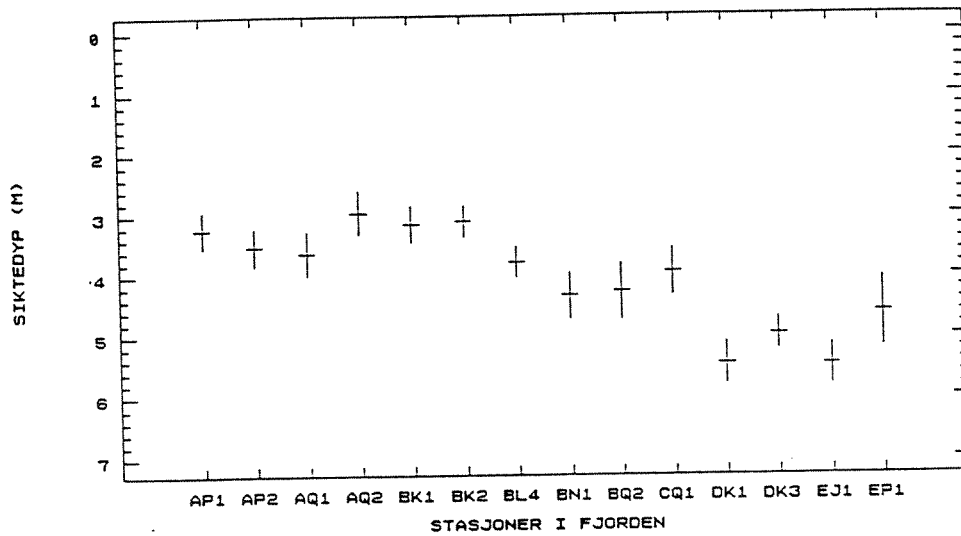
Figur 21. Gjennomsnittlig siktedyp (meter) i Indre Oslofjord juni-juli 1962-65 (svarte stabler), sammenlignet med 1983-90 (ofylde stabler).



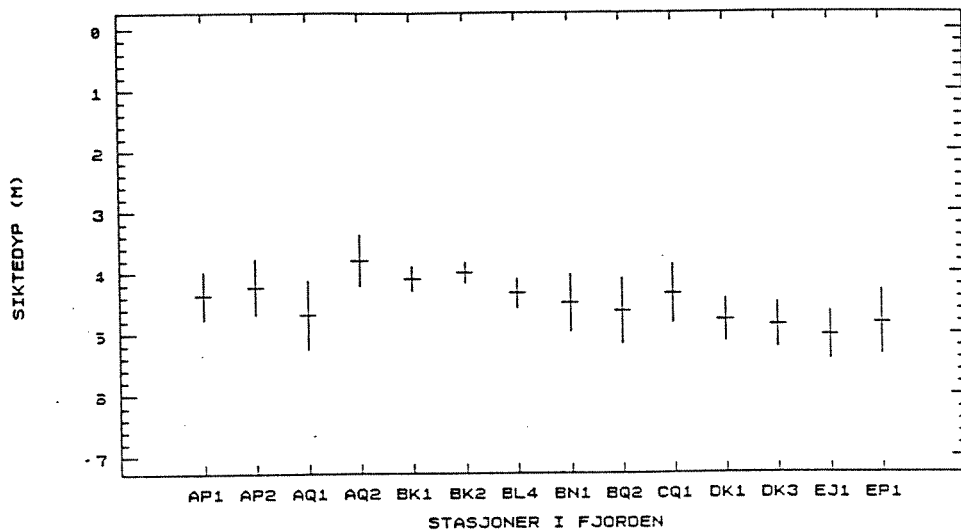
Figur 22. Gjennomsnittlig siktedyp (meter) i Indre Oslofjord juni-juli 1973-82 (svarte stabler), sammenlignet med 1983-90 (ofylde stabler).



Figur 23. Siktedyp (meter) i Indre Oslofjord juni-august 1988. (Middelverdi og standardavvik for middelverdi).



Figur 24. Siktedyp (meter) i Indre Oslofjord juni-august 1989. (Middelverdi og standardavvik for middelverdi).



Figur 25. Siktedyp (meter) i Indre Oslofjord juni-august 1990. (Middelverdi og standardavvik for middelverdi).

3.3.2. Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a).

Klorofyll-a er et indirekte mål på planteplanktonbiomassen. Avtakende konsentrasjoner skulle bety mindre biomasse i fjordens overflatelag. Klorofyll-a prøver blir tatt fra overflatevann (0-2 meters dyp). Avtakende klorofyllkonsentrasjoner behøver således ikke bety at den totale planteplanktonbiomassen blir mindre, men kan også bety at planteplanktonet fordeler seg jevnere over dypet i fotosyntesesonen, eller ligger nær sprangsjiktet som følge av bedre næringsforhold i dette vannlag. Avtakende klorofyll-a konsentrasjoner vil imidlertid generelt kunne tolkes som en positiv utvikling for Indre Oslofjords overflatelag, spesielt når trenden sammenfaller med økende siktedyp.

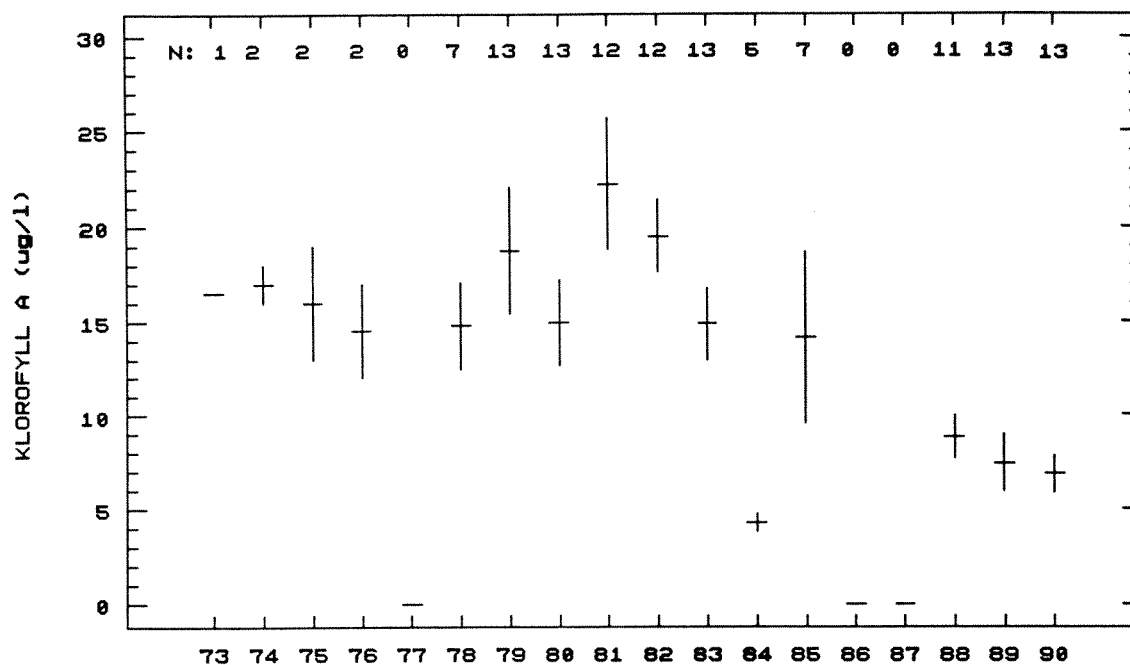
Figurene 26-28 viser middelerdi og standardavvik for juni til august av klorofyll-a på tre stasjoner i fjorden (AP2, EP1 og DK1). For Havnebassenget (AP2) viser figur 26 en dramatisk nedgang i klorofyllkonsentrasjonen fra 1976-83 til 1988-90. Generelt avtakende konsentrasjoner finnes også i observasjoner i Bunnefjorden (EP1, figur 27), men ikke like tydelige for Vestfjorden (DK1, figur 28). Tabell 6 viser en statistisk test av differansen i middelerdi mellom periodene 1973-82 og 1983-90, analogt med analysen av siktedyp i kapittel 3.3.1.

Tabell 6 viser at det er signifikant avtakende konsentrasjoner i hele fjorden i perioden 1983-90 sammenlignet med 1973-82. Den største forandringen har vært i Havnebassenget, Bekkelagsbassenget, Lysakerfjorden og Bunnefjorden. I Vestfjorden og Bærumsbassenget er konsentrasjonsnedgangen liten. Figurene 26-28 viser samme utvikling for klorofyll-a som for siktedyp i 1988-90, med forandringer i fjordens indre bassenger mot konsentrasjonsnivåer som ligner på de i hoveddelene av fjorden.

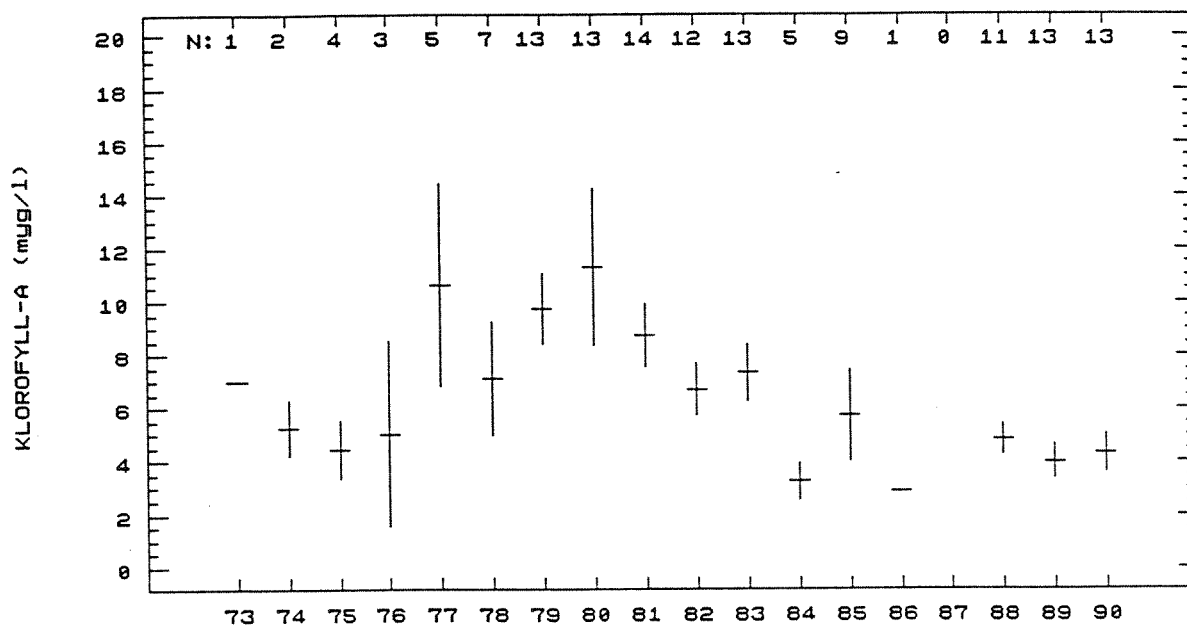
Tabell 6. En sammenligning av midlere klorofyll-a konsentrasjon i Indre Oslofjords overflatevann sommertid 1973-82 og 1983-90. Signifikante forandringer (T-test, sign.nivå 0.05).

Fjord-område (stasjon)	Antall observasjoner 73-82	Antall observasjoner 83-90	Forandringer i middelerdi fra 1973-82 til 1983-90	Sign. nivå
Oslo havnebasseng AP2)	64	62	- 5.9 µg/l	0.05
Bærumsbass. BL4)	31	60	- 0.04 µg/l	0.05
Bekkelagsbass. (CQ1)	34	65	- 2.5 µg/l	0.05
Bunnefjorden (EP1)	74	65	- 2.0 µg/l	0.05
Lysakerfjord. (BN1)	75	63	- 1.1 µg/l	0.05
Vestfjorden (DK1)	72	61	- 0.03 µg/l	0.05

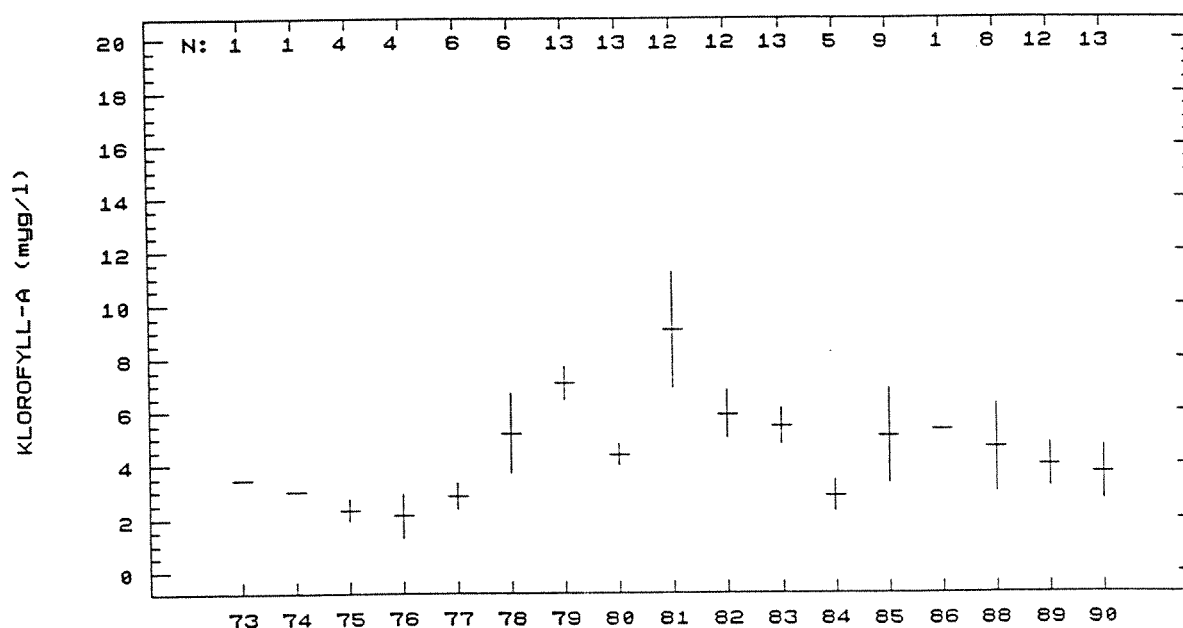
Hovedkonklusjonen blir: en signifikant forbedring i Indre Oslofjords overflatevann, med avtakende planteplanktonbiomasse, som har vært spesielt markert fra Lysakerfjorden og innover i fjorden.



Figur 26. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Oslo havnebasseng (AP2) i perioden 1973 til 1990. Middelverdi og standardavvik for middelverdi av observasjoner fra juni-august. (N=antall observasjoner).



Figur 27. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Bunnefjorden (EP1) i perioden 1973 til 1990. Middelverdi og standardavvik for middelverdi av observasjoner fra juni-august. (N=antall observasjoner).



Figur 28. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Vestfjorden (DK1) i perioden 1973 til 1990. Middelverdi og standardavvik for middelverdi av observasjoner fra juni-august. (N=antall observasjoner).

3.3.4. Planteplankton.

Formålet med registrering av planteplankton i Indre Oslofjord er for å følge med i forekomsten av spesielt giftige alger. Masseforekomster av planteplankton kan forårsake en rekke skader, ulemper og uønskede virkninger på livet i havet. Masseoppblomstringer fører til misfarging av vann, og gjør dette lite tiltalende for rekreasjon og fritidsbrukere. Store oppblomstringer i områder med dårlig vannutskifting kan sekundært føre til lave oksygenkonsentrasjoner i dypvannet.

Det er dokumentert at flere av de planktonalgene som danner masse- oppblomstringer i våre farvann (bl.a. innen slektene Alexandrium, Dinophysis, Chrysochromulina, Gymnodinium, Gyrodinium og Prymnesium) kan produsere giftstoffer (toksiner). Disse toksinene påvirker organismene i havet direkte eller indirekte ved at toksinene akkumuleres i næringsorganismer. Dette har ført til at blåskjell i indre Oslofjord i store deler av sommersesongen kan inneholde planktonalgegiften DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning - diarèfremkallende skjellgift).

I 1989/90 har kvantitative planktonalgeprøver blitt analysert fra 0-2 meters dyp på stasjon DK1 i Vestfjorden (se vedlegg 1). Tabellarisk oversikt er gitt i vedlegg 1 av analyser på enkelte andre stasjoner som har hatt spesielt lavt siktedyp eller høy klorofyllkonsentrasjon.

Planktonalsituasjonen i 1989 og 1990.

Figur 29 viser siktedyp og klorofyll-a i Vestfjorden (DK1) 1989-90. Vinterstid er det generelt lav planktonbiomasse og store siktedyp, spesielt i sammenheng med dypvannsfornyelser. Klorofyllkonsentrasjonen viser dels en markert våroppblomstring i april 1989, dels en meget markert oppblomstring høsten 1990. Ved våroppblomstringen (april) 1989 ble det klaget på

nedslimete garn fra fiskere i Bunnefjorden. Dett var en effekt av en planteplanktonoppblomstring. Den markerte klorofylltoppen september 1990 var Gyrodinium aureolum, som ble ført inn i Indre Oslofjord fra Ytre Oslofjord, hvor den ble registrert i betydelig større konsentrasjoner. Samtidig med at denne algen ble registrert ved søndre Langaara klaget enkelte yrkesfiskere over "dårlig" fisk i området. Det ble imidlertid ikke rapportert om død fisk i Indre Oslofjord i denne perioden. I Ytre Oslofjord og langs sørlandskysten dog fisk i oppdrettsanlegg og frittlevende fisk. I 1981 var det også en større oppblomstring av G. aureolum i Skagerrak. Den gangen etablerte algen seg i Indre Oslofjord tre uker senere og det ble rapportert om fiskedød på vestsiden av Nesodlandet (laks og torsk ved Vassholmen og Ildjernet (Källqvist m.fl. 1982)).

Planktonalgessituasjonen i 1989

Våroppblomstringen som var liten, bestod hovedsakelig av kjededannende kaldtvannsdiatomeer i indre Oslofjorden. I løpet av mai ble Thalassionema nitzschiodes registrert sammen med sommerdiatomeene Leptocylindrus danicus og Rhizosolenia fragilissima, men i små konsentrasjoner.

Dinoflagellater innen slekten Dinophysis ble funnet i april og mai. Disse er DSP produserende og forårsaker giftige blåskjell. Det ble i denne perioden påvist DSP i blåskjell ved Bjørkåstangen (SNT 1990). Ellers ble det funnet små mengder av andre dinoflagellater.

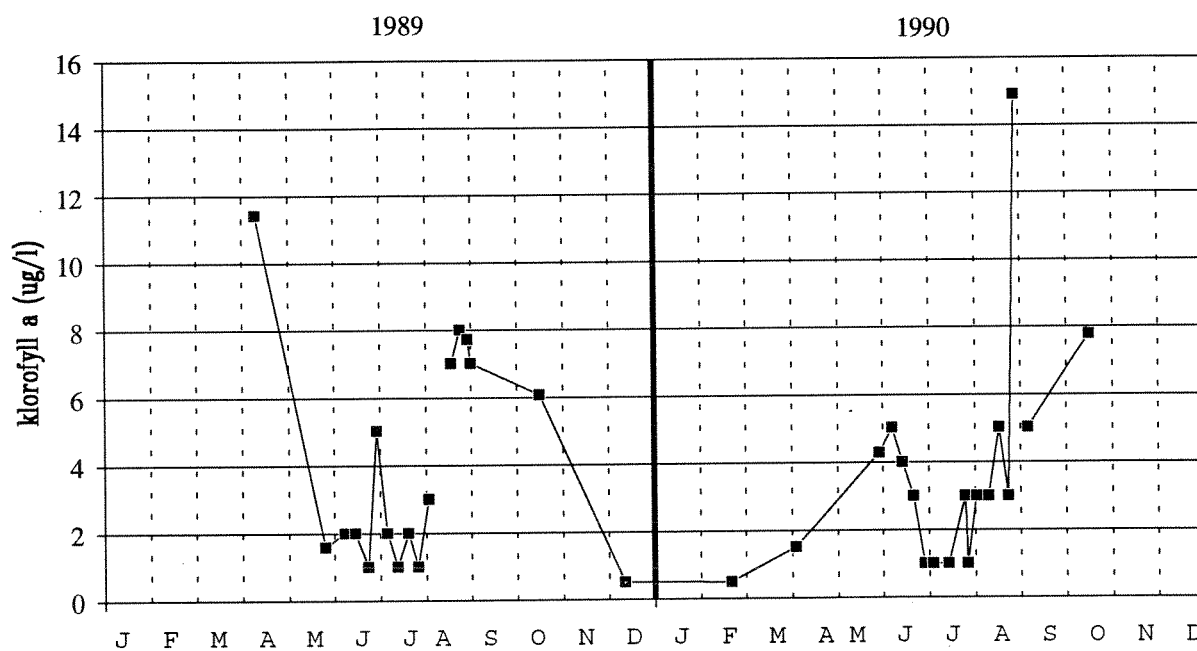
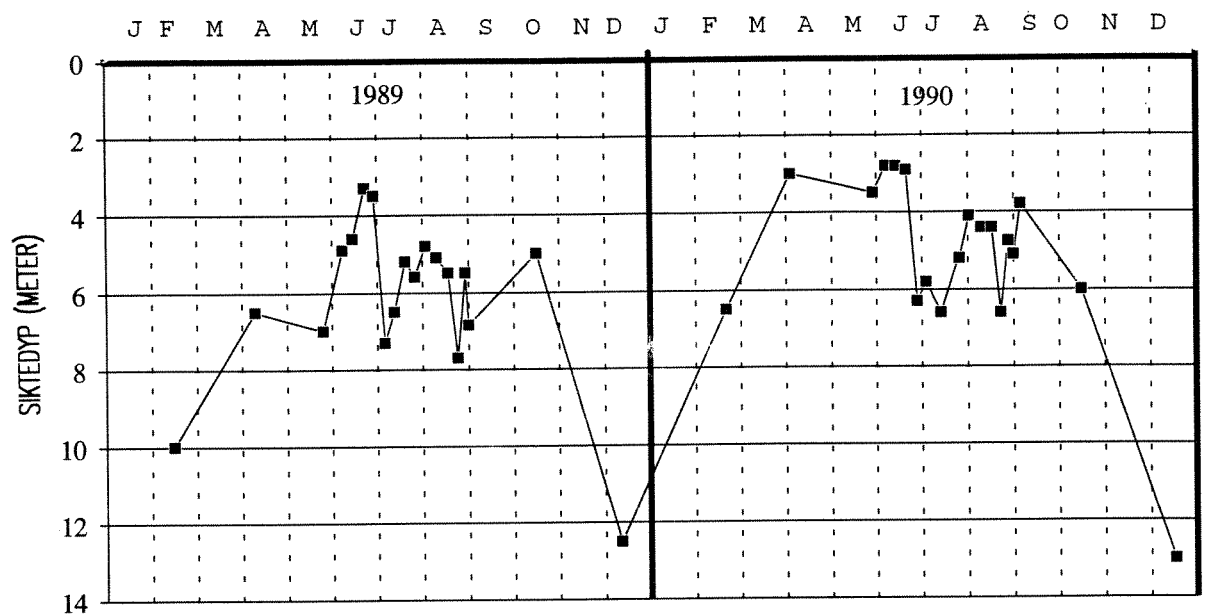
Kalkflagellaten Emiliania huxleyi ble påvist i slutten av mai, og i juni var cellemaksimum med 11.7 mill. c/l. E. huxleyi var å finne i planktonet i store konsentrasjoner ut august og muligens også lenger, men det ble ikke tatt planktonalgeprøver i september. I Ytre Oslofjord var E. huxleyi å finne ut september (Larsen 1990). Sammen med E. huxleyi-oppblomstringen var det i juni til dels store konsentrasjoner av Cerataulina pelagica, L. danicus og R. fragilissima.

Dinoflagellater var det lite av i juni, men det ble funnet 3.000 c/l av Dinophysis acuminata. I denne perioden var det fremdeles påvist DSP i blåskjell i indre Oslofjord (SNT1990). I begynnelsen av juli ble det ikke påvist Dinophysis-arter i planktonet og DSP i blåskjell var redusert (SNT 1990).

Forskjellige arter av dinoflagellater var å finne fra slutten av juli og i hele august. I celletall var det Prorocentrum minimum og Prorocentrum micans som var de dominerende, men Ceratium furca var også å finne i relativt store cellekonsentrasjoner. Dinophysis-arter var å finne, men i mindre mengder. Det ble ikke tatt prøver for å teste på giftige blåskjell i denne perioden. Dictyocha speculum som er påvist toksisk for fisk, ble funnet i midten av august med 4.000 c/l. I midten av oktober var det fremdeles en del av de ovennevnte dinoflagellater, men kun C. furca ble funnet av noen betydning.

I slutten av august ble diatomeen Nitzschia delicatissima registrert og i midten av oktober var den å finne i 2.8 mill. c/l.

Celletallet av nakne flagellater <15 µm varierte gjennom året med størst konsentrasjon i første halvdel av juni.



Figur 29. Siktedyp og klorofyll-a i overflatevann (0-2 m) fra Vestfjorden (DK1) 1989-90.

Planktonalgesituasjonen i 1990

Ubetydelige konsentrasjoner av kiselalger var å finne i de analyserte prøver for februar, april og mai. Fra slutten av mai til siste halvdel av juni forekom R. fragilissima i store konsentrasjoner i hele indre Oslofjord med maksimum celletall på 2.7 mill. c/l. N. delicatissima var å finne i moderate konsentrasjoner, men stort sett på stasjonene innerst i fjorden. I juli måned var enkelte Chaetoceros-arter å finne i fjorden i moderate mengder. Utover sommeren og høsten var det ubetydelige mengder av kiselalger i planktonet.

Frem til slutten av juli var det kun små konsentrasjoner av dinoflagellater i planktonet og det var P. micans som var den dominerende dinoflagellaten til siste halvdel av august. Gyrodinium aureolum som er en art som kan forårsake fiskedød forekom i store konsentrasjoner i indre Oslofjord fra slutten av august og utover i september. Det største celletallet som ble funnet i prøvene fra indre Oslofjord var i Vestfjorden med 1.1 mill. c/l i begynnelsen av september. I Drøbaksundet ble det funnet hele 11.5 mill. c/l av G. aureolum (Larsen 1991). I Sandebukta (Vestfold) ble det funnet død sjøørret og flyndre p.g.a. den samme oppblomstringen (Larsen 1991). Gymnodinium galatheanum var å finne under G. aureolum-oppblomstringen. Dinophysis-arter var periodevis å finne i planktonet, men i lave konsentrasjoner med cellemaksimum på 2.000 c/l. Fra slutten av mai og utover til første halvdel av september var det påvist DSP-gift i blåskjell ved Bjørkåstangen (*SNT 1990).

E. huxleyi forekom i store konsentrasjoner fra begynnelsen av juni til prøvetakingens slutt i oktober. Den var den dominerende arten i planktonet med unntak av G. aureolum-oppblomstringen. E. huxleyi forekom i størst konsentrasjon i midten av juni måned med nærmere 7 mill. c/l.

Celletallet av nakne flagellater <15µm varierte gjennom året med størst konsentrasjon i første halvdel av juni.

Sammenligning med tidligere observasjoner.

Sammenlignet med nyere planktonalgetellinger var det i 1986 store konsentrasjoner av Chaetoceros-arter under våroppblomstringen. I juni måned var det store konsentrasjoner av Skeletonema costatum (Paasche et. al. 1987). I 1988 var det moderate konsentrasjoner av Chaetoceros-arter og S. costatum (Magnusson et.al. 1989). I 1989 og 1990 ble det funnet ubetydelige mengder av Chaetoceros-arter og S. costatum ble ikke funnet i noen av de analyserte prøvene, selvom det var store oppblomstringer av S. costatum i ytre Oslofjord i mai og juni både i 1989 og 1990 (Larsen 1990 og 1991). M.h.p. dinoflagellater er det først og fremst G. aureolum-oppblomstringen i 1990 som skiller seg vesentlig fra situasjonene i 1986, 1988 og 1989. E. huxleyi hadde i 1989 og 1990 store oppblomstringer i forhold til i 1986 og 1988.

3.3.5 Fastsittende alger.

Innledning

Sammensetningen av organismesamfunnene i en fjord er opprinnelig bestemt av naturlige fysiske, kjemiske og biologiske miljøfaktorer. Endringer i disse samfunnene kan skyldes naturlige miljøpåvirkninger, sivilisatoriske påvirkninger eller en kombinasjon av disse. I Indre Oslofjord ble gruntvannssamfunnene på 8 utvalgte stasjoner kartlagt i 1974 og 1975 (Magnusson m.fl. 1976 og 1977). Parallelt ble horisontalutbredelsen av fem vanlige tangarter registrert på over 120 stasjoner i hele undersøkelsesområdet. Disse utvalgte artene er flerårige og kan tjene som gode indikatorer på det omgivende vannmiljø. Fra 1974 til 1980 ble registreringen av tang utført årlig på alle stasjoner (Bokn & Lein 1978, Bokn 1979, Kirkerud m.fl. 1979, og Bokn m.fl. 1981). Registreringene ble gjenopptatt i 1988 i henhold til langtidsprogrammet (Magnusson m.fl. 1989).

Indre Oslofjord har den fordel fremfor mange andre fjorder at det foreligger data om samfunnsstrukturen til tang og tare langt tilbake i tid (Gran 1897, Sundene 1953, Grenager 1957 og Klavestad 1967). Ved bruk av disse referansedata kan utviklingen av algevegetasjonen i deler av fjorden vurderes over mange decennier.

Ved gjentatte registreringer har en kunnet spore utviklingstrender over tid (Bokn 1979). På grunn av vekslingen i naturgitte faktorer, er det nødvendig å gjøre undersøkelser over flere sammenhengende år. Uten dette blir det vanskelig å bekrefte tendenser og å skille forurensningseffekter fra naturlige variasjoner.

I denne rapporten vil resultatene fra 1989 og 1990 bli beskrevet, og sammen med dataene fra 1988 vil de bli sammenlignet med tidligere registreringer fra 1974 til 1980.

Materiale og metoder

Undersøkelsene omfatter registrering av de fem vanlige brunalgene: Spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang og sagtang på 123 strandområder (stasjoner) i Bunnefjorden, Bekkelagsbassenget, Havnebassenget, Bærumsbassenget og Vestfjorden, 3-4 km syd for Drøbak (figur 30).

På hver stasjon blir tangartene registrert på et horisontalområde, som strekker seg over en lengde på ca. 10-40 m avhengig av strandens beskaffenhet. Alle fem tangartene er avhengig av fast substrat (fjell og stein), og de undersøkte lokalitetens substrat ble valgt ut fra dette kriterium. En mengdemessig vurdering av de ulike artene på hver stasjon er gitt for hvert år.

Inndelingen er:

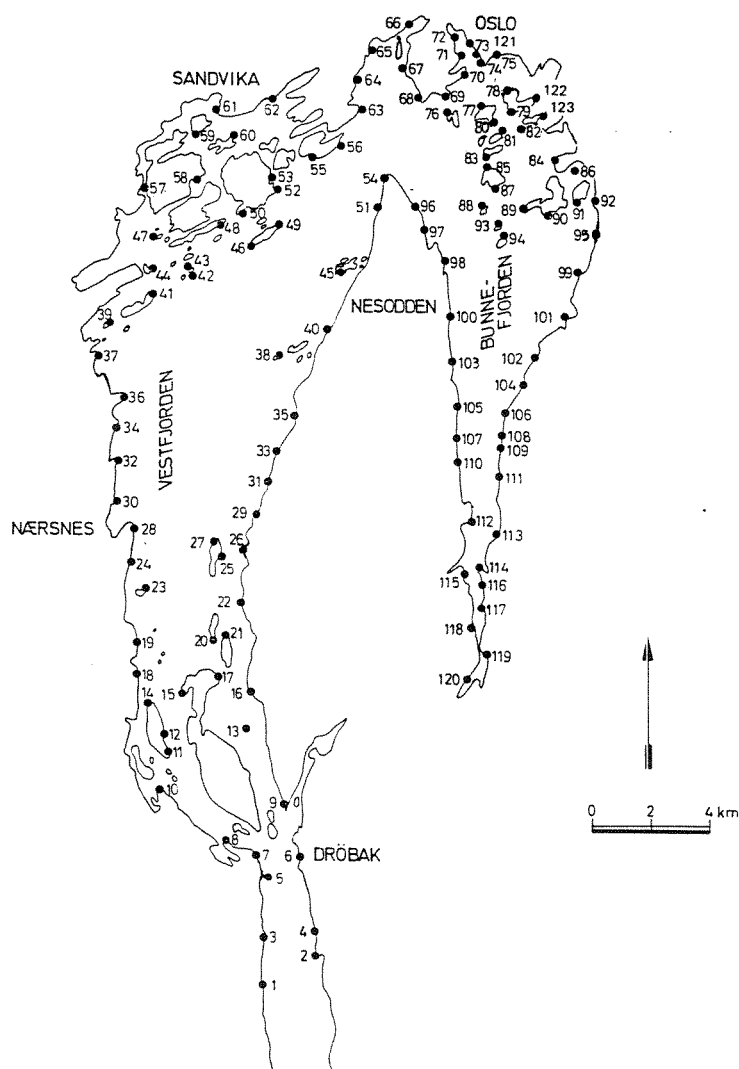
- 3 = assosisjonsdannende (dominerende)
- 2 = vanlig
- 1 = sjelden

Registreringene ble gjennomført 18.-21. mai 1989 og 24., 25. og 28. april, samt en tilleggsundersøkelse 3. juli 1990. Tidspunktet for hovedundersøkelsene er valgt fordi

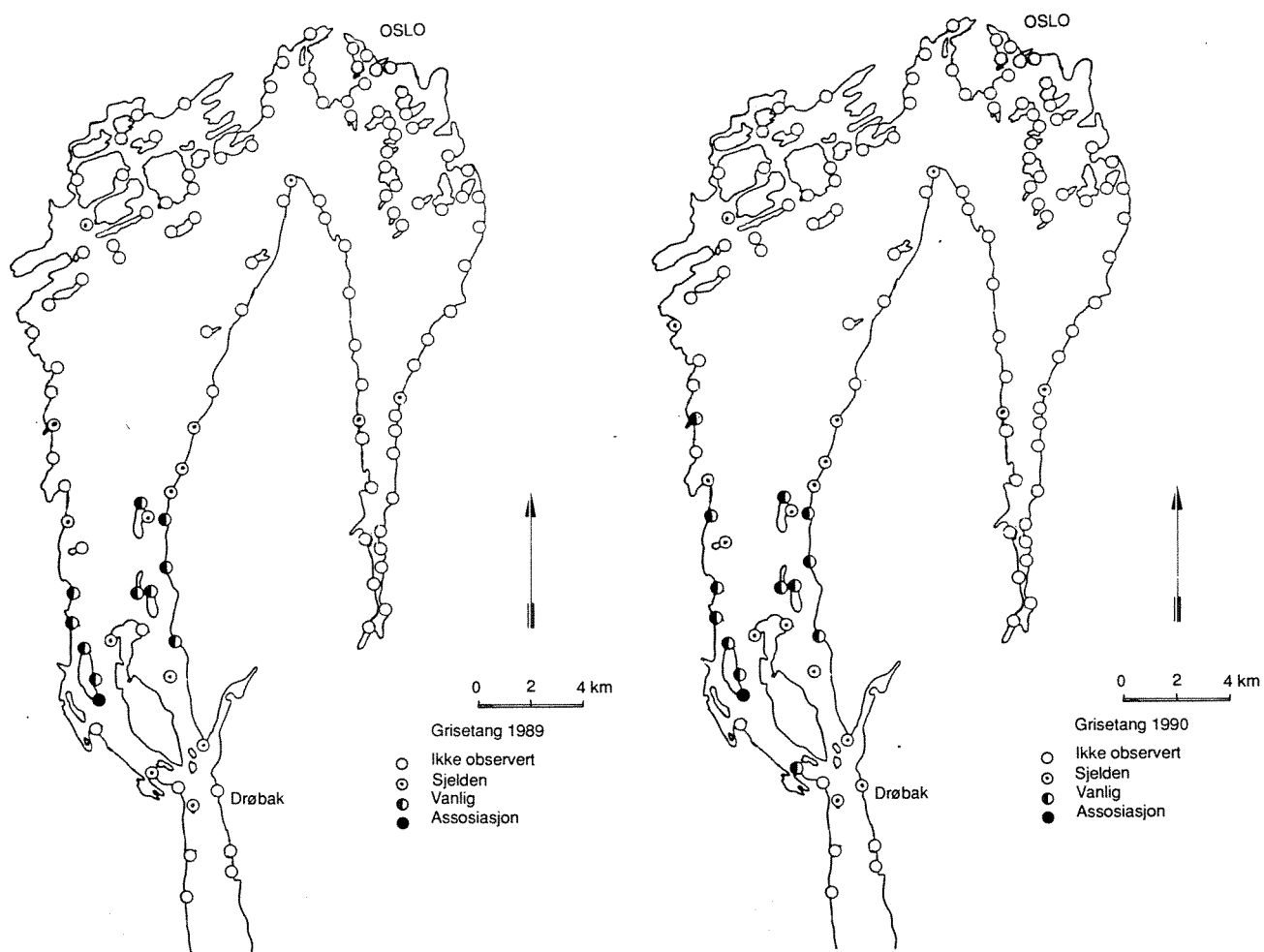
gjelvtang har velutviklede reseptakler (bærere av kjønnsceller) i perioden april-mai, og kan således lett skilles fra blæreløse former av blæretang.

Resultater

Utbredelsen av hver enkelt tangart i 1989 og 1990 fremgår av kartene på figurene 31, 33, 35, 37 og 39, og hver stasjon er merket med symboler for assosiasjon, vanlig, sjelden og ikke registrert. I figurene 32, 34, 36, 38 og 40 er utbredelsen og den mengdemessige sammensetning fremstilt for alle registreringsår siden 1974.



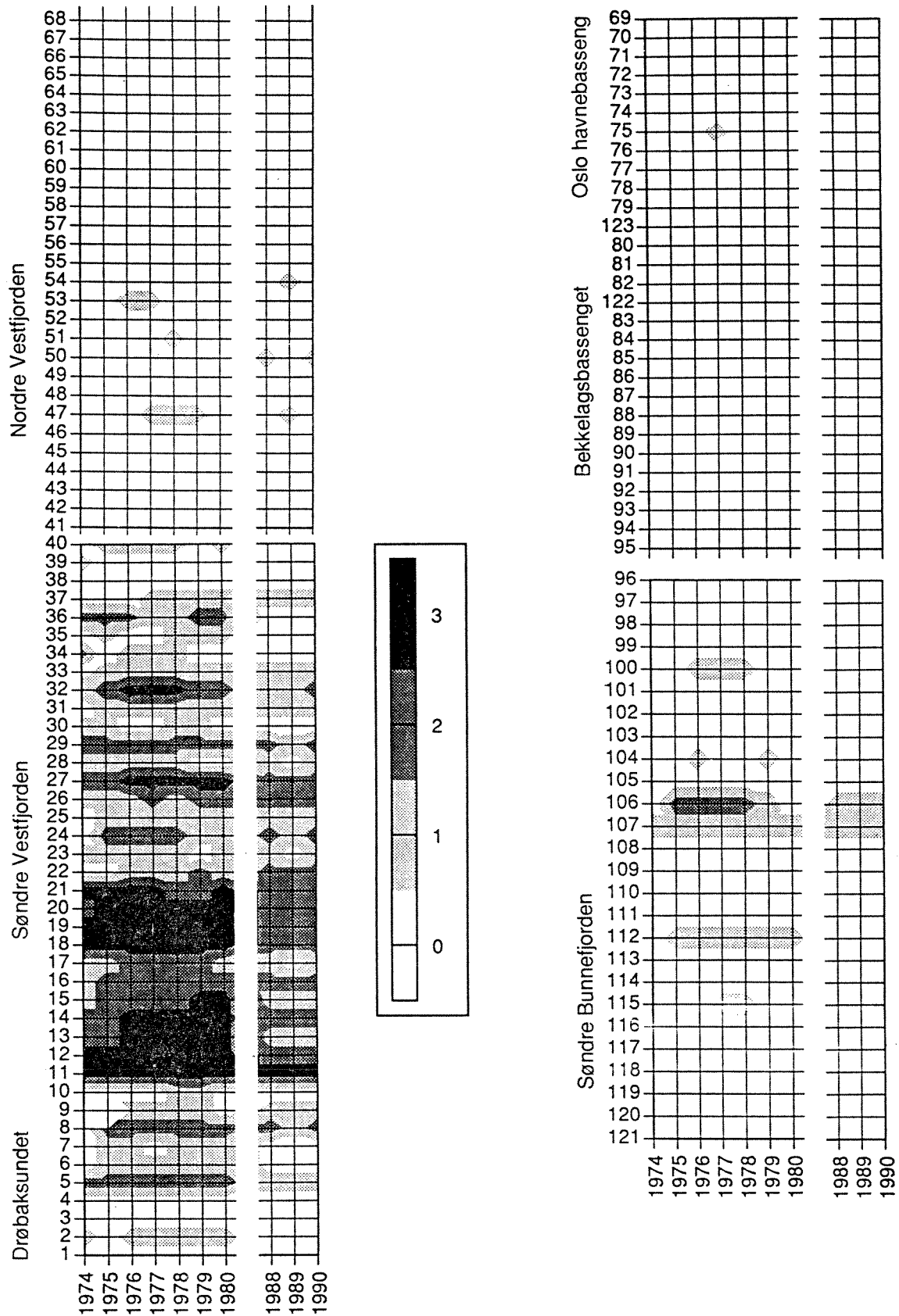
Figur 30. Stasjoner for registrering av tang i Indre Oslofjord.



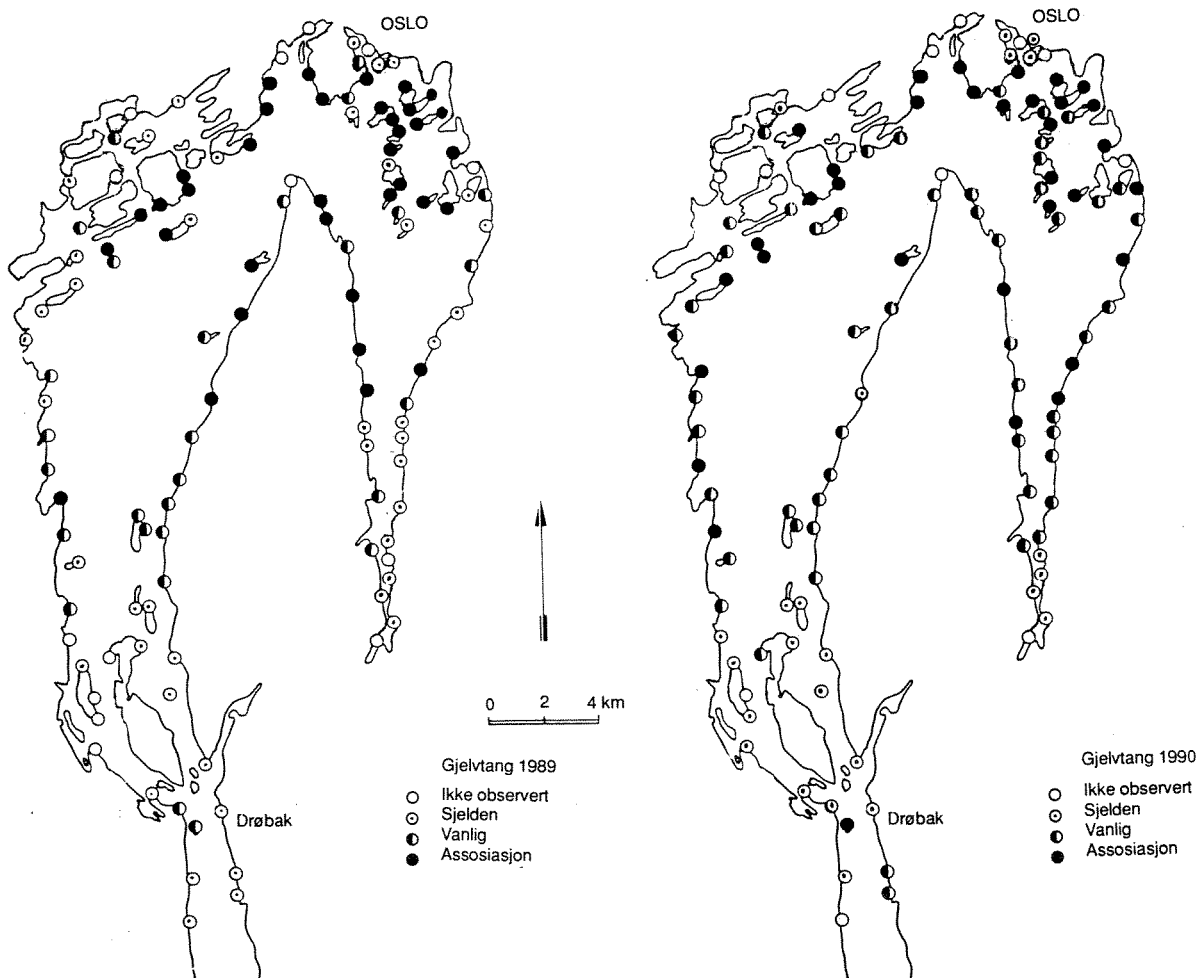
Figur 31. Utbredelse av Ascophyllum nodosum - grisetang i Indre Oslofjord i 1989-90.

Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol. - Grisetang .

Siden registreringene startet i 1974 har denne arten hatt hovedutbredelsen sin syd for Steilene. I de andre områdene av fjorden er algen funnet på kun spredte lokaliteter. Det har vært små endringer å spore gjennom 16 år, men naturlige variasjoner er observert på noen av stasjonene, særlig i Vestfjorden (figur 32). Imidlertid er det funnet en signifikant reduksjon i ytre del av Vestfjorden (tabell 8). I Bunnefjorden har det i alle år vært sparsomme forekomster. I siste halvdel av 1970-årene ble arten registrert på 6 stasjoner, mens det kun ble registrert grisetang på to stasjoner i 1988-90. Denne reduksjonen er signifikant.



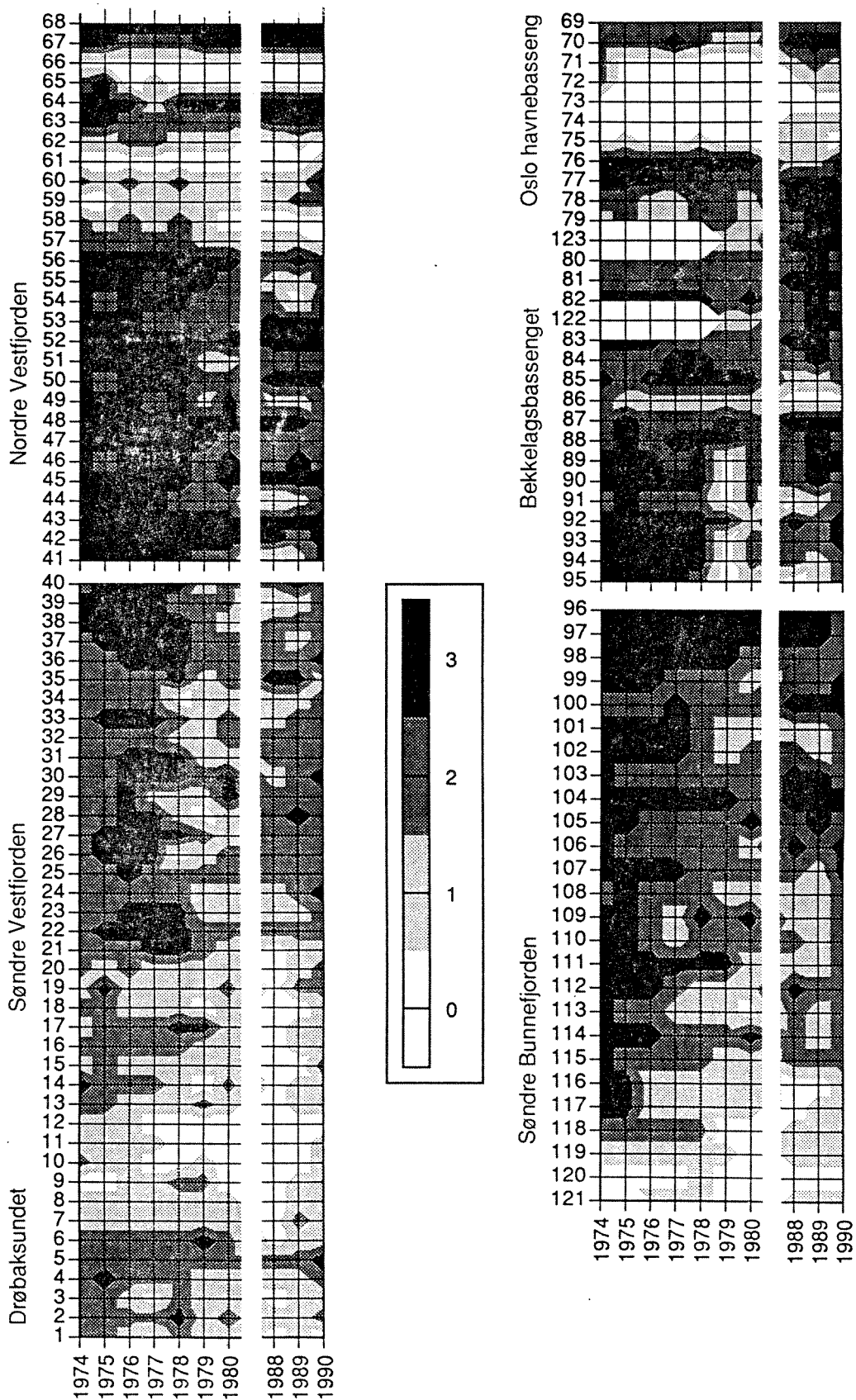
Figur 32. Mengdemessig utbredelse av *Ascophyllum nodosum* - grisetang på stasjonene 1-123 i 1974-80 og 1988-90. (0= ikke registrert, 1= sjelden, 2= vanlig, 3= dominerende).



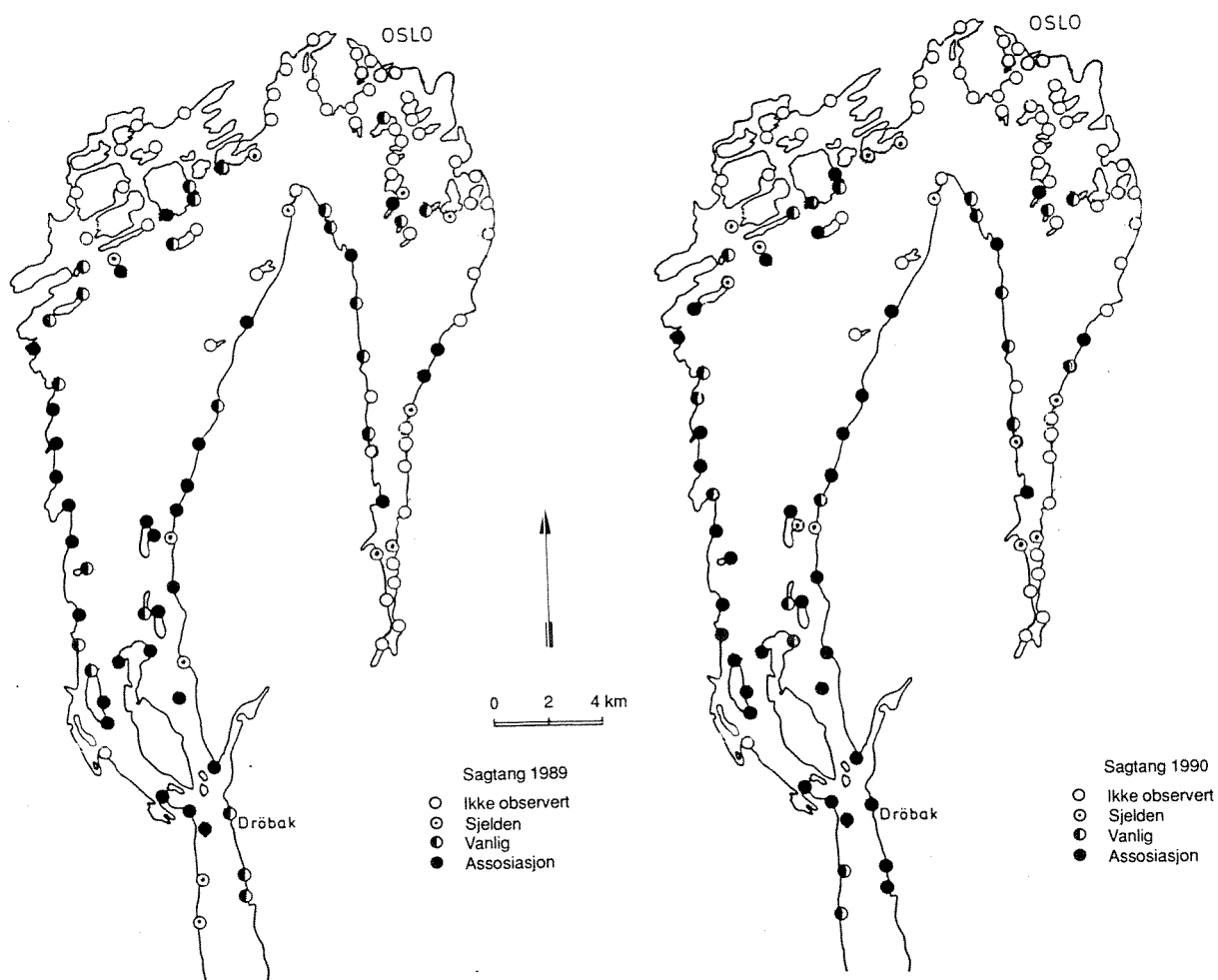
Figur 33. Utbredelse av Fucus evanesces - gjelvtang i Indre Oslofjord i 1989-90.

Fucus evanesces C. Ag. - Gjelvtang

Ifølge Simmons (1898) ble arten først observert i Oslofjorden i 1890- årene. Spredte forekomster ble registrert i 1940- og 1950-årene (Sundene 1953, Grenager 1957). Imidlertid er det trolig først i slutten av 1960-årene at gjelvtangen har oppnådd en nær sammenhengende utbredelse i Indre Oslofjord og har siden spilt en dominerende rolle i fjorden. Sammenlignet med registreringene i 1970-årene har mengden av gjelvtang i 1988-90 endret seg signifikant (tabell 8). I Vestfjorden m/Bærumsbassenget og Bunnefjorden ble det funnet en reduksjon, mens vegetasjonen i Havnebassenget inkl.. Lysakerfjorden hadde øket.



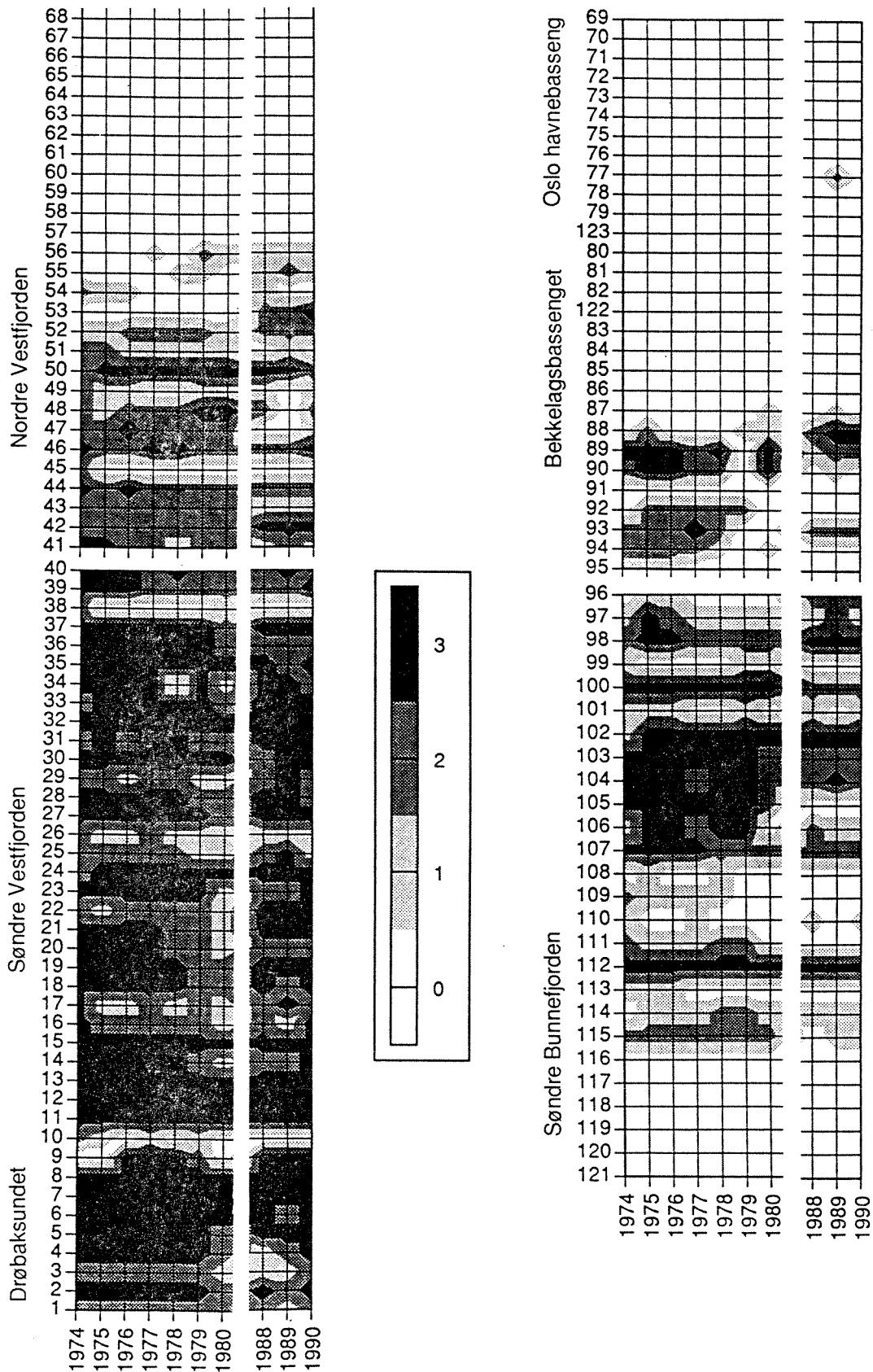
Figur 34. Mengdemessig utbredelse av *Fucus evanesces* - gjelvtang på stasjonene 1-123 i 1974-80 og 1988-90. (0= ikke registrert, 1= sjelden, 2= vanlig, 3= dominerende).



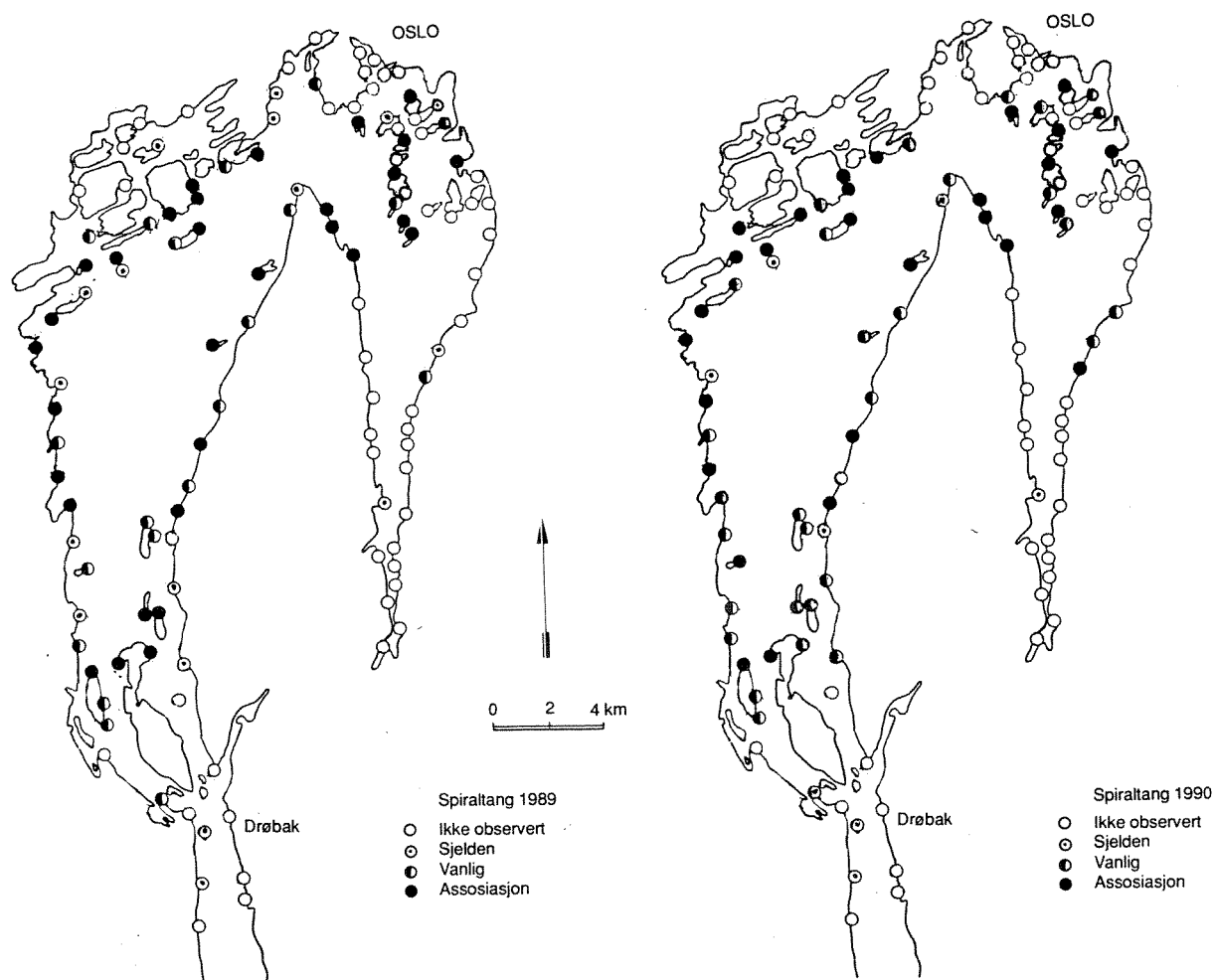
Figur 35. Utbredelsen av Fucus serratus - sagtang i Indre Oslofjord i 1989-90.

Fucus serratus L. - Sagtang

Arten har vært stabil gjennom alle 10 registreringsår i Vestfjorden, mens den både fra Vestfjord- og Bunnefjordsiden har beveget seg til stasjoner som ligger litt lenger nord. De første observasjoner ble gjort henholdsvis i 1978 og 1980. I selve Bunnefjorden er det registrert en signifikant reduksjon (tabell 8).



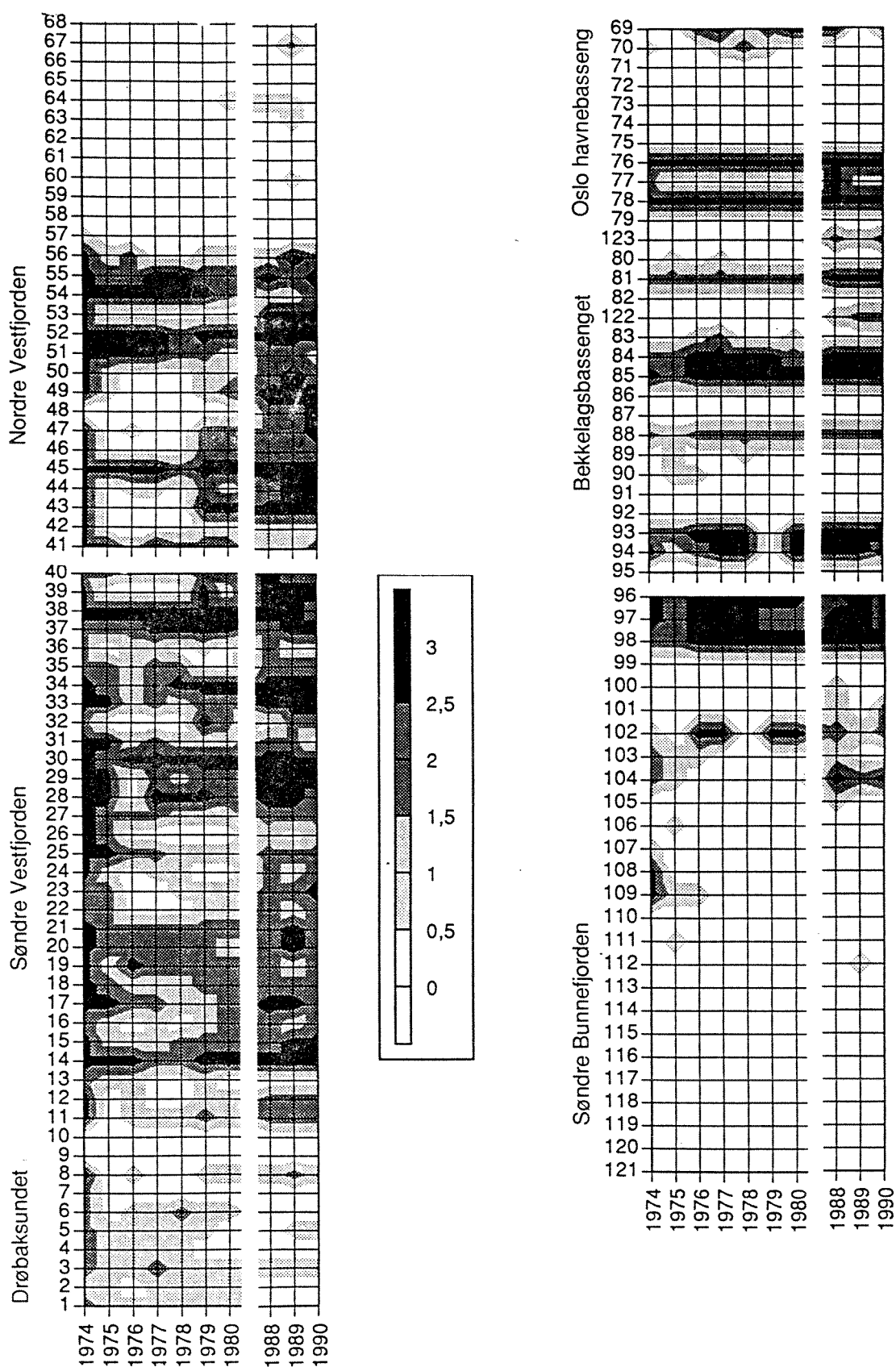
Figur 36. Mengdemessig utbredelse av *Fucus serratus* - sagtang på stasjonene 1-123 i 1974-80 og 1988-90. (0 = ikke registrert, 1 = sjelden, 2 = vanlig, 3 = dominerende).



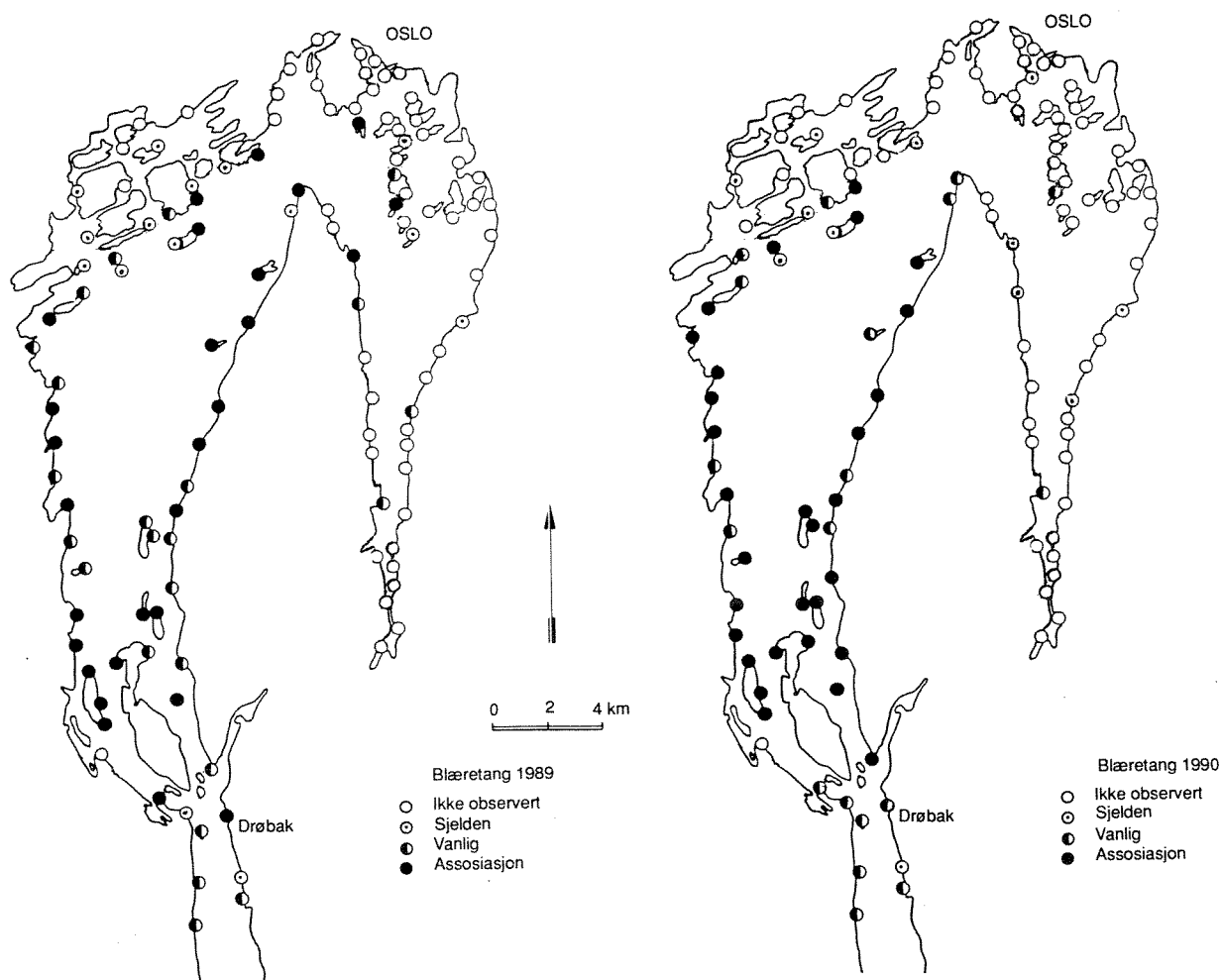
Figur 37. Utbredelsen av Fucus spiralis - spiraltang i Indre Oslofjord 1989-90.

Fucus spiralis L. - Spiraltang

Fra Søndre Langåra (figur 2, v/F1 1) til Lysakerfjorden ble det registrert en signifikant økning i forekomst av spiraltang fra 1970-årene til 1988- 1990 (tabell 8). I alle de øvrige områdene har vegetasjonen holdt seg ganske stabil.



Figur 38. Mengdemessig utbredelse av *Fucus spiralis* - spiraltang på stasjonene 1-123 i 1974-80 og 1988-90. (0= ikke registrert, 1= sjelden, 2= vanlig, 3= dominerende).

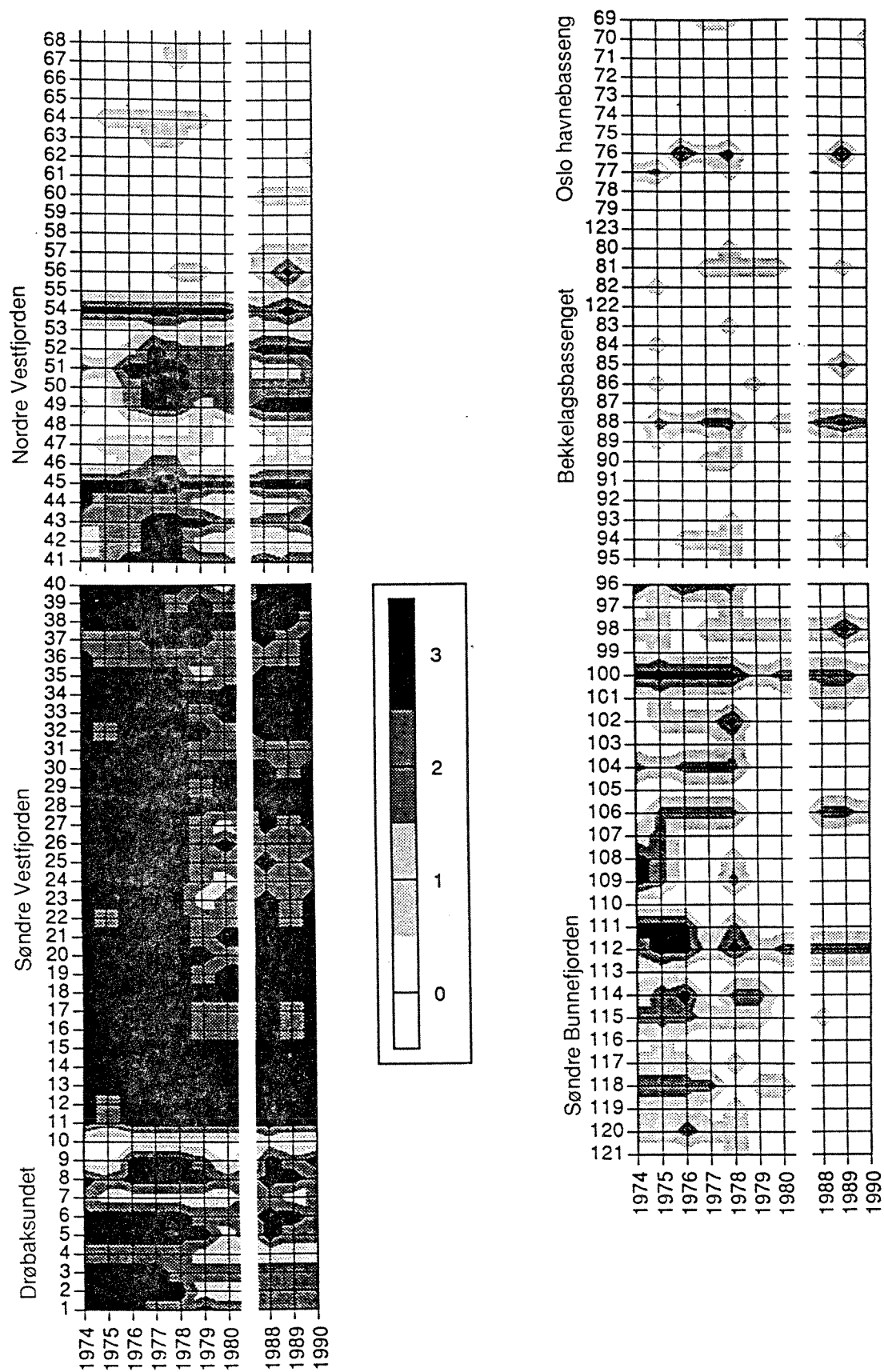


Figur 39. Utbredelsen av *Fucus vesiculosus* - blæretang i Indre Oslofjord i 1989-90.

Fucus vesiculosus L. - Blæretang

I Bunnefjorden er reduksjonen av blæretang betydelig fra 1970-årene og frem til 1990 (tabell 8). I 1974 ble tangarten registrert på 13 stasjoner og var i gjennomsnitt vanlig (2,08*) (Bokn & Lein 1978). I 1990 ble den observert på kun 4 stasjoner og var i gjennomsnitt nærmest sjelden (1,25). I de øvrige områder har blæretangvegetasjonen vært stabil.

* se øverst s. 40.



Figur 40. Mengdemessig utbredelse av *Fucus vesiculosus* - blæretang på stasjonene 1-123 i 1974-80 og 1988-90. (0= ikke registrert, 1= sjelden, 2= vanlig, 3= dominerende).

Diskusjon

Da forurensningsbelastningen øket i Indre Oslofjord, ble det også registrert en økning av den nyinnvandrede gjelvtangen i 1940- og 1960- årene (Grenager 1957, Klavestad 1967). Denne økningen fortsatte også under NIVAs undersøkelser i 1970-årene (Bokn 1979), men i 1988-90 endret denne utviklingen seg. I ytre del av Vestfjorden, nord til søndre Langåra var reduksjonen stor. Imidlertid er det intet fra datamaterialet som tilsier at de andre artene har erobret de samme strandområder. Vi har derimot observert en betydelig reduksjon av grisetang i samme område. De store blåskjell-forekomstene i slutten av 1980-årene kan vitne om at tangen kan være utkonkurrert i kampen om plass i strandsonen. Tette blåskjellmatter er et uegnet substrat for tang. Gjelvtang synes i større grad enn de andre artene å tolerere store bestander av blåskjell. Sagtang er særlig ømfintlig (Moy 1985).

I indre del av Vestfjorden og Bærumsbassenget ble det også registrert reduksjoner av gjelvtang. At spiraltang har øket i samme fjordområde kan neppe tilskrives denne reduksjonen, fordi voksestedet på stranden for de to arter er forskjellig. De tre andre tangartene har vært relativt stabile.

Havnebassenget og Lysakerfjorden har fått øket sin vegetasjon av gjelvtang ytterligere i perioden 1988-90. Denne økningen har pågått kontinuerlig i Havnebassenget siden 1940-tallet. At det er kun de indre områder som kan vise til en økning i gjelvtang kan skyldes at vannet har vært av for dårlig kvalitet på de innerste stasjoner i tidligere år, slik at kun sparsom gjelvtangvegetasjon var i stand til å overleve. Ut i 1980-årene er det målt en signifikant bedring av siktedypet, særlig i Havnebassenget og Lysakerfjorden (figur 18 og tabell 4). Dette kan være grunnen til at Lysakerfjorden og Havnebassenget er de eneste områdene som har fått en økning av gjelvtang. Grisetang og sagtang har ikke klart å etablere seg i dette området foreløpig, mens blæretang har vært observert på få stasjoner. Spiraltang synes å være på offensiven uten å oppnå noen signifikant økning.

Tangvegetasjonen i Bunnefjorden har vært sparsom gjennom hele undersøkelsen (fra 1974). Men utviklingen fra 1970-årene til 1988-1990 har vært dårlig med tanke på tang. Alle artene unntatt spiraltang har fått redusert bestandene sine signifikant. Siktedypsøkningen i Bunnefjorden har vært omtrent like markert som i Havnebassenget og Lysakerfjorden (tabell 4). Denne utviklingen, hvor bare spiraltang er stabil, kan derfor tyde på at fysiske faktorer som isskuring var en av hovedårsakene. Imidlertid viser registreringene av isforholdene vintrene 1988-90 lite is nord for Oppegård, mens isskuring ble observert nærmest årlig i årene 1974-80. En bedre forståelse av isforholdene i indre deler av Bunnefjorden vil sannsynligvis kunn gi en bedre tolking av samme års resultater.

Tabell 8. Forskjeller i tangforekomster i Indre Oslofjord mellom årene 1974-1980 og 1988-1990. (Parvis T-test).

Art	Stasjons nummer	Forandring	Sign.nivå (p)
Gjelvtang	1-23	reduksjon	< 0.001
Gjelvtang	24-62 (-56)	reduksjon	<0.01
Gjelvtang	56,63-84,122,123	<i>økning</i>	<0.05
Gjelvtang	85 - 121	reduksjon	<0.01
Grisetang	1-23	reduksjon	<0.001
Grisetang	85-121	reduksjon	<0.05
Blæretang	85-121	reduksjon	<0.01
Sagtang	85-121	reduksjon	<0.05
Spiraltang	24-62(-56)	<i>økning</i>	<0.001

Konklusjoner

Nyinnvandrerer i Oslofjorden, gjelvtang, som ble observert første gang ved århundreskiftet, har for første gang siden innvandringen vist en nedgang i forekomst i hovedfjordene Vestfjorden og Bunnefjorden. Dette kan være en effekt av bedre kvalitet på overflatevannet, som er observert særlig de siste årene. Antakelsen bygger på at gjelvtang overtok strandområdene i Indre Oslofjord ettersom de andre tangartene forsvant p.g.a. økede forurensningstilførsler. Arten anses derfor å være forurensningstolerant (Rueness 1973, Bokn & Lein 1978). Økningen i Havnebassenget tas også som et tegn på forbedring av vannkvaliteten. I 1970-årene var vannkvaliteten så dårlig at selv gjelvtangen hadde problemer å etablere seg. Imidlertid har ikke de andre tangartene: Spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang øket i noen signifikant grad, men dette kan skje i de nærmeste år.

4. LITTERATUR.

- Baalsrud, K., Lystad, J. og Vråle, L., 1986: Vurdering av Oslofjorden. Norsk institutt for vannforskning (0-86166). Rapport nr.
- Beyer, F., 1967: Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord i 1938 og 1962-65. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. delrapport 12. Norsk institutt for vannforskning.
- Beyer, F. og Føyen, E., 1951: Surstoffmangel i Oslofjorden. en kritisk situasjon for fjordens dyrebestand. *Naturen* 75 (10).
- Bergstøl, P.O., Feldborg, D. og Olsen, J.G., 1981: Indre Oslofjord. Forurensningstilførsler 1920-80. Tilførsler av fosfor. Norsk institutt for vannforskning (0-7808403).
- Bokn, T., 1979: Bruk av tang som overvåkingsparameter i en næringsrik fjord. I: Overvåking av vattenområden. 15. Nordiska symposiet om Vattenforskning. *NORDFORSK, Miljøvårds sekr. publ.* 1979,2: 181-200.
- Bokn, T. and Lein, T.E., 1978: Long-term changes in fucoïd association of the inner Oslofjord, Norway. *Norw. J. Bot.* 25:9-14.
- Bokn, T., Kirkerud, L., Krogh, T., Nilsen, G. og Magnusson, J., 1977: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-76. Norsk institutt for vannforskning.
- Bokn, T., Kirkerud, L., Magnusson, J., Nilsen, G. og Skei, J., (1979): Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1978. Norsk institutt for vannforskning.
- Bokn, T., Källqvist, T., Magnusson, J. og Tangen, K., 1981: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1980. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 1321.
- Braarud, T. & J.T. Ruud, 1937: The hydrographic conditions and aeration of the Oslofjord 1933-34. *Hvalr. Skr.*, 15.
- Dannevig, A., 1945: Undersøkelser i Oslofjorden 1936-50. Fiskeridirektoratets skrifter s. havundersøkelser. Vol. No. 4.
- Gran, H.H., 1897: Kristianiafjordens algeflora. I. Rhodophyceæ og Phaeophyceæ. *Skr. Vidensk. selsk. Chris. I. Mat.-Nat. Kl.* 1896 (2): 1-56.
- Grenager, B., 1957: Algological observations from the polluted area of Oslofjord. *Nytt Mag. Bot.* 5:41-60.

- Holtan, G., 1989: Studier av eldre data. Teoretisk beregning av nærings salttilførsler til Ytre Oslofjord omkring 1910. Delrapport 4.4.a. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapp. nr 398/90.
- Kirkerud, L., Magnusson, J., Nilsen, G. og Skei, J., 1979: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram - Årsrapport 1978. Norsk institutt for vannforskning, rapport nr 1140.
- Klavestad, N., 1967: Undersøkelser over benthos-algevegetasjonen i indre Oslofjord i 1962-1965. I Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. I. Undersøkelsen 1962-1965. Rapport nr 9. Norsk institutt for vannforskning.
- Källqvist, T., Magnusson, J., Pedersen, A. og Tangen, K., 1982: Overvåking av forurensnings situasjonen i Indre Oslofjord 1981. Norsk institutt for vannforskning, rapport nr. 1424.
- Larsen, G.S., 1990: Vassdrag og kystområder overvåking 1989, delrapport: Kystområder. rapport 1-1990, miljøvern avdelingen, Fylkesmannen i Østfold.
- Larsen, G.S., 1991: Overvåking av planktonalger i ytre Oslofjord og indre Skagerrak. rapport 1-1991, Miljøvern avdelingen, Fylkesmannen i Østfold.
- Magnusson, J., Bokn, T. og Källqvist, T., 1976: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1974. Norsk institutt for vannforskning. (0-160/71).
- Magnusson, J., Bokn, T., Kirkerud, L., Krogh, T. og Nilsen, G., 1977: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-76. Norsk institutt for vannforskning. (0-160/71).
- Magnusson, J., Moy, F., Bokn, T. og Larsen, G.S., 1989: Overvåking av forurensnings situasjonen i Indre Oslofjord 1988. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2297.
- Magnusson, J., 1990: Kystområder: fysiske forhold. I: Klimaendringer - effekter på akvatisk miljø. bidrag til den interdepartementale klimautredningen. Red: R. Gulbrandsen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2383.
- Moy, F.E., 1985: Utbredelse av Fucus serratus L. i indre Oslofjord relatert til forekomsten av Mytilus edulis L. - sammfunnsanalyse og felteksperimenter. Hovedfagsoppgave i marin botanikk, Universitetet i Oslo.
- Paasche, E., Erga, S-R., Brubak, S., 1987: Nitrogen, fosfor og planktonvekst. En metodeundersøkelse i Oslofjorden 1986. Avdeling for marin botanikk. Biologisk institutt. Universitetet i Oslo.
- Rueness, J., 1973: Pollution effects on littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to Ascophyllum nodosum. Helgoländer wiss. Meeresunters. 24: 446 - 454.

Simmons,H.G.,1898: Algologiske notiser. II. Einige Algenfunde bei Drøbak, Bot. Notiser 1898: 117-123.

Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen 1973-77: Toktrapper. PTK. Dahl, E., Ellingsen, E., Tveite; S., m.fl.

Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) 1990: Overvåkingsrapport for marine biotoksiner. årsrapport 1989. SNT-rapport 2-1990.

Sundene,O., 1953: The algal vegetation of Oslofjord. Skr. norske Vidensk. Akad. I. Mat.-Nat. Kl. 1953 (2): 1-245.

VEDLEGG

TABELL A:

Planktonalger i Indre Oslofjord 1989/90

Konsentrasjon i 10³ celler/liter vann . + indikerer at arten er funnet i prøven.

h indikerer at arten er funnet i håvtrekk (håv=10μ) i tillegg til de arter som er funnet i den sedimenterte prøven.

STASJON DK 1 (VESTFJORDEN) 1989:

DATO	10.4	25.5	7.6	14.6	22.6	28.6	5.7	12.7	19.7	26.7	2.8	9.8	17.8	23.8	28.8	30.8	16.10
DYP (meter)	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
DIATOMEER (Bacillariophyceae):																	
<i>Cerataulina pelagica</i>				102	86	122	126			3	+	5	4				
<i>C. socialis</i>	h																
<i>Chaetoceros spp.</i>	2																
<i>Leptocylindrus danicus</i>		11.5		7	48	60	+			378	1310	689				6	2880
<i>Nitzschia delicatissima</i>						3				3							
<i>Rhizosolenia alata</i>			+	6	5	+	+										
<i>R. fragilissima</i>		2.5	1.5	182	63	43											
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		13.5															
<i>Thalassiosira spp.</i>	2																
Diverse pennate				21	2	4											
Diverse sentriske	3																
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae):																	
<i>Ceratium furca</i>					+						+	2.5	71	76	57	78	22.5
<i>C. fusus</i>		h											+	+		+	
<i>C. tripos</i>		+	5	7	3	5		2	+	+	+	+	+	3	5	+	h
<i>Dinophysis acuminata</i>	+	+	3	3	+	+							+		2	h	h
<i>D. acuta</i>																	
<i>D. norvegica</i>	h	+															h
<i>D. rotundata</i>		h														5	
<i>Gymnodinium sp.</i>																	
<i>Gonyaulax grindleyi</i>		5	3		+			+	2	13	17	31.5	36.5	89	88	71	116
<i>Prorocentrum micans</i>									3		16	8.5	22	88	125	8	2
<i>P. minimum</i>	+				+												+
Diverse dinoflagellater		2	+	3		5	+	+	3.5	4	2	2	4	3	6	5	h
ANDRE:																	
<i>Dicryocha speculum</i>							+							2	4	+	
<i>Ebria tripartita</i>																	
<i>Emiliania huxleyi</i>		+	1490	3831	9100	6490	1490	1900	2660	1170	805	171	293	537	146	415	
Nakne flagellater <15 μm	400	800	1200	830	268	488	49	439	146	220	537	512	537	195	501	293	

ANDRE STASJONER I 1989:

STASJON	AP-1	AP-1	AP-1	AP-1	BL-4	BL-4
DATO	3.7	18.7	7.8	14.8	17.8	23.8
Dyp (meter)	0	0	0	0	0	0
DIATOMEER (Bacillariophyceae):						
<i>Cerataulina pelagica</i>	25					+
Diverse pennate		2.5	+			
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae):						
<i>Ceratium furca</i>						
<i>C. fusus</i>				+	+	10
<i>C. tripos</i>	+			+	+	2
<i>Dinophysis acuminata</i>	+					
<i>D. acuta</i>					+	
<i>Prorocentrum micans</i>	5	4.5	20.5	76	174	41
<i>P. minimum</i>	2			+	116	1420
Diverse dinoflagellater	7	6	+	2		2
ANDRE FLAGELLATER:						
<i>Emiliania huxleyi</i>	10710	146	220	342	195	220
Nakneflagellater <15μm	146	439	878	610	268	146

TABELL A (forts):

STASJON DK 1 (VESTFJORDEN) 1990:

DATO	18.2	3.4	29.5	6.6	13.6	20.6	27.6	3.7	13.7	25.7	26.7	1.8	9.8	22.8	27.8	30.8	5.9	15.10
DYP (meter)	0-2	0-2	håv	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
DIATOMEER (Bacillariophyceae):																		
<i>Ceratolina pelagica</i>				+			+	+				+						
<i>Chaetoceros compressus</i>									11									
<i>C. curvisetus</i>								43	6									
<i>C. socialis/ C. radians</i>																		
<i>C. subtilis</i>																		
<i>C. wighamii</i>								73	9									
<i>Chaetoceros spp.</i>		14						32.5	24							7	9	
<i>Leptocylindrus danicus</i>													4.5					
<i>Nitzschia delicatissima</i>																	7	
<i>N. closterium/ N. longissima</i>								2		6	7	2	2		3	4	11	
<i>Rhizosolenia alata</i>								4	8	2							+	
<i>R. delicatula</i>																		
<i>R. fragilissima</i>			h	1095	1256	1019	9	2	3				+		5		5	
<i>Skeletonema costatum</i>																		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			h															
<i>Thalassiosira spp.</i>		17																
Diverse pennate																		
Diverse sentriske										+	+							
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae):																		
<i>Alexandrium excavatum</i>							+											
<i>Ceratium furca</i>			h			+		3	+				6			+	+	
<i>C. fusus</i>			h		+	+		+										
<i>C. horridum / C. longipes</i>			h		+													
<i>C. lineatum</i>					+	+							+					
<i>C. tripos</i>				2	+	+	6	+	+									
<i>Dinophysis acuminata</i>			h		+			2										
<i>D. acuta</i>			h		+			+				+						
<i>D. norvegica</i>			h		+			+				+						
<i>Gymnodinium spp.</i>						+	+	+										
<i>Gyrodinium aureolum</i>												+	+	10.5	343	432	881	
<i>Heterocapsa triquetra</i>		+				+	+	+		+			+					
<i>Noctiluca scintillans</i>												+						
<i>Prorocentrum micans</i>			h			+	2	+	7	64	25	28	22.5	21.5	3	8	6	
<i>P. minimum</i>						+	+	+	2	3	+	4	7.5	2	4			
Diverse dinoflagellater			h			+	+	+	2	3	+	4	7.5	2	4			
ANDRE:																		
<i>Dictyocha speculum</i>																		
<i>Emiliana huxleyi</i>				4490	6930	4026	1391	830	171	1683	1976	2806	586	488	390	805	464	756
<i>Euglenophyceae spp.</i>						7	+	+										73
Nakne flagellater <15 µm	122	49		195	512	659	537	390	586	561	439	220	415	415	512	342	220	534
Stærre flagellater 10 µm																		3026

ANDRE STASJONER I 1990:

STASJON	AP-1	AP-2	BN-1	BQ-2	CQ-1	EP-1	AP-1	AP-2	AP-1	AP-2	AP-1	AP-2	AP-1	AP-2	V-1	BL-4	
DATO	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	2.7	2.7	7.8	7.8	14.8	14.8	4.9	4.9	5.9	5.9	
DYP (meter)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DIATOMEER (Bacillariophyceae):																	
<i>Ceratolina pelagica</i>				2	+				+				2	54	5		
<i>Chaetoceros compressus</i>								+									
<i>C. curvisetus</i>									15								
<i>C. socialis/ C. radians</i>																	
<i>C. subtilis</i>																	
<i>C. wighamii</i>																	
<i>Chaetoceros spp.</i>							13	16	6				107	46	8	63	
<i>Leptocylindrus danicus</i>																	
<i>Nitzschia delicatissima</i>	40	175	138	84	42	54	620								12		
<i>N. closterium/ N. longissima</i>													+	192	169	2	23
<i>Rhizosolenia alata</i>									+								
<i>R. delicatula</i>																	
<i>R. fragilissima</i>	1494	2735	1984	1448	1639	2000							2				
<i>Skeletonema costatum</i>														92	2		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>																	
<i>Thalassiosira spp.</i>																	
Diverse pennate																	
Diverse sentriske																	
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae):																	
<i>Alexandrium excavatum</i>							+		4				+			3	
<i>Ceratium furca</i>			+														
<i>C. fusus</i>						+	+	2				2					
<i>C. horridum / C. longipes</i>																	
<i>C. lineatum</i>												2					
<i>C. tripos</i>	4		+	+			2					2					
<i>Dinophysis acuminata</i>		+											+				
<i>D. acuta</i>		+	2					2			+	2					
<i>D. norvegica</i>							+						+				
<i>Gymnodinium spp.</i>	+					4	2		+	13	56	11	+	15			
<i>Gyrodinium aureolum</i>									+	16	56	61	544	689	1157	100	
<i>Heterocapsa triquetra</i>							+				2						
<i>Noctiluca scintillans</i>																	
<i>Prorocentrum micans</i>					+		9	8	5	53	76	106	4	+	2	5	
<i>P. minimum</i>																	
Diverse dinoflagellater		13	+		2		11	12		+	6	5	2	+	2	11	
ANDRE:																	
<i>Dictyocha speculum</i>																	
<i>Emiliana huxleyi</i>	1220	2782	3200	2952	2623	5612	1537	2952	878	1293	293	781	73	98	537	293	
<i>Euglenophyceae spp.</i>									10.5	6			+				
Nakne flagellater <15 µm	561	537	561	195	220	537	634	512	683	512	439	488	952	195	98	488	

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo

ISBN 82-577-1910-2