

**Fagrådet**

for vann- og avløpsteknisk  
samarbeid i indre Oslofjord

---



Statlig program for  
forurensningsovervåkning

Rapport nr. 661/96

---

# Overvåkning av forurensnings- situasjonen i indre Oslofjord 1995



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
71095	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3487-96	Fri

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

<b>Rapportens tittel:</b> Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1995.  (Overvåkingsrapport nr. 661/96, TA-nr. 1338/1996)	<b>Dato:</b> 30.5.1996 <b>Trykket:</b> NIVA 1996
<b>Forfatter(e):</b> Jan Magnusson Evy R. Lømsland Torbjørn Johnsen	<b>Faggruppe:</b> Marinøkologisk  <b>Geografisk område:</b> Oslo-Akershus, Buskerud  <b>Antall sider:</b> 42 <b>Opplag:</b> 150

<b>Oppdragsgiver:</b> Fagrådet for vann- og avløpstekisk samarbeid i indre Oslofjord	<b>Oppdragsg. ref.:</b> A. Rosendahl
---	---

Ekstrakt: Observasjoner fra 1995 (siktedyp og klorofyll-a) viste at forholdene i overflatelaget var de dårligste på 1990-tallet som følge av blomstringer av planteplankton i juni og august. Blomstringen i juni skyldes sannsynligvis en kombinasjon av dels den raske overgangen fra relativt kaldt til varmere vær, som ga en miniflom i elvene og ekstra stor tilførsel av næringssalter fra overløp, spesielt fra renseanlegget i Bekkelagsbassenget, samt innvirkningen fra den store vårflommen i Drammenselva og Glomma. Fra midten av juli og ut august var det ytterligere en oppblomstring (som i 1994) av planktonalgen *Emiliana huxleyi* som misfarget overflatevannet. Imidlertid var siktedypet i perioden 1991-95 fortsatt bedre enn i 1973-82 (men ikke like klart bedre sammenlignet med somrene 1983-90) og planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) i overflatevann mindre. I Bunnefjorden var dypvannsfornyelse dårlig i 1994/95 og fjorden hadde gjennomgående lave oksygenkonsentrasjoner med dannelse av store mengder hydrogensulfidholdig vann (råttent vann) om høsten. De dårlige oksygenforholdene - også høyt opp i vannmassen - var forutsetningen for den fiskedød i Paddehavet og havnebassenget som ble observert ved et par tilfeller høsten 1995. I Vestfjorden var dypvannsforynelsen meget god og oksygenforholdene i dypvannet også klart bedre enn gjennomsnittlige forhold i 1973-82.

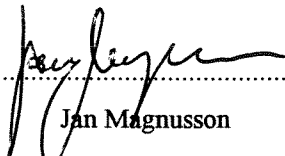
4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåking
2. Indre Oslofjord
3. Hydrografi
4. Planteplankton


4 emneord, engelske

1. Pollution monitoring
2. Inner Oslofjord
3. Hydrography
4. Phytoplankton

Prosjektleder

  
Jan Magnusson

For administrasjonen

  
Bjørn Braaten

ISBN 82-577-3027-0

**FAGRÅDET FOR VANN- OG AVLØPSTEKNISK SAMARBEID I  
INDRE OSLOFJORD**

**OVERVÅKING AV FORURENSNINGSSITUASJONEN I  
INDRE OSLOFJORD  
ÅRSRAPPORT 1995**

Mai 1996

Prosjektleder: Jan Magnusson

Medarbeider: Evy R. Lømsland  
Torbjørn Johnsen  
Erik Bjerknes  
Frank Kjellberg  
Kari Nygård

**Norsk institutt for vannforskning**

## Forord

På oppdrag av *Fagrådet for vann - og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord* utfører Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i samarbeide med Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, 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 var i 1995:

Bærum vann- og kloakkvesen(BVK):	H.K .Hoff (formann)
Biologisk Institutt, UiO:	T. Andersen
Fylkesmannen Oslo og Akershus:	L. Nilsen
Oslo vann- og avløpsverk(OVA):	T. Wold
Statens forurensningstilsyn (SFT):	I. Thélin
Vestfjordens avløpssekskap(VEAS):	A. Haarr (fra nov. 95)
Norsk institutt for vannforskning(NIVA):	J. Magnusson (sekretær)

Resultater fra overvåkingsprogrammet rapporteres hvert år. Foreliggende rapport fremlegger resultater fra 1995.

På de hydrografiske toktene er Universitetet i Oslos forskningsfartøy "Trygve Braarud" blitt brukt, og vi vil takke skipperne for godt samarbeid.

Innsamling av overflatedata i Vestfjorden og Bærumsbassenget er utført av Vestfjordens avløpssekskap (VEAS) og Bærum vann- og kloakkvesen. Analyser av klorofyll-a på prøver innsamlet av VEAS og BVK ble analysert av Regionlaboratoriuim Vest, VAR-etaten i Bærum kommune.

I 1995 har VEAS også finansiert prøvetaking fra en stasjon ved renseanleggets utslipp. Observasjonene inngår som en del av forundersøkelsen til den planlagte nitrogenrensingen ved anlegget. Rapporteringen skjer sammen med den øvrige overvåkingen.

Ved NIVA har Unni Efraimsen og Frank Kjellberg deltatt på de hydrografiske tokter og i bearbeidelsen av data. Erik Bjercknes har hatt ansvaret for gjennomføringen av overflatetoktene sommerstid. Torbjørn Johnsen og Evy R. Lømsland har analysert planteplankton og skrevet kap. 2.4.2. .

Oslo den 30.5.96

  
Jan Magnusson

<b>1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.</b>	<b>4</b>
<b>1. INNLEDNING.</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Forurensningstilførsler.</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Effekten av forurensningstilførslene.</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Observasjoner og undersøkelser i 1995.</b>	<b>9</b>
1.3.1. Overflateobservasjoner.	10
1.3.2. Fastsittende alger.	11
1.3.3. Hyperbenthosundersøkelser.	11
1.3.4. Bløtbunnsfaunaundersøkelser.	11
<b>2. RESULTATER OG DISKUSJON.</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Klima.</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Dypvannsfornyelsen.</b>	<b>13</b>
<b>2.3. Oksygenforhold.</b>	<b>16</b>
<b>* 2.4 Overflatevannets kvalitet.</b>	<b>26</b>
2.4.1. Tilstanden bedømt ut fra siktedyp, klorofyll-a (planteplanktonbiomasse) og næringssalter i 1995.	26
2.4.2. Planteplankton.	33
<b>3. LITTERATUR.</b>	<b>35</b>
<b>VEDLEGG 1</b>	<b>37</b>

## 1. Sammendrag og konklusjoner.

Overvåkingsprogrammet har som mål å følge forurensningsutviklingen i fjorden. I 1995 ble dypvannsutskiftningen og oksygenforhold fulgt opp. Overflatelagets vannkvalitet ble observert ved ukentlige registreringer av siktedyp, analyse av planteplanktonbiomasse (klorofyll-*a*), planteplankton og næringssalter i tidsrommet juni-august. Av undersøkelser som ikke skal rapporteres i denne årsrapport, men som det er arbeidet med i perioden skal nevnes hydrokjemiske observasjoner. Egne rapporter foreligger for hyperbenthosundersøkelser samt bløtbunnsfaunaundersøkelser.

### Tilførsler.

Tilførselen av plantenæringsstoffer er idag ca. 3 og 6 ganger større for h.h.v. fosfor og nitrogen, sammenlignet med estimerte tilførsler i 1910. Forskjellen i utviklingen for nitrogen og fosfor skyldes gjennomførte rensetiltak i tidsrommet 1970-90. "Ukontrollerte" overløp bidro i 1994 vesentlig til tilførselen til fjordens overflatelag. Kværneroverløpet (et overløp til Bekkelaget r.a.) bidro med anslagsvis 20 - 25 % ekstra fosfor- og 8 % nitrogenbelastning, både i 1994 og i 1995, men i 1995 var tilførselen konsentrert til perioden januar - juni og derved ble belastningen på fjorden ekstra stor i denne perioden.

### Konklusjoner.

Overflatelaget i indre Oslofjord har siden begynnelsen av 1980-tallet blitt bedre. Siktedypet sommerstid har økt. Planteplanktonbiomassen (målt som klorofyll-*a*) har avtatt i fjordens overflate (0-2m). Resultatene fra 1995 var (som i 1994) dårligere enn de nærmest foregående årene. Dette skyldes en stor algeoppblomstring i begynnelsen av juni (bl.a. *Skeletonema costatum*) som resulterte i lavt siktedyp. Årsaken til blomstringen var i hovedsak en lokal flom i elvene i indre Oslofjord, som følge av rask overgang til høyere lufttemperaturer, kombinert med store tilførsler av avløpsvann via overløp samt sannsynligvis også en påvirkning av fortynnet flomvann fra Drammenselva og Glomma. I slutten av juli og i august ble det som i 1994 en større oppblomstring av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*, som førte til en misfarging av overflatevann (grått). I denne perioden var det meget lavt siktedyp og høy konsentrasjon av klorofyll-*a*. Sommeren 1995 gav således det dårligste siktedypet i hele perioden 1991-95. Gjennomsnittlige verdier i 1991-95 er nå ubetydelig bedre enn for 1983-90, men fortsatt klart bedre enn i perioden 1973-82.

I samband med at avløpsvann fra overløp (spesielt overløpet til Bekkelaget r.a) ble tilført fjorden i store mengder våren 1995 ble det for første gang på mange år advart mot friluftsbad omkring Osloøyene.

Konklusjonene fra tidligere årsrapporter gjelder imidlertid fortsatt, dvs. at det har skjedd en forbedring av forurensnings situasjonen i fjordens overflatelag som følge av rensetekniske tiltak, men et forbehold må tas for de spesielle klimatiske forhold de senere år.

Sammenlignet med Statens Forurensningstilsyns klassifiseringssystem for miljøkvalitet, varierte forholdene i fjordens overflatelag sommeren 1995 mellom meget dårlig tilstand til god avhengig av de ulike variable som inngår i klassifiseringssystemet. Dårligst tilstand ga siktedyp, planteplanktonbiomasse og nitrogen, mens tilstanden var bedre bedømt ut fra fosfor. Den dårligste tilstanden ble registrert i Bekkelagsbassenget, Havnebassenget, Bærumsbassenget og i Bunnefjorden. Sammenlignet med 1994 var tilstanden for flere variable i en dårligere tilstandsklasse.

Forholdene i Oslofjordens dypvann har siden 1930-tallet blitt stadig dårligere. Utviklingen synes å ha kulminert på 1970-tallet. I Vestfjorden er det en liten, men signifikant økning av oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (oktober måned) over tidsrommet 1973-95. Dette skyldes ikke bare rensetiltak, men også at dypvannsfornyelsen de senere år har vært god og dessuten startet ekstra tidlig

om høsten. På mellomnivåer (ca. 30 meters dyp) har oksygenkonsentrasjonen vært avtakende siden begynnelsen av 1980-tallet, men de siste års tidlige dypvannsfornyelse har også her hatt positiv effekt (ingen signifikant negativ trend).

I Bunnefjorden har de siste årenes dårlige dypvannsfornyelse snudd en liten men positiv utvikling. I 1995 var dypvannsforynelsen beskjeden og oksygenforholdene meget dårlige i nesten hele vannmassen, med hydrogensulfidholdig vann fra ca. 70 meters dyp til bunn og meget lave oksygenkonsentrasjoner fra 16-20 meters dyp. 1995 var blant de dårligste årene siden 1973 og kan sammenlignes med andre meget dårlige år som 1975, 1983, og 1990. Siste lengre periode med oksygen helt til bunn ble registrert i 1991-92.

De lave oksygenkonsentrasjonene i Bunnefjorden (og Bunnefjordens bassenger) var forutsetningen for den registrerte fiskedøden i noen områder rundt Bekkelagsbassenget og havnebassenget høsten 1995, ved at nordlige vinder og en begynnende dypvannsfornyelse løftet vann med lavt oksygeninnhold (eventuelt også råttent vann fra grunnere dyphuler) opp mot overflaten. Flyktende fisk ble innfanget av dette vannet og drept. Slik fiskedød ble registrert to ganger i løpet av høsten. Sist det ble rapportert fiskedød i indre Oslofjord var i 1976 (Bærumsbassenget)

Årsaken til de dårlige oksygenforholdene i Bunnefjorden i de senere år kan være de milde vintrene, bl.a. ved at denne værtype ikke er gunstig for gode dypvannsforynelser. Tettheten i dypvannet i Bunnefjorden har siden 1988 blitt stadig lavere, uten at det har gitt seg utslag i særlig dypvannsfornyelse.

Oksygenforholdene i Drøbaksundet var gjennomgående dårligere i dypvannet i 1995, sammenlignet med forholdene 1973-82. Det er imidlertid ikke noen statistisk signifikant negativ oksygenutvikling i 1973-95.

#### Tilrådingar.

De tilrådingar som her fremstilles er omtrent de same som i forrige årsrapport.

Oppmerksomhet bør rettes mot:

- De ofte forekommende lave oksygenkonsentrasjoner på mellomdyp i Vestfjorden.
- Siste års meget lave oksygenkonsentrasjoner nær overflaten om høsten i Bunnefjorden.
- Oksygenforholdene i Drøbaksundet som tidvis kan gi lavere oksygentransport til indre Oslofjord.
- Klimaeffektens innflytelse på dypvannsforynelsen i fjorden.
- Forekomsten av miljøgifter i organismer og sediment.
- "Ukontrollerte" utslipp via overløp og elver.

En forbedring av oksygenforholdene krever en ytterligere avlastning i den totale organiske belastningen på fjordens dypvann. Den dårlige vannutskiftningen i Bunnefjorden, sammenlignet med de senere års vannutskiftning i Vestfjorden aktualiserer ønsket om ad. kunstig vei å øke dypvannsforynelsen i Bunnefjorden. Dette anbefales å vurdere dette ytterligere. Et slikt tiltak vil ikke kunne erstatte en reduksjon i de antropogene tilførselene, men kan påskynde en forventet naturlig forbedring av forholdene som følge av rensetiltak, og kan brukes for å unngå ekstremtilstand i enkelte år med spesielt dårlig dypvannsfornyelse.

## 1. Innledning.

Overvåkingsprogrammet er fokusert på forholdene i indre Oslofjord, begrenset i sør av den sørlige delen av Drøbaksundet (Filtvedt).

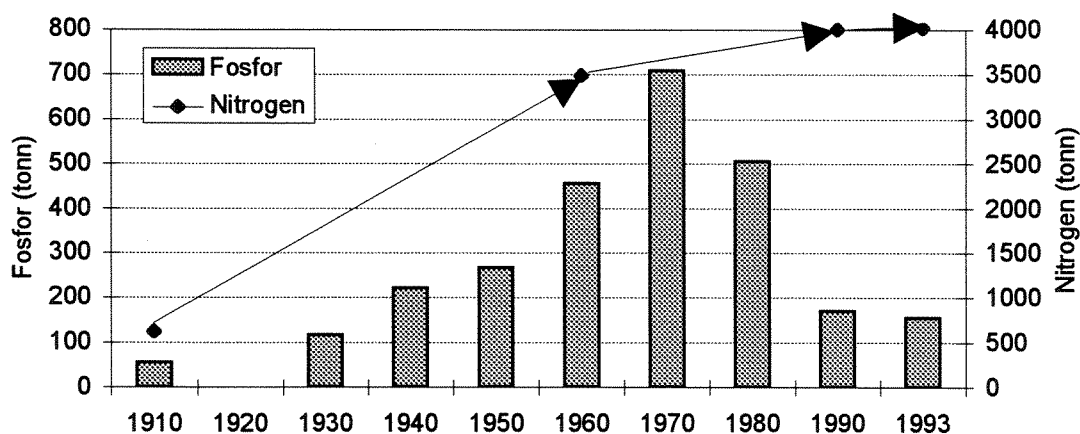
Formålet med overvåkingen er:

- 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 1995 bestod overvåkingsprogrammet av seks deler: Overvåking av oksygenforholdene og overvåking av dypvannsfornyelsen, hydrokjemiske undersøkelser (forundersøkelser til planlagt nitrogenrensing på renseanleggene), overflatelagets vannkvalitet målt ved siktedyp og klorofyll a (planteplanktonbiomasse), undersøkelse av anomalier i forekomsten av fastsittende alger i Bunnefjorden og rapportering av bløtbunnsfaunaundersøkelser fra observasjoner i 1993. Det ble også igangsatt et prosjekt for kommunevis kartlegging av grunntvannsområder i indre Oslofjord (biogeografiske kart).

### 1.1. Forurensningstilførsler.

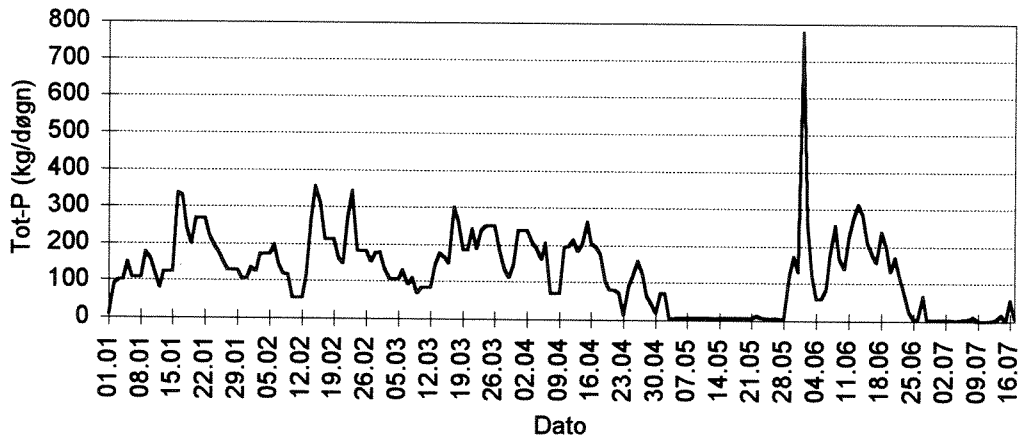
Den dominerende forurensningstilførselen til indre Oslofjord er kommunalt og industrielt spillvann. Dagens tilførsler (1993) er ca. 156 tonn fosfor, 4000 tonn nitrogen (Wivestad, 1995) og ca. 12 000 tonn organisk stoff (TOC) pr. år. Sammenlignet med beregnede utslipp for året 1910 (Holtan 1990) er fosfortilførselen ca. 3 ganger større og nitrogentilførselen ca. 6.5 ganger større (fig. 1). 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).



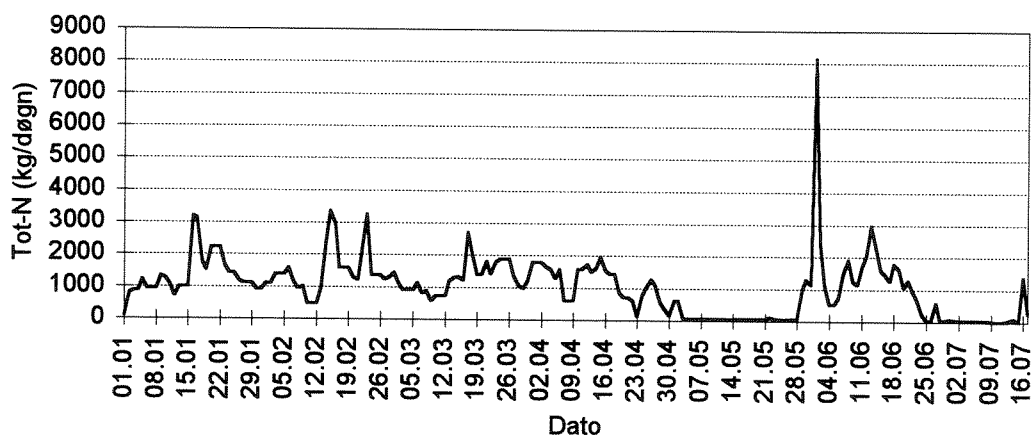
Figur 1. Landbasert fosfor - og nitrogentilførsel til indre Oslofjord 1910 - 1993. (Fra Bergstøl m.fl., 1981, Baalsrud m.fl. 1986, Holtan, 1990 og Wivestad, 1995.)



Fra januar til juli 1995 var det også store tilførsler fra overløpet til Bekkelagets renseanleggs tunnelssystem (Kværneroverløpet), og fra overløpet ved Lysaker. Kværneroverløpet tilføres fjorden via Loelva, og sammenlagt ble ca. 11 mill. m<sup>3</sup> vann tilført fjorden urensset, mens Lysakeroverløpet var på ca. 5.3 mill m<sup>3</sup> (pers. medd. fra VEAS og Bekkelagets renseanlegg). Fra de to overløpene ble fjorden tilført ca 40 tonn fosfor og ca 320 tonn nitrogen, dvs. 25 % respektive 8 % av den totale fosfor - og nitrogentilførselen ble tilført fjorden i løpet av et halvår. Figur 2 og 3 viser at det var en jevn tilførsel fra januar til april/mai, samt en ekstra stor tilførsel i perioden 29.5 - 3.6. Utslippet fra Kværneroverløpet var like stort i 1994, men da mer fordelt over hele året.



Figur 2. Fosfortilførsler fra Kværneroverløpet 1995.



Figur 3. Nitrogentilførsler fra Kværneroverløpet i 1995.

## 1.2. Effekten av forurensningstilførslene.

Overvåkingsprogrammet konsentrerer seg i første rekke om eutrofieffektene (overgjødslingen) i fjorden, men i 1992-93 ble også miljøgiftsituasjonen i fjorden kartlagt (miljøgifter i sedimenter og organismer).

Den store næringsstoffs tilførsel gir en økt primærproduksjon og en større planteplanktonbiomasse enn naturlig. Gjennomsommeligheten i vannet avtar (lite siktedyp). Den organiske belastningen på fjordens dypere vannmasser blir stor når planteplankton synker ut av fotosyntesesonen. Planteplanktonet nedbrytes av bakterier ved 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 til dels Bekkelagsbassenget har det hittil blitt dannet hydrogensulfidholdige vannmasser hvert år. I Bunnefjorden og Lysakerfjorden kan det enkelte år bli registrert til dels store mengder råttent vann. I Vestfjorden blir oksygenkonsentrasjonen normalt lav om høsten, men foreløpig er det her ikke registrert hydrogensulfid unntatt i enkelte lokale dyphull. De store variasjonene gjennom året og variasjonene fra år til år skyldes i det alt vesentlige variasjonen i dypvannsfornyelsene vinterstid som tilfører fjorden oksygenrikt vann fra ytre Oslofjord. I den senere tid er det også registrert periodevis noe reduserte oksygenkonsentrasjoner i Drøbaksundet, noe som tidvis kan gi mindre tilførsel av oksygen til indre Oslofjord.

Overgjødslingen av fjorden forandrer fjordens økosystem. Den begunstiger arter som har evne til å dra nytte av det forandrede miljøet, som eksempelvis hurtigvoksende grønnalger langs strendene i fjorden. Konkurransforholdet mellom de fastsittende alger er blitt forandret (Bokn 1979) 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 og miljøgifter som dekker fjordbunnen) og ved Sætre (nedsatt pH, høye nitrogenkonsentrasjoner i vann samt forhøyde konsentrasjoner av PCB i sediment). I tillegg er den diffuse tilførsel av miljøgifter fra industri og andre kilder et problem. Høsten 1991 ble det observert store miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentene i havnebassenget i Oslo (Koniczny 1992). I undersøkelsene fra 1993 er det vist at problemet ikke bare er begrenset til Oslo havnebasseng, selv om det bare unntaksvis er registrert like høye konsentrasjoner av miljøgifter i andre deler av fjorden (Koniczny, 1994). Observasjoner av enkelte miljøgifter i organismer i 1992 (Green og Knutzen, 1993), førte til at Statens næringsmiddelstilsyn (SNT) advarte mot konsum av lever i torsk fanget i fjorden innenfor Drøbak, som følge av forhøyd PCB-konsentrasjon. Miljøgiftsproblemet må sies å være et betydelig problem i indre Oslofjord (Magnusson. m. fl., 1995).

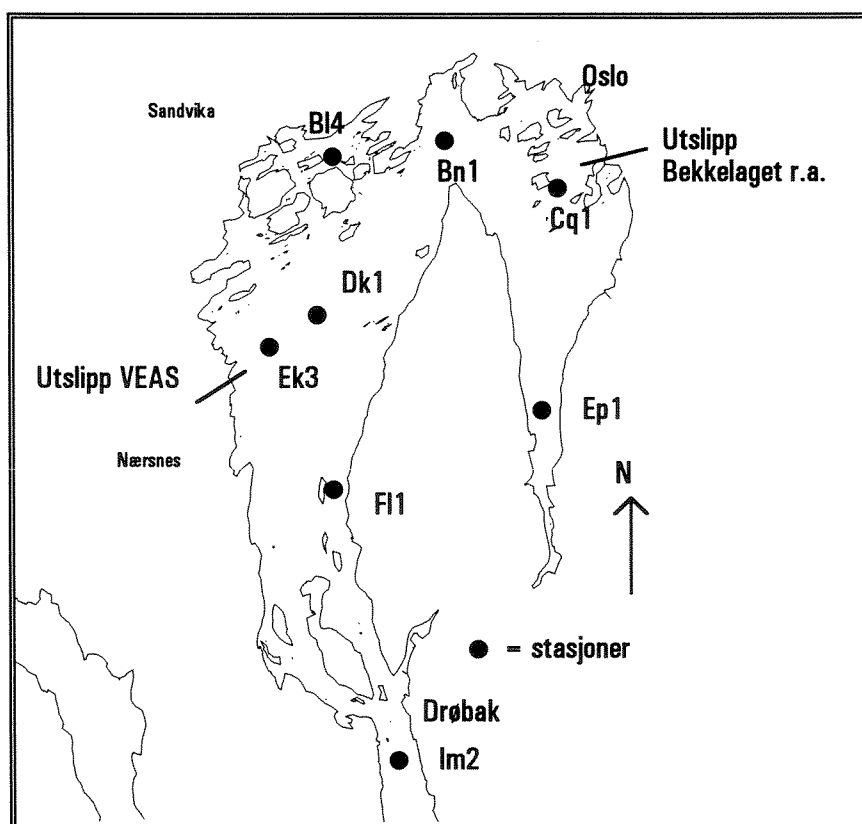
Prosjektet gjennomføres etter en langtidsplan for overvåkingen av fjorden (1984-94). Den praktiske utførelsen deles mellom ulike institusjoner, først og fremst mellom Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo og NIVA. I 1995 ble to undersøkelser rapportert: Hyperbenthosundersøkelser fra 1952-94 av Fredrik Beyer og Jane Indrehus ved Biologisk institutt, UiO (Beyer og Indrehus, 1995), samt bløtbunnsfaunaundersøkelser fra 1993 ledet av John Gray og rapportert av Frode Olsgard (Olsgard, 1995), begge fra Biologisk institutt, UiO.

### 1.3. Observasjoner og undersøkelser i 1995.

Toktvirksomheten fremgår av tabell 1 og stasjonsnett av figur 4. Stasjon Ek 3 ble finansiert av VEAS i 1995.

Tabell 1. Hydrografiske tokt og observasjoner i Oslofjorden 1995.

Dato	Stasjoner	Dato	Stasjoner
15.2	Bn1, Cq1, Dk1, Ep1, F11, Im2	17.8	Bl4, Bn1, Cq1, Dk1, Ep1, F11, Im2
6.4.	Bn1, Cq1, Dk1, Ep1, F11, Im2	23.10.	Bl4, Bn1, Cq1, Dk1, Ek3, Ep1, F11, Im2
15.5	Bl4, Bn1, Cq1, Dk1, Ep1, F11, Im2	11.12	Bl4, Bn1, Cq1, Dk1, Ek3, Ep1, F11, Im2



Figur 4. Hydrografiske stasjoner i 1995.

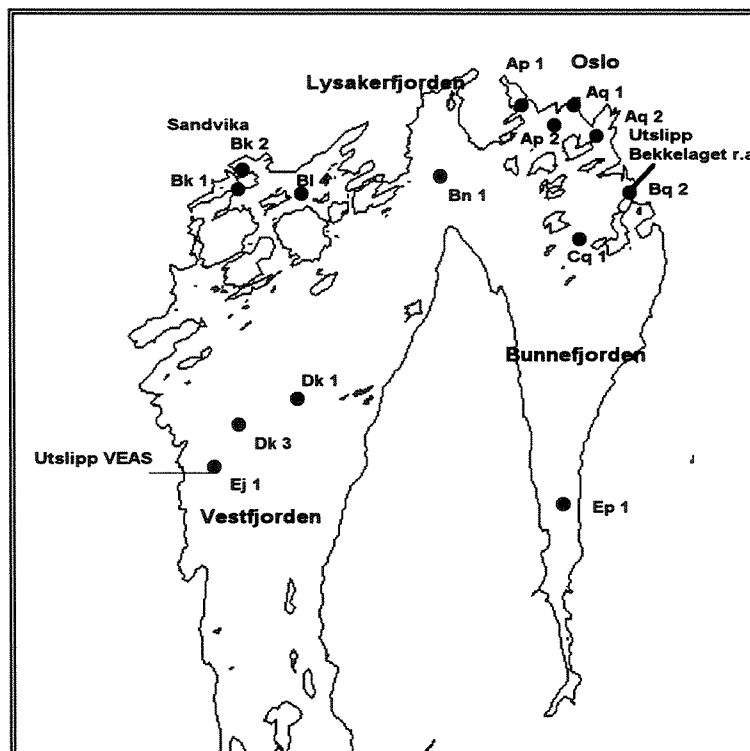
Samtlige hydrografiske tokt ble gjennomført med F/F Trygve Braarud, UiO. Vannprøver ble innsamlet fra overflaten og i 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 og 150 meters dyp. På enkelte stasjoner ble det tatt ytterligere et par dyp. Temperatur og saltholdighet ble observert med Neil Brown CTD (Mark IIIb). På noen stasjoner i de dypeste områdene ble også vannprøver innsamlet til analyse på laboratoriet for å kontrollere CTD -observasjonene. Videre ble siktedypet observert og klorofyll-a

analysert på vann fra 0-2 meters dyp, samt oksygen fra samtlige standarddyp. Fra overflaten på samtlige stasjoner og på standarddyp på tre stasjoner (Ep1, Dk1, Ek3 og Im2) ble vannet analysert på næringssaltsinnhold (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og SiO<sub>2</sub>). Analyser ble gjennomført ved NIVA, etter standard analysemetoder for sjøvann.

### 1.3.1. Overflateobservasjoner.

Det er gjennomført et mindre tokt i februar 1995, hvor det ble tatt overflateprøver av næringssalter. Toktet ble gjennomført for å samle inn opplysninger om vinterkonsentrasjoner av næringssalter i overflaten før planlagte nitrogenreduksjoner. Overflateobservasjoner fra flere stasjoner i fjorden ble også innsamlet desember 1994.

I tidsrommet juni-august ble det gjennomført omtrent ukentlige tokt til 14 stasjoner i indre Oslofjord (fig.5). Det ble tatt prøver til analyse av planteplankton og klorofyll-a (0-2m), observert siktedyp, samt foretatt analyser av næringssalter (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og SiO<sub>2</sub>). Næringssalter ble bare analysert på vannprøver fra stasjonene Dk1, Bl4, Bn1, Ap2, Cq1 og Ep1. Kvantitative planteplanktonprøver ble tatt fra 0-2 meters dyp og konserverte med formalin. Kvalitative vertikaltrekk (0-10 m dyp) av planteplankton ble tatt med håv (10 µ) og konserverte med formalin. Vannprøver og observasjoner ble tatt av Vestfjordens avløpsselskap (VEAS) og Bærums vann- og kloakkvesen (BVK) (Vestfjorden og Bærumbassenget) og NIVA (Lysakerfjorden, havnebassenget, Bekkelagsbassenget og Bunnefjorden). Tabell 2 viser gjennomførte tokt i 1995. Planteplanktonprøver ble kun innsamlet på stasjonene Ap2, Bl4, Bn1, Bq2, Dk1 og Ep1. Analyser er gjennomført på kvantitative prøver fra stasjon Dk1. Samtlige analyser ble gjennomført på NIVA, unntatt klorofyll -a på stasjonene Dk1, Ej1 og Bl4 som ble analysert på Regionlaboratorium Vest, VAR-etaten i Bærum kommune.



Figur 5. Stasjonsnett for overflateobservasjoner, juni-august 1995.

Tabell 2. Overflateobservasjoner juni til august i 1995 (næringssalter, siktedyp og klorofyll-a).

<b>Stasjoner:</b> Ap1, Ap2, Bn1, Bq2, Cq1, Ep1, Aq1 og Aq2.	<b>Stasjoner:</b> Bk1, Bk2, Bl4, Ej1, Dk1, Dk3.
<b>Observatør:</b> OVA og NIVA	<b>Observatør:</b> BVK og VEAS
<b>DATO:</b> <b>1995:</b> 6.6, 13.6, 19.6, 26.6, 3.7, 10.7, 17.7, 24.7, 31.7, 7.8, 16.8, 21.8, 28.8.	<b>DATO:</b> <b>1995:</b> 2.6, 9.6, 16.6, 23.6, 30.6, 6.7, 14.7, 19.7, 26.7, 3.8, 10.8, 17.8, 23.8, 31.8.

### 1.3.2. Fastsittende alger.

Undersøkelsen er en oppfølging av enkelte stasjoner i Bunnefjorden, hvor det er blitt registrert en reduksjon i mengden av fastsittende alger. Reduksjonen kan forårsakes av isskuring. For å få avklart dette problem har det derfor vært et mindre program for registrering av fastsittende alger før islegging og etter isløsning i 1991-93. Undersøkelsene ble gjort på et utvalg av stasjoner.

Observasjonene de første to år med milde vintrer uten isskuring, viste ikke noen nyetablering av tang. Sommeren 1993 ble tangplanter flyttet fra Vestfjorden til Bunnefjorden. Forsøkene viste at sterk sneglebeiting kan være en mulig forklaring på manglende tangvekst.

For å få avklart om den manglende tangveksten skyldes sneglebeiting, ble det i 1994/95 studert gjenvækst av tang transplantert til Bunnefjorden og beskyttet for beiting. Det ble også satt ut unge planter. Undersøkelsen er finansiert av NIVA med støtte fra Fagrådet og ble avsluttet i 1995.

### 1.3.3. Hyperbenthosundersøkelser.

Hyperbenthosundersøkelser fra 1952 til 1994 er bearbeidet og rapportert av F. Beyer og J. Indrehus (Beyer og Indrehus, 1995).

### 1.3.4. Bløtbunnsfaunaundersøkelser.

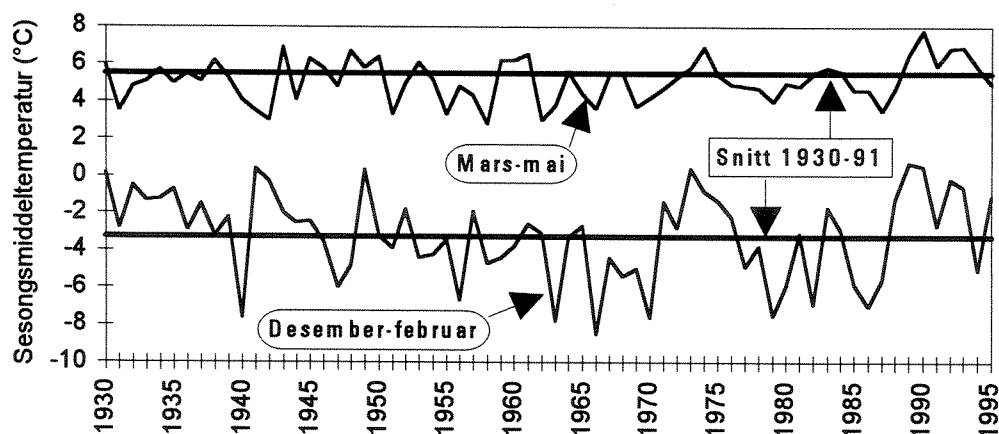
Undersøkelsene ble ledet av J. Gray, UiO. Feltarbeidet ble gjennomført i 1993, med rapportering i 1995 (Olsgard, 1995).

## 2. Resultater og diskusjon.

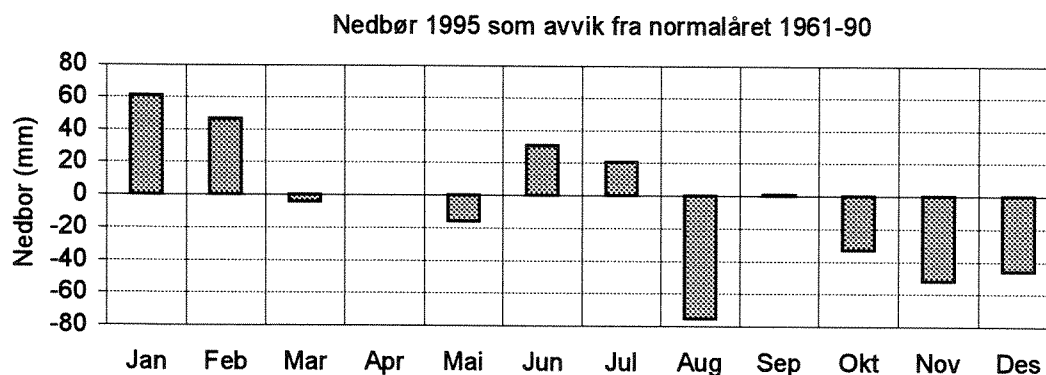
### 2.1 Klima.

De klimatiske forhold har vært unormale i perioden 1988 - 1993, med en rekke år med mild vinter og vår (figur 6). I 1995 var lufttemperaturen også høyere enn normalt, mens våren var litt kaldere enn normalt. Overgang fra en kald vår til en relativt varm sommer kom raskt i slutten av mai og var en bidragende årsak til storflommen i Glomma og meget høy vannføring i Drammenselva. Flommen startet omkring 25.5 og kulminerte omkring den 10.6.95, med en vannføring i Glomma på over ca. 2.5 ggr. normalflomvannføringen. I indre Oslofjord ble det også en vårflo som resulterte i at overløpene til renseanleggene måtte tas i bruk (Kværneroverløpet med utløp i Loelva og Lysakeroverløpet med utløp i Lysakerfjorden). Denne lokale flommen kom samtidig med flommen i Glomma (figur 2 og 3).

Januar og februar var nedbørrike (figur 7), og det var også en del mer nedbør enn normalt i juni/juli 1995. Derimot var august samt oktober til desember måneder med mindre nedbør enn normalt.



Figur 6. Sesongmiddeltemperaturen ved Blindern 1930-95 (data fra Meteorologisk institutt).



Figur 7. Nedbør ved Blindern 1995. Avvik fra normalen 1960-90 (data fra Meteorologisk institutt).

## 2.2. Dypvannsfornyelsen.

Vannkvaliteten i indre Oslofjord er avhengig av tilførte forurensninger fra land i området og tilført mengde og kvalitet på "nytt" vann fra ytre Oslofjord/Skagerrak. Kloakkutslippene fra rensesanleggene, som dominerer tilførselen av plantenæringsstoffer og organisk stoff fra land, er tilnærmet konstante over året, mens tilførsel fra andre kilder via elvene, variere med nedbør. Bruk av overløp til rensesanleggene følger også nedbør eller flom i samband med snøsmelting.

Dypvannsfornyelsene er normalt begrenset til november-juni og forekommer mest vanlig i januar-april. Vannkvaliteten i 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 hvert år vil alltid litt vann også tilføres Bunnefjorden på mellomnivåer og gjennom diffusive prosesser også i noen grad til dypvannet.

Det innstrømmende vannet fra ytre Oslofjord har normalt et betydelig høyere oksygeninnhold og lavere næringssaltkonsentrasjon enn det gamle dypvannet inne i fjorden. Når det nye dypvannet strømmer inn over Drøbakerskelen blandes det med gammelt fjordvann. Stor tetthetsforskjell og langvarige, sammenhengende innstrømninger er gunstige i det en får 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.

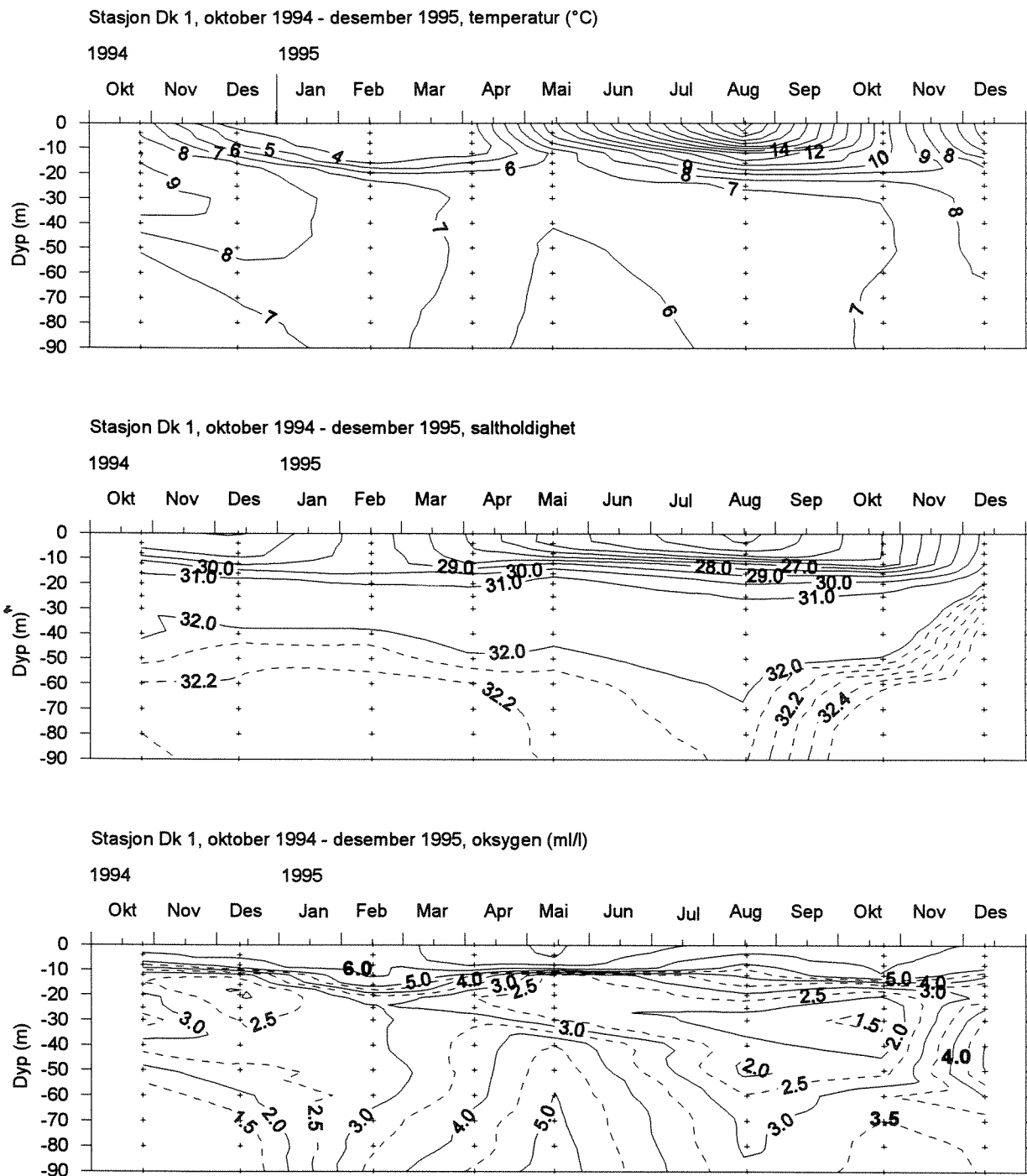
Dessverre har det vist seg at oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet om høsten har avtatt noe gjennom de siste 50 årene. På tross av at den midlere reduksjonen er relativt beskjeden, vil den være av betydning for tilførselen av oksygen til indre Oslofjord. Også ved normal dypvannsfornyelse vil derfor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

Den årlige dypvannsfornyelsen, dvs. vannfornyelsen på dyp større enn 20 meter, er beregnet ut fra hydrografiske observasjoner i Bunnefjorden (Ep1), Vestfjorden (Dk1 og F11) og Drøbaksundet (Im2), (se figur 4). Beregningen bygger på sporing av vannmasser i temperatur/-saltholdighetsdiagrammer (T/S-diagrammer). Det er imidlertid relativt store vertikale gradienter i saltholdighet og temperatur i det innstrømmende vannet, hvilket gjør beregningene usikre. Det er derfor valgt å bruke totalfosfor, som i regel har mindre variasjon i det innstrømmende vannet (små vertikale gradienter). Resultatet er kontrollert mot oksygen. Ettersom totalfosfor og oksygen ikke er konservative variable, vil det ikke oppnås fullstendig overensstemmelse. Dessuten er vannutskiftningen basert på enkelte stasjoner som F11 og Dk1 for hele Vestfjorden. Således er de beregnede dypvannsfornyelsene å betrakte som *relative* tall, dvs. de gir et bilde av variasjonen fra år til år, men ikke med helt riktige absolutte verdier.

Beregningene av dypvannsfornyelsen følger ikke kalenderår. Isteden brukes tidsrommet 1.10 - 30.9. Den hydrografiske utviklingen er vist i figurene 8 - 10 for oktober 1994 til desember 1995.

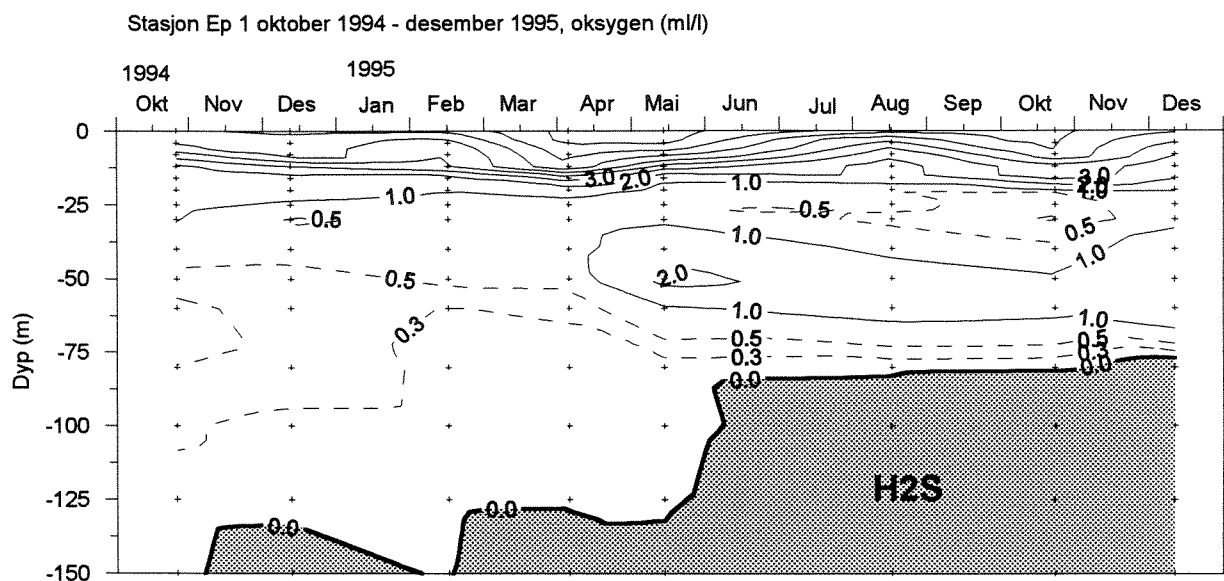
Dypvannsfornyelsen startet i oktober 1994, med mindre utskiftninger i Vestfjorden (25-50 meters dyp), etterfulgt av mindre utskiftninger frem til desember 1994. Mellom desember 1994 og februar 1995 var det en større dypvannsfornyelse i Vestfjorden. I tidsrommet februar til mai 1995 var det igjen større dypvannsfornyelser i Vestfjorden. I oktober 1995 startet en ny dypvannsfornyelse. Vestfjorden hadde således en meget god dypvannsfornyelse i 1995. Derimot var dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden beskjeden og stort sett begrenset til tidsrommet februar til mai 1995, men med en mindre tilførsel av nytt vann fra Vestfjorden i oktober 1994.

Sammenlignet med tidligere år var dypvannsfornyelsen for fjorden som helhet noe over det "normale" (tabell 3 og figur 11), men ettersom Bunnefjorden i liten grad ble berørt av nytt vann er det den store dypvannsfornyelsen i Vestfjorden som gir dette resultatet.

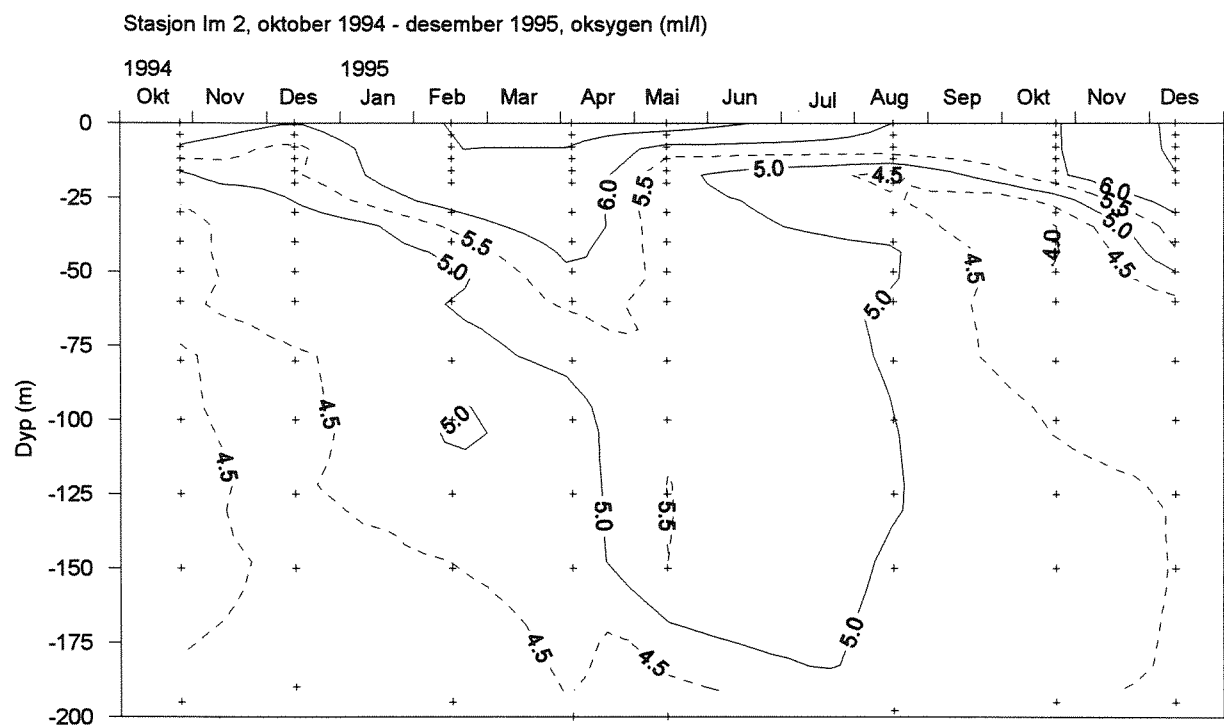


Figur 8. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygen (ml/l) i Vestfjorden (Dk 1), oktober 1994 til desember 1995.





Figur 9. Oksygen (ml/l) i Bunnefjorden, oktober 1994 til desember 1995.

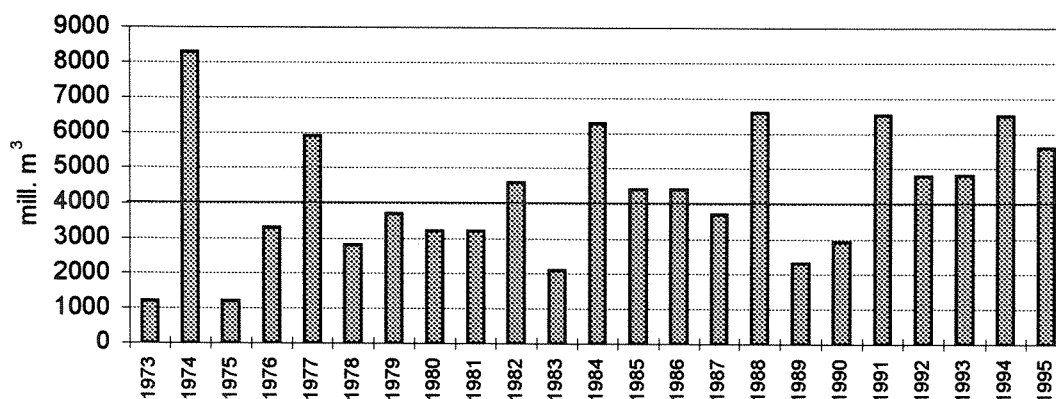


Figur 10. Oksygen (ml/l) i Drøbaksundet, oktober 1994 til desember 1995.

Tabell 3. Beregnet *relativ* dypvannsfornyelse (20 meters dyp til bunn) for hele indre Oslofjord, 1973-95.

År	Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)	År	Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp)
1973	1200	20	1985	4400	74
1974	8300	140	1986	4400	74
1975	1200	20	1987	3700	62
1976	3300	55	1988	6600	110
1977	5900	100	1989	2300	39
1978	2800	45	1990	2900	50
1979	3700	60	1991	6530	110
1980	3200	54	1992	4800	80
1981	3200	54	1993	4810	80
1982	4600	77	1994	6500	109
1983	2100	35	1995	5600	94
1984	6300	106			

Gjennomsnittlig fornyelse 1973-92: ca. 4000\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>



Figur 11. Beregnet *relativ* dypvannsfornyelse i indre Oslofjord 1973-95.

### 2.3. Oksygenforhold.

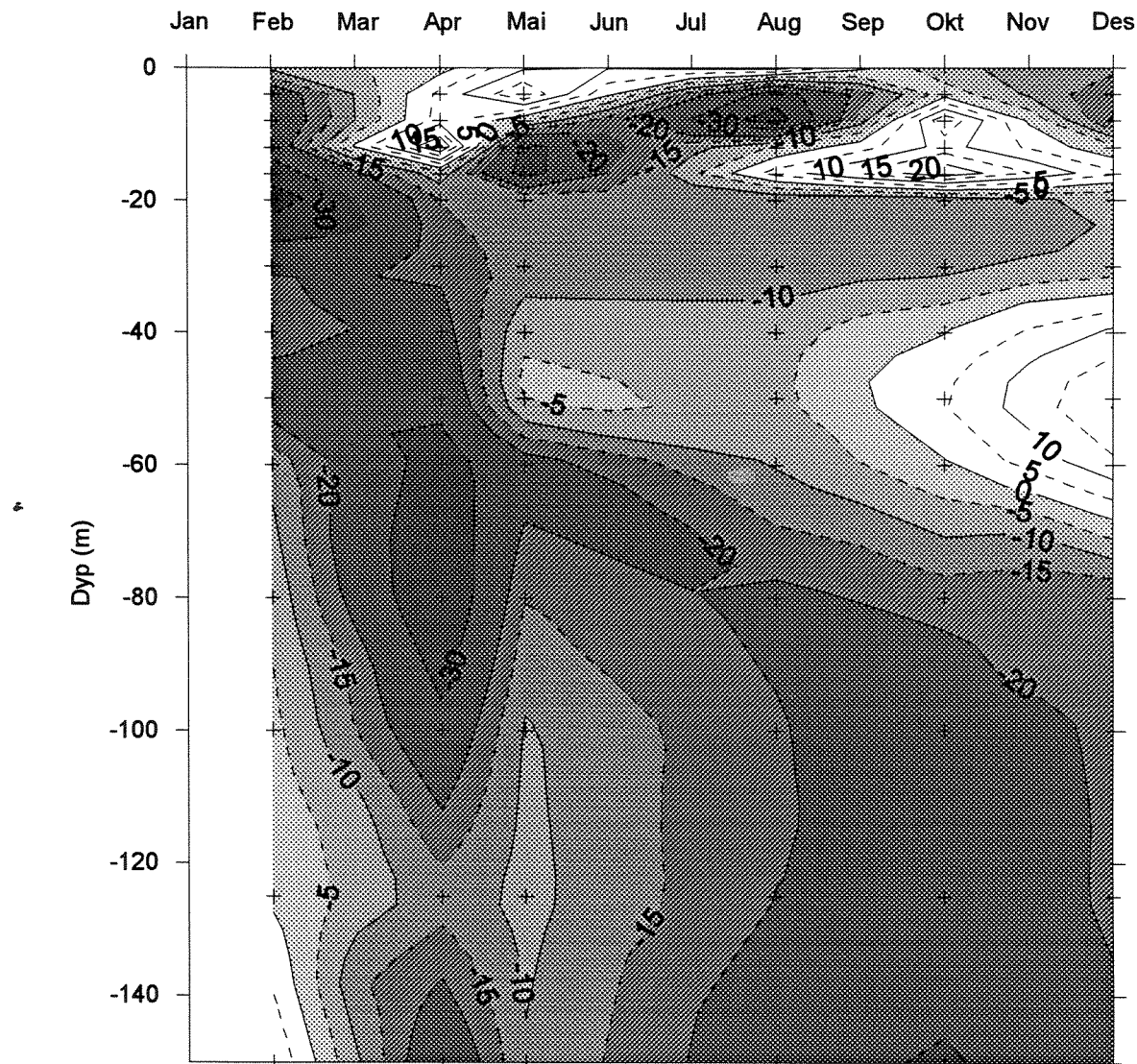
#### Bunnefjorden.

Som følge av den meget dårlige dypvannsfornyelsen i 1995 ble det dannet store mengder hydrogensulfidholdig vann (råttent vann) i Bunnefjorden på høsten og meget lav oksygenkonsentrasjon i hele vannmassen (figur 9). Sammenlignet med observasjoner før VEAS ble etablert i 1982 (figurene 12 og 13), var oksygenforholdene klart dårligere i nesten hele vannmassen og i hele 1995. I august - oktober måned var oksygenkonsentrasjonen meget lav også nær overflaten (figur 13). 1995 ble derfor et av de dårligste år i tidsrommet 1973-95, med omtrent like dårlige oksygenforhold som i 1975, 1983 og 1990. Med unntak av 1991-92 har det vært hydrogensulfidholdig bunnvann siden 1988. Vel 3 år med råttent bunnvann er den lengste perioden med slike forhold som er blitt observert.

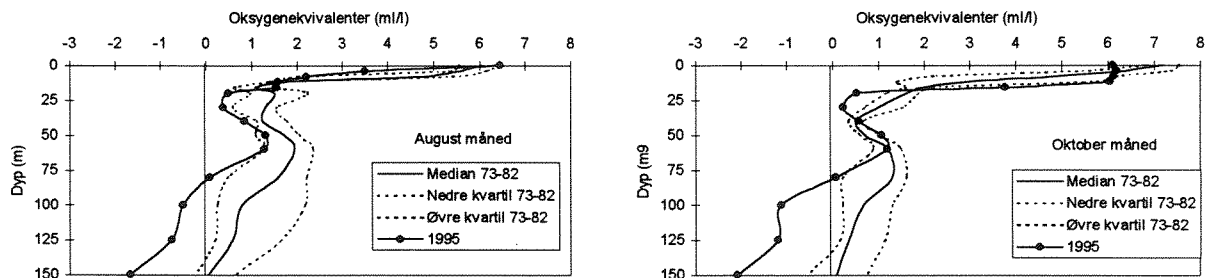
Sammenlignet med de tentative mål for oksygen som er foreslått for Bunnefjorden (Baalsrud m.fl., 1986), viser figur 14 at det laveste målet ikke er nådd. Konklusjonen fra tidligere rapporter er derfor

fortsatt gyldig, dvs. at belastningen på Bunnefjorden er for stor i relasjon til oppsatte mål og med den dypvannsfornyelse fjorden har idag.

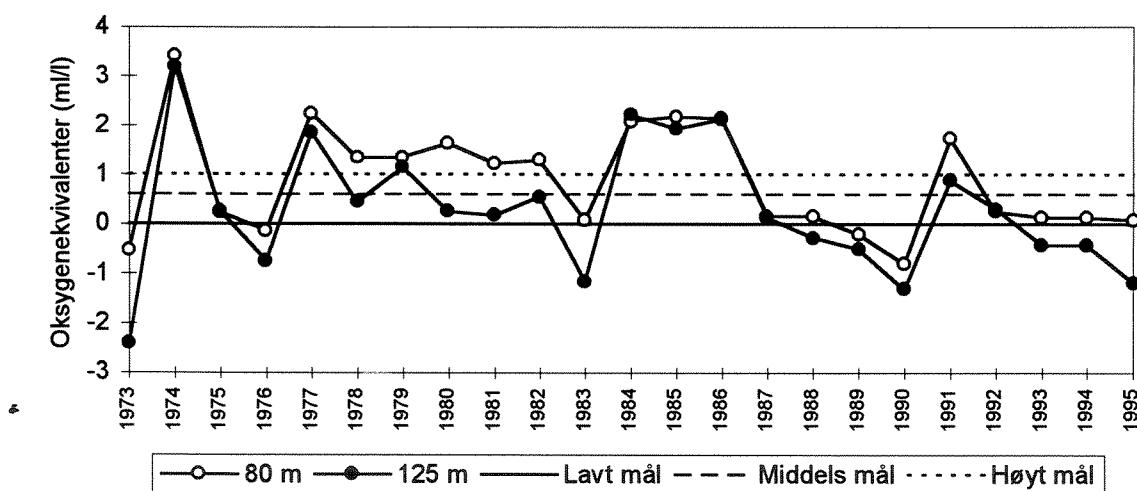
Hovedårsaken til de dårlige oksygenforholdene i 1988-93 og i 1995 er den beskjedne dypvannsfornyelsen, sannsynligvis en funksjon av de milde vintrene, en værtype som har mindre frekvens og varighet av nordlige vinder over Oslofjordområdet. Dette tidsrom har vært helt spesielt for perioden 1930-95. En faktor som normalt vil begunstige en dypvannsfornyelse er lav egenvekt på dypvannet inne i fjorden. Figur 15 viser at den laveste egenvekten (sigma-t) i Bunnefjorden ble observert i 1995, men at det i hele perioden siden 1988 har vært lav egenvekt på dypvannet, uten at dette har ført til større dypvannsfornyelser.



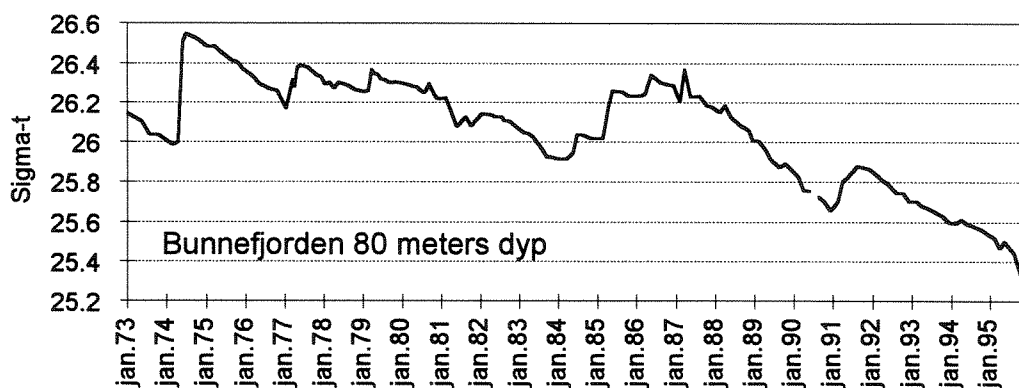
Figur 12. Oksygenmetning (%) i Bunnefjorden (Ep 1). Observasjoner i 1995 minus medianverdi av observasjoner fra tidsrommet 1973-82.



Figur 13. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (Ep 1) i august og oktober 1995 sammenlignet med observasjoner fra 1973-82.



Figur 14. Oksygenkonsentrasjonen på 80 og 125 meters dyp i Bunnefjorden (Ep 1) oktober måned 1973-95, sammenlignet med tentative mål.

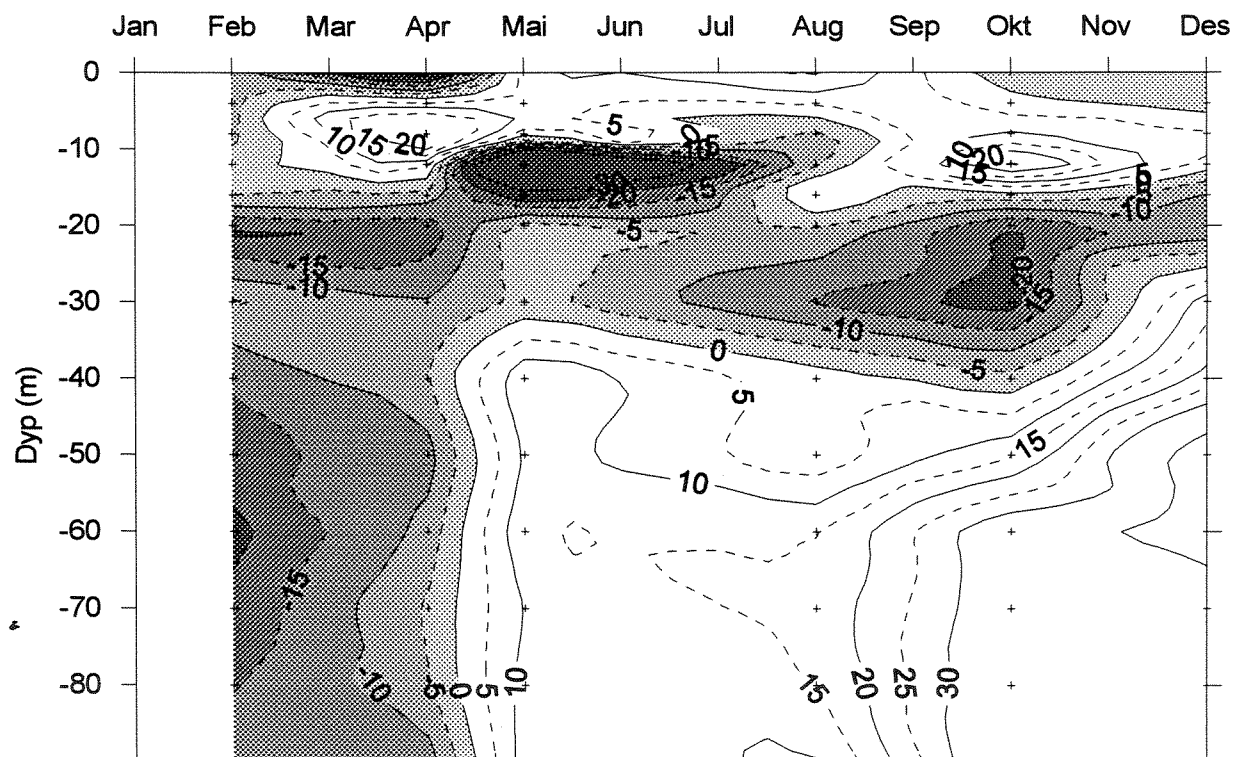


Figur 15. Egenvekten (sigma-t) på 80 meters dyp i Bunnefjorden (Ep 1) 1973-95.

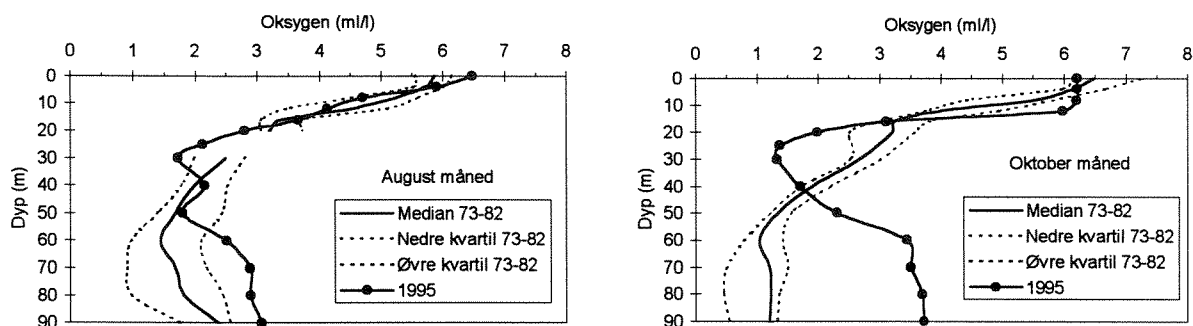
## Vestfjorden.

I Vestfjorden var dypvannsfornyelsen i 1994/95 meget bra. Fra mai 1995 var oksygenmetningen fra ca. 50 meters dyp til bunn klart bedre enn gjennomsnittlige forhold i perioden 1973-82, dvs. perioden innen VEAS ble etablert (fig. 16 og 17). Imidlertid var oksygenforholdene på mellomnivåer (15 - 30 meters dyp) lavere enn gjennomsnittet for 1973-82, spesielt i oktober 1995.

Vestfjorden (Dk 1). Oksygenmetning (%) 1995 - median 1973-82.



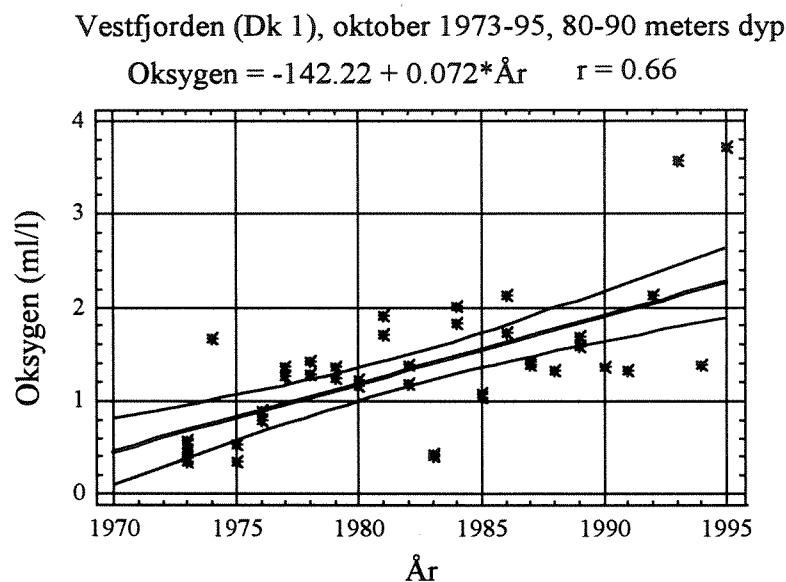
Figur 16. Oksygenmetning (%) i Vestfjorden (Dk 1). Observasjoner i 1995 minus medianverdi av observasjoner fra tidsrommet 1973-82.



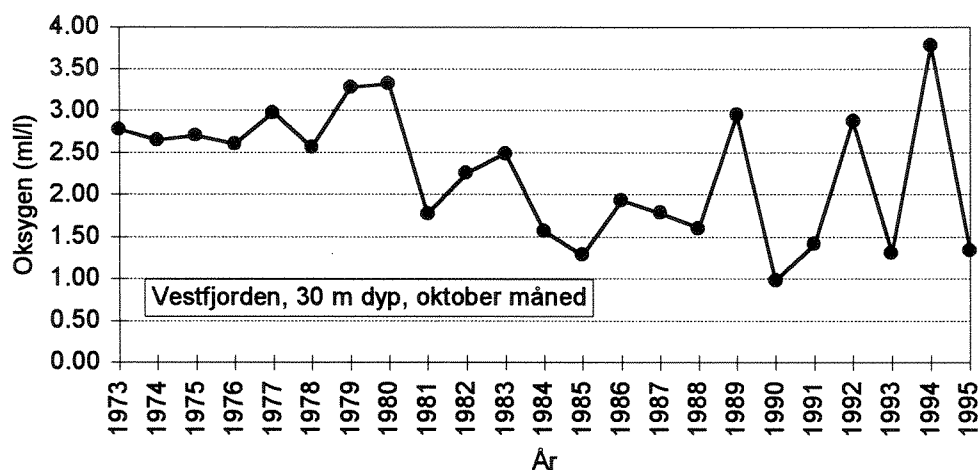
Figur 17. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden i august og oktober 1995, sammenlignet med observasjoner fra oktober 1973-82.

Figur 18 viser at oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann (oktober måned) har hatt en positiv utvikling i perioden 1973-95. Dette skyldes ikke kun gjennomførte rensetiltak, men også den gode

dypvannsfornyelsen på 1990-tallet, hvor dypvannsfornyelsen ofte har startet i oktober. Dette vises tydeligere i figur 19, hvor oksygenkonsentrasjonen fra 30 meters dyp fra samme tidsrom er vist. En tidligere negativ utvikling fra 1979 til 1988 har takket vare tidlig innstrømning av oksygenrikt vann fra Drøbaksundet i oktober medført at det nå ikke foreligger noen statistisk signifikant nedgang på dette dyp.

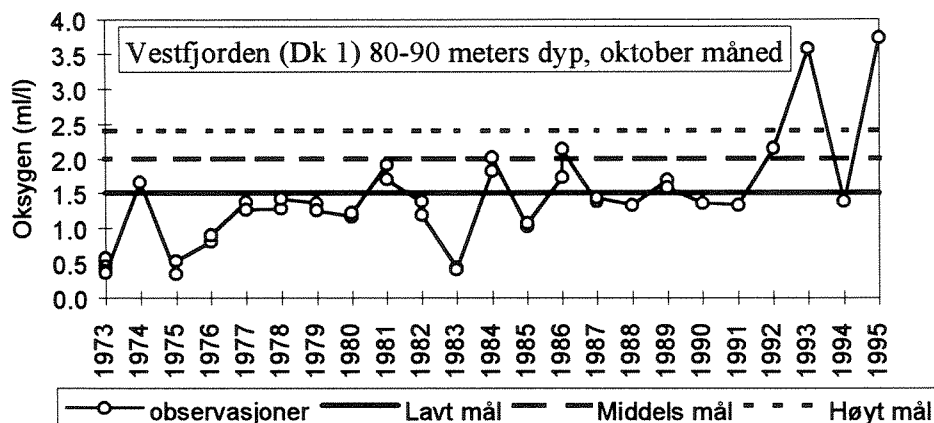


Figur 18. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden på 80-90 meters dyp - lineær regresjon.



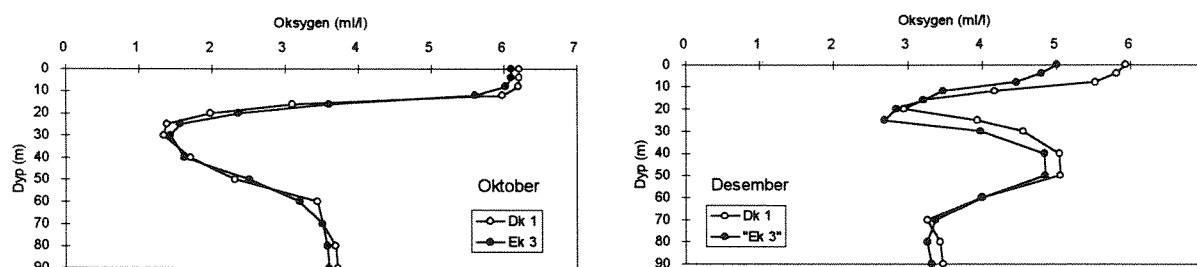
Figur 19. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden (Dk 1) på 30 meters dyp, oktober måned 1973-95.

Sammenlignet med de tentative mål som er satt opp for oksygen i Vestfjorden (Baalsrud m.fl. 1986) var forholdene i 1995 klart bedre enn høyt mål og for hele perioden 1992-95 var konsentrasjonen i stort sett bedre enn lavt mål (figur 20).

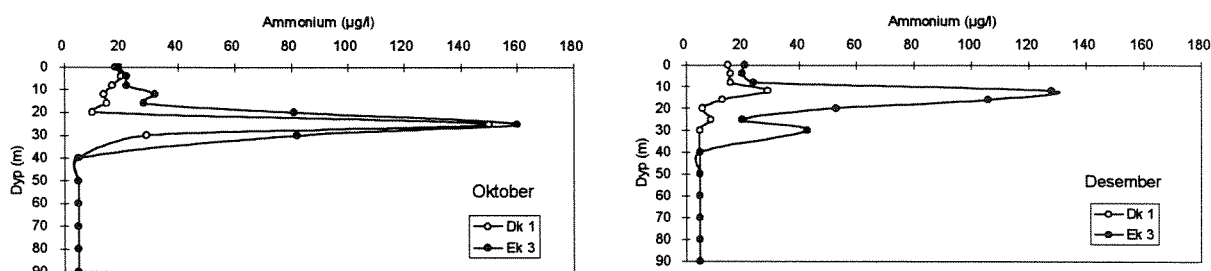


Figur 20. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) på 80-90 meters dyp i Vestfjorden (Dk 1) i oktober måned 1973-95, sammenlignet med tentative mål.

Tidligere har årsaken til den avtakende oksygenkonsentrasjonen på 20-30 meters dyp blitt tillagt utslipp av oksygenforbrukende materiale fra VEAS. I 1995 ble det tatt observasjoner på en stasjon nær utslippet til renseanlegget. Figur 21 viser at oksygenkonsentrasjonen i oktober ikke var forskjellig på dette dyp mellom stasjonen ved utslippet (Ek 3) og stasjonen ved Steilene (Dk 1), men også at ammoniumkonsentrasjonen var omtrent like stor på begge stasjonene, noe som viser at det forfynede avløpsvannet i dette tilfelle kunne spores på begge stasjonene. I desember var derimot oksygenkonsentrasjonen noe høyere ved Steilene (Dk 1), samtidig som det var en klar forskjell i ammoniumkonsentrasjonen (figur 22). Sannsynligvis var forskjellen nå en funksjon av en vannutskiftning som fant sted og at det var forholdsvis ferskt avløpsvann som ble observert nær utslippet til renseanlegget.



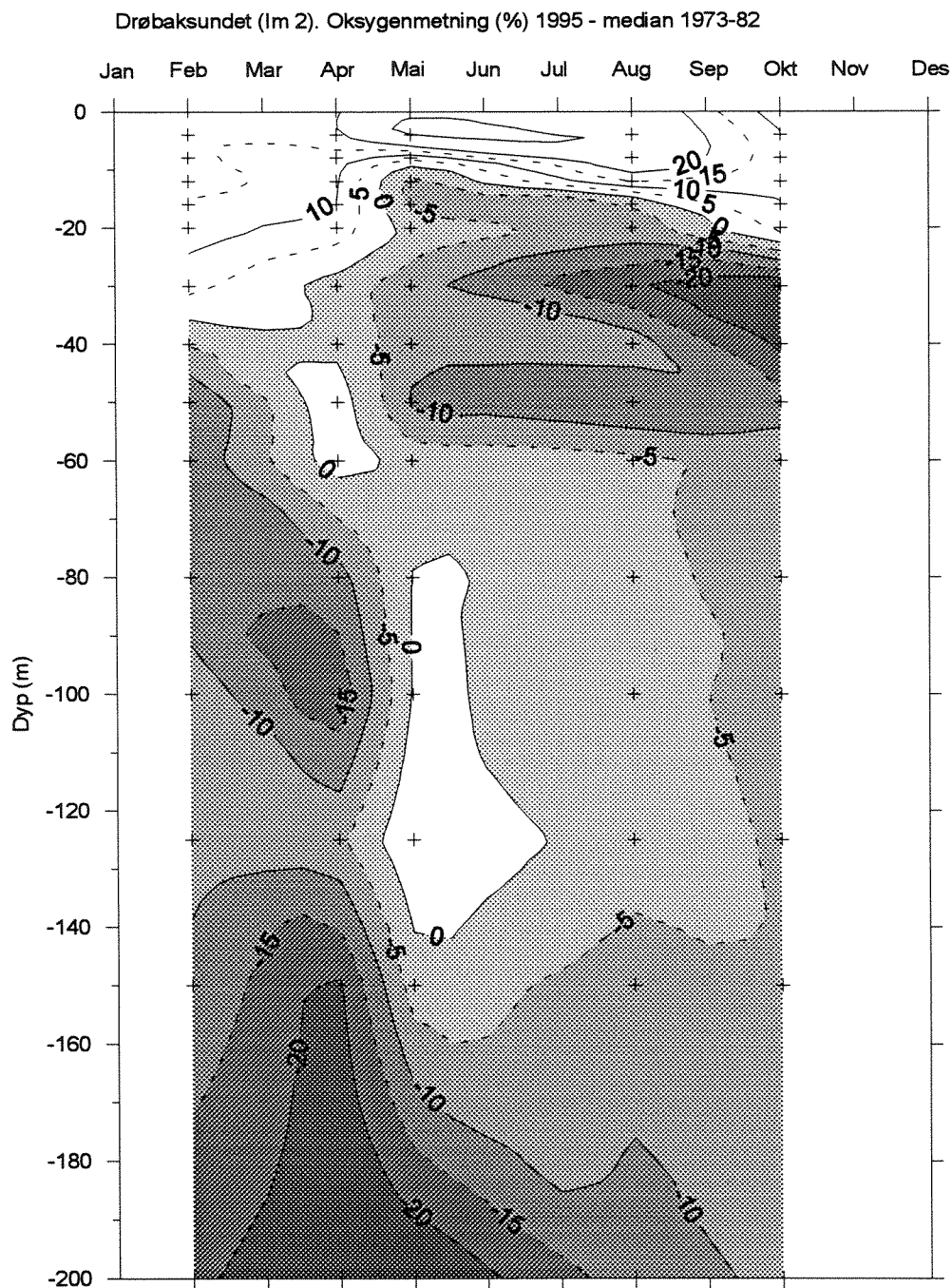
Figur 21. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i oktober og desember 1995 ved utslippet til VEAS (Ek 3) og ved Steilene (Dk 1).



Figur 22. Ammoniumkonsentrasjonen (µg/l) ved utslippet til VEAS (Ek 3) og ved Steilene (Dk1) oktober og desember 1995.

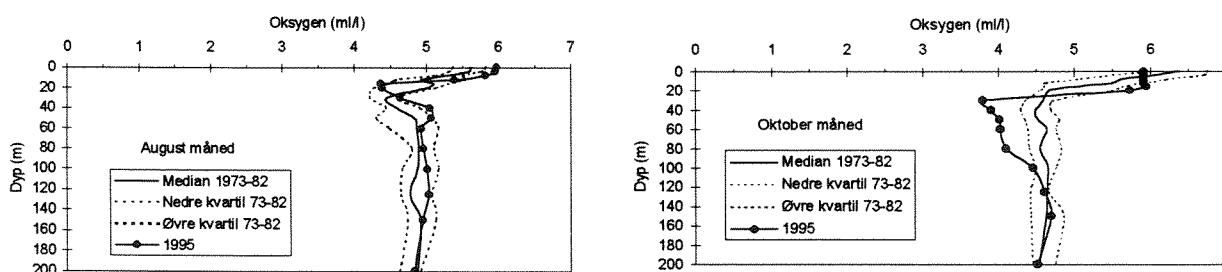
### Drøbaksundet.

Oksygenforholdene i Drøbaksundet (stasjon Im 2) er gode sammenlignet med indre Oslofjord, men i 1995 var oksygenmetningen i vann fra 30-40 meters dyp til bunn gjennomgående noe lavere enn gjennomsnittet for perioden 1973-82 (figur 23). Oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet var omtrent normal i august måned sammenlignet med tidligere observasjoner (figur 24), men i oktober var den klart lavere mellom 30 og 100 meters dyp. Figur 25 viser ikke noen trend i oksygenkonsentrasjonen fra 1973 til 1995, men tidligere er det konstatert en nedgang siden 1950/60-tallet. For Drøbaksundet totalt sett var forholdene i 1995 noe dårligere enn tidligere, men fortsatt er oksygenkonsentrasjonen på et relativt høyt nivå.

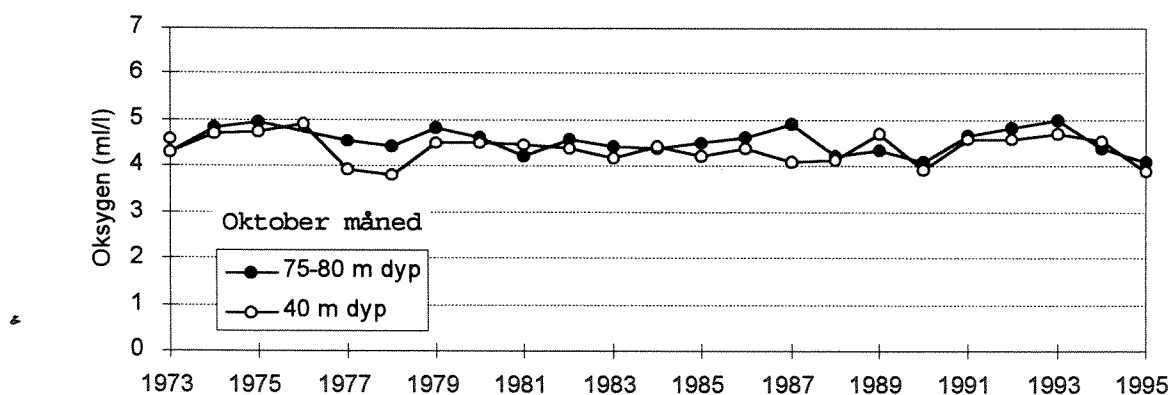


Figur 23. Oksygenmetning (%) i Drøbaksundet (Im 2). Observasjoner i 1995 minus medianverdi av observasjoner fra tidsrommet 1973-82.





Figur 24. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (Im 2) i august og oktober 1995, sammenlignet med observasjoner fra august og oktober 1973-82.



Figur 25. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (Im 2) på 30 og 75-80 meters dyp, oktober måned 1973-95.

### Bekkelagsbassenget.

Oksygenforholdene i Bekkelagsbassenget (stasjon Cq 1) er vist i figur 26. Det ble registrert hydrogensulfid hele året frem til desember i bassengets dypere vannmasser. I august ble det også registrert ekstremt lave konsentrasjoner høyt opp i vannmassen (fra ca. 10 meters dyp), men dette forsvant ved etterfølgende vannutskiftninger. Det foreligger ikke så mange observasjoner i tidsrommet 1973 - 82, og derfor er også observasjonene fra august og oktober 1995 sammenlignet med observasjoner fra tidsrommet 1973-90 (figur 27). I august var oksygenkonsentrasjonen klart lavere i hele vannmassen fra 8 meters dyp til bunn, og i oktober fra ca. 20 meters dyp til bunn. I begge situasjonene avvok observasjonen på 40 meters dyp fra dette mønster.

I sin helhet har 1995 vært et dårlig år for Bekkelagsbassenget sett ut fra oksygenforholdene.

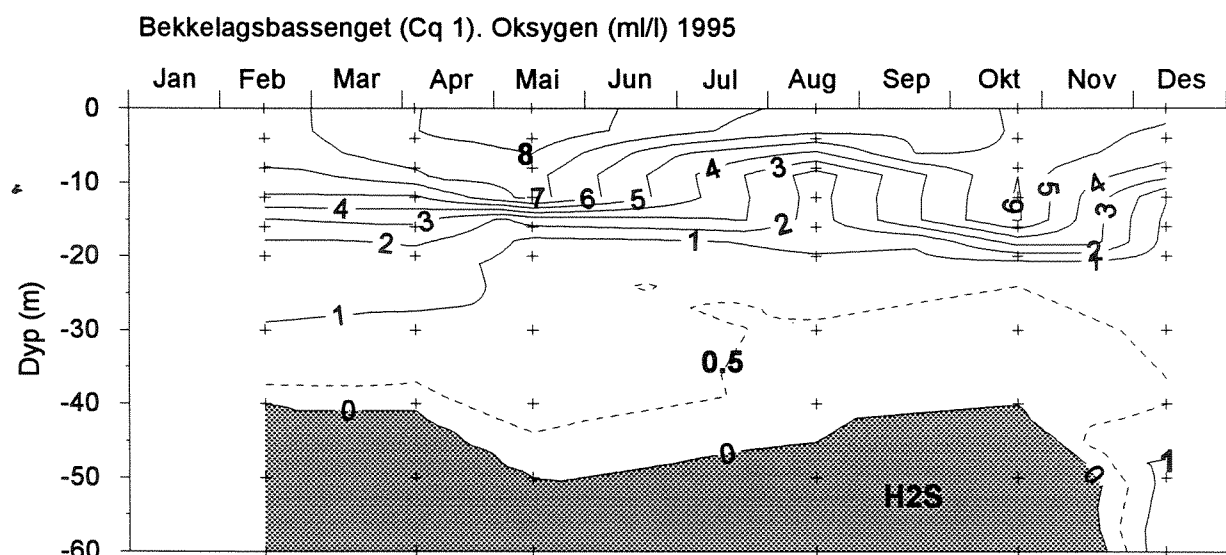
### Fiskedøden høsten 1995.

Den 3.9.1995 ble det rapportert om død fisk på grunt vann i Paddehavet. Oksygenobservasjoner i området fra august, samt observasjoner i området fra den 4.9, sannsynliggjør at det var oksygenfattig vann (eller råttent vann) fra dyphuler i Paddehavet eller mellomlaget i området som av nordlige vinder ble løftet opp mot overflaten så raskt at fisk som flyktet fra dette vannet ble innhentet på grunt vann. Den 17.11 ble det på ny rapportert fiskedød i Paddehavet, samtidig med at det ble observert død fisk i

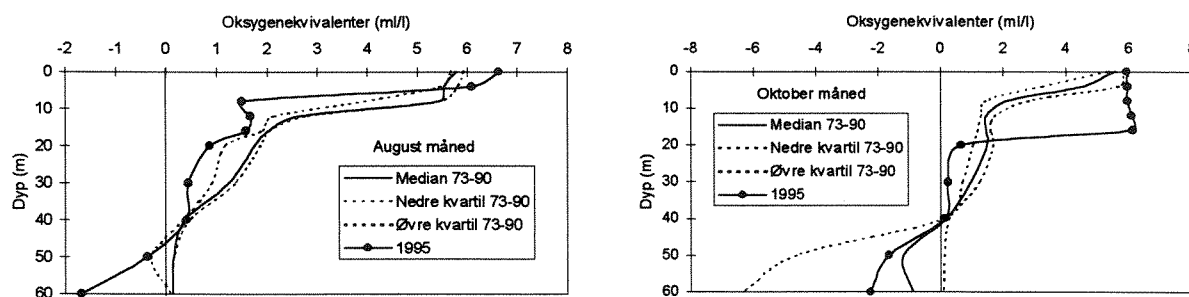
ruser på ca. 4 meters dyp i Langviksbukta i Frognerkilen og eksemplarer av død flyndre på bunn langs Akershuskaien. Årsaken var sannsynligvis den samme som i september, dvs. nordlige vinder førte dypereliggende oksygenfattig vann opp mot overflaten. I perioden var det også en dypvannsfornyelse i fjorden, noe som også kan ha bidratt til å føre dypereliggende vann opp mot overflaten.

Dette er ikke første gang det er rapportert om fiskedød i indre Oslofjord. I oktober 1976 var det fiskedød i Holtekilen i Bærumsbassenget (Kirkerud og Magnusson, 1977). Død skrubbeflyndre, men også kutling og strandreke, ble funnet på meget grunt vann (< 1 meters dyp). Hydrografiske observasjoner viste at det hydrogensulfidholdige dypvannet i Bærumsbassenget var blitt utskiftet. Det "råtne vannet" var blitt løftet opp mot overflaten og hadde tildels strømmet inn i Holtekilen. Den døde fisken har antakelig flyktet fra denne vannmassen, men blitt innhentet og kvalt.

I en fjord som har lav oksygenkonsentrasjon på mellomdyp eller hydrogensulfidholdig vann i grunne avlukkede dypområder, vil det alltid være en potensiell risiko for at det kan oppstå situasjoner som kan lede til fiskedød. Imidlertid er det også nødvendig med spesielle vindforhold og/eller at, i denne sammenheng, ugunstige hydrografiske forhold foreligger. Fiskedød rapporteres sjelden i indre Oslofjord, men derimot vil lavt oksygeninnhold høyt opp i vannmassen oftere merkes av fiskere som oppbevarer fisk i ruser. Spesielt om høsten i de senere år har en blitt tvungen til å dra rusene opp mot overflaten for at fisken skal overleve (B. Kristoffersen pers. medd.).



Figur 26. Oksygen (ml/l) i Bekkelagsbassenget (Cq 1) 1995.

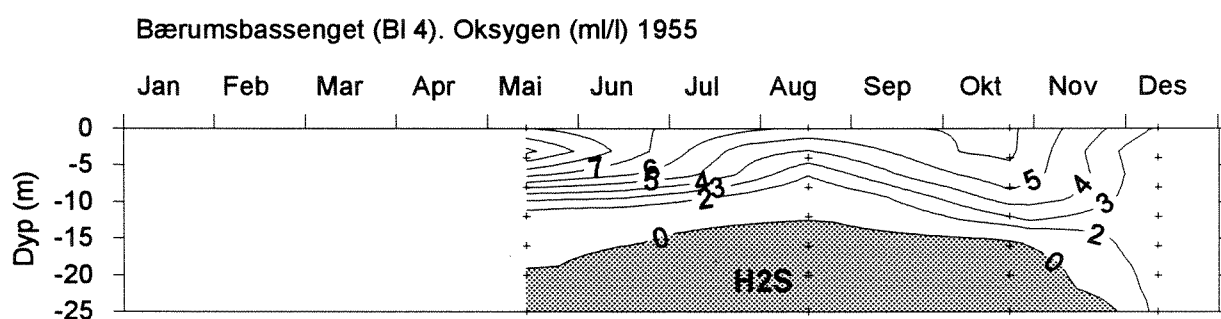


Figur 27. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Bekkelagsbassenget (Cq 1) i august og oktober 1995, sammenlignet med observasjoner fra august og oktober 1973, 1982-83 og 1988-90.

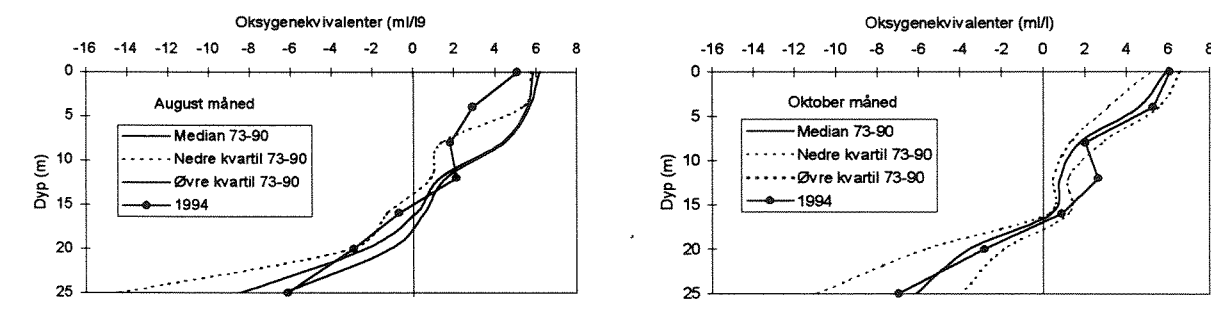
### Bærumsbassenget.

Oksygenforholdene i Bærumsbassenget er vist i figur 28 -29. Manglende observasjoner i februar og april skyldes isforholdene. Hydrogensulfidholdig vann ble registrert fra mai til oktober 1995, da en dypvannsfornyelse med vann fra Vestfjorden tilførte bassenget vann med oksygen. Sammenlignet med de observasjoner som foreligger fra bassenget i tidsrommet 1973 til 1990 var oksygenkonsentrasjonen i august 1995 klart lavere fra 4 meters dyp til 20 meters dyp. I oktober var forholdene bedre, med omtrent samme eller høyere konsentrasjon enn i tidsrommet 1973 til 1990.

Med forbehold om manglende observasjoner i februar til april, var 1995 et relativt dårlig år for Bærumsbassenget, bedømt ut fra oksygenforholdene.



Figur 28. Oksygen (ml/l) i Bærumsbassenget (Bl 4) 1995.



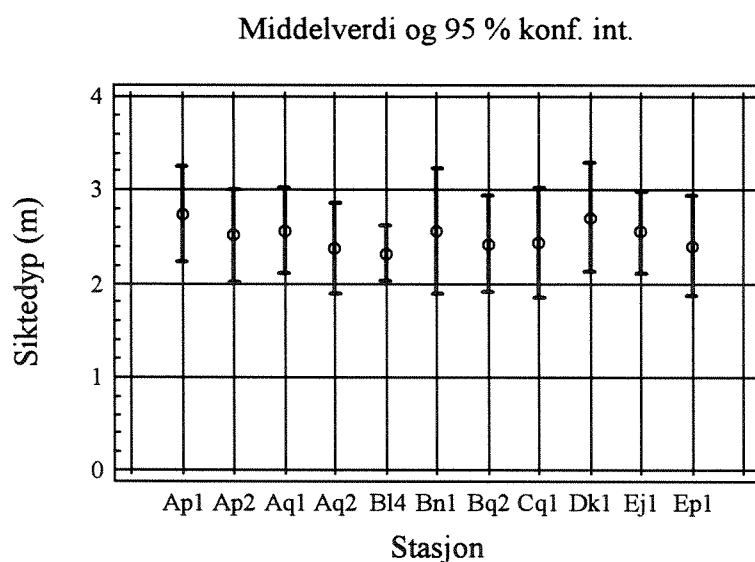
Figur 29. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Bærumsbassenget (Bl 4) i august og oktober 1995, sammenlignet med observasjoner fra august og oktober 1973, 1982-83 og 1988-90.



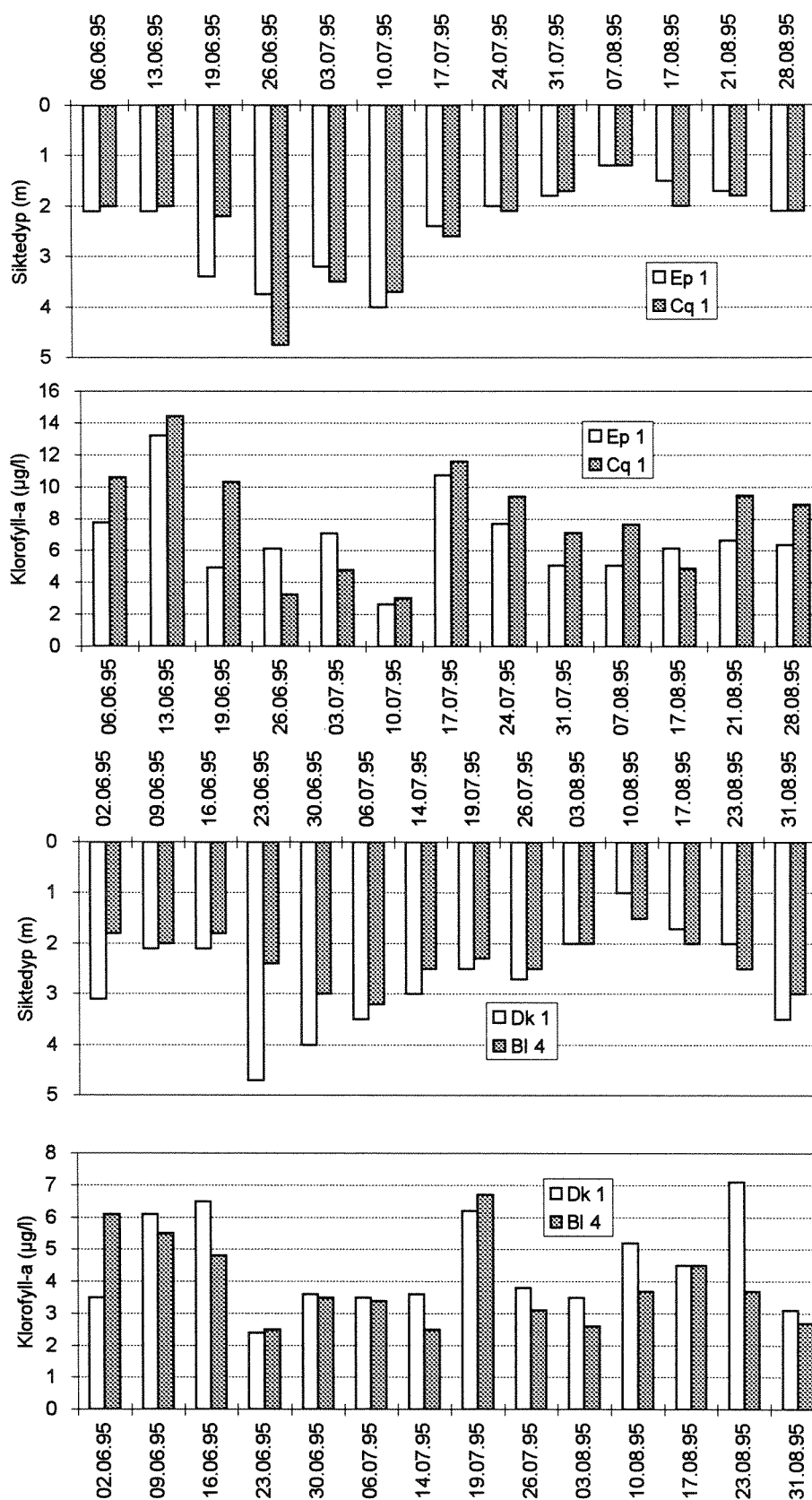
Sommeren 1995 var det ikke noen signifikant forskjell i siktedyp mellom de ulike stasjonene (figur 30). Figur 31 viser at siktedypet var lite og planteplanktonbiomassen (klorofyll-*a*) stor (dominert av *Skeletonema costatum* i overflatevann, se også kapittel 2.4.2) i begynnelsen og midten av juni, gjennomgående større siktedyp og mindre planteplanktonbiomasse i begynnelsen av juli og deretter igjen mindre siktedyp og større biomasse (dominert av *Emiliana huxleyi*) til ut august. Sommeren 1994 var også siktedypet lite i august, som følge av oppblomstring av kalkflagellaten *Emiliana Huxleyi*, men i juni var siktedypet større enn i 1995, noe som sannsynligvis skyldes et stort beitepress på planteplanktonet (se kap. 2.4.2).

Gjennomsnittlig siktedyp i juni-august har avtatt siden 1991, med de klart dårligste forholdene i 1995 (figur 32). Dette gjelder samtlige stasjoner i fjorden. Sammenlignes siktedypet sommerstid med tidligere observasjoner (figur 33) er tidsrommet 1991-95 nå ubetydelig bedre enn 1983-90 (unntatt i Vestfjorden hvor det er noe dårligere), men klart bedre enn i 1973-82. Det er spesielt de seneste to somrene som har bidratt til at forskjellen mellom 1983-90 og 1991-95 nå er ubetydelig.

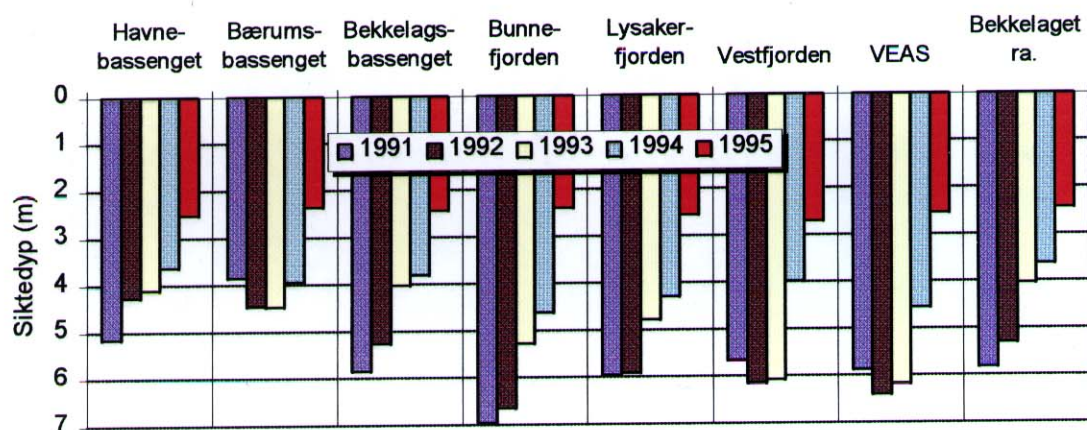
Planteplanktonbiomassen (målt som klorofyll-*a* i 0-2 meters dyp) har også økt de siste somrene, men her er fortsatt gjennomsnittskonsentrasjonen i 1991-95 lavere enn i 1983-90 og betydelig lavere enn i 1973-82 (figur 34).



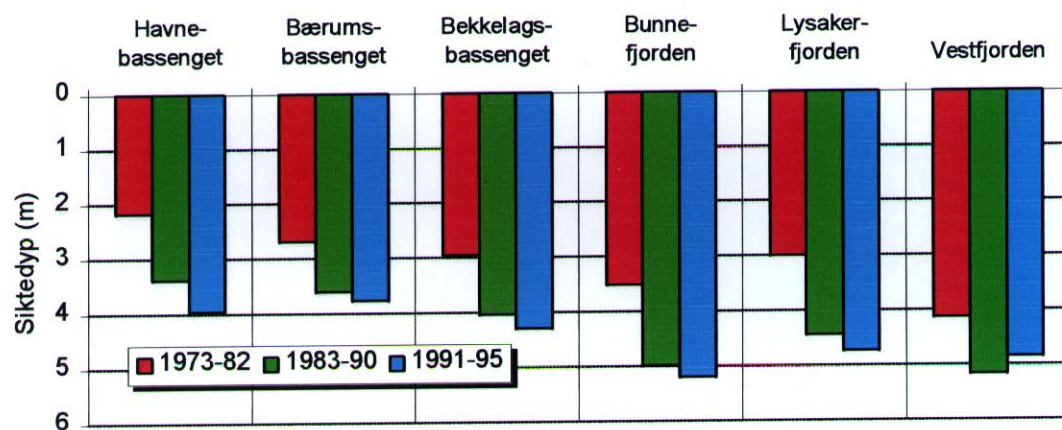
Figur 30. Midlere siktedyp (m) på ulike stasjoner i indre Oslofjord juni-august 1995.



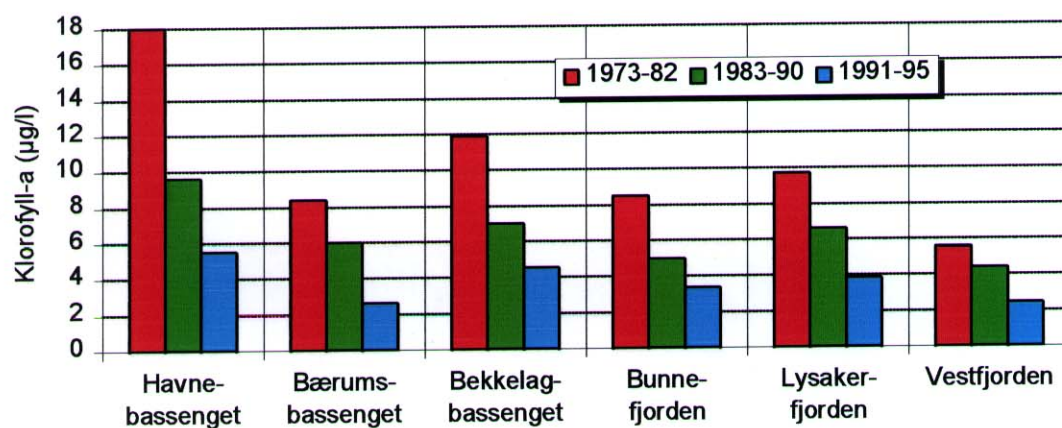
Figur 31. Siktedyp (m) og klorofyll-a ( $\mu\text{g/l}$ ) sommeren 1995 på noen stasjoner i indre Oslofjord.



Figur 32. Gjennomsnittlig siktedyp på ulike stasjoner i indre Oslofjord juni-august 1991-95.



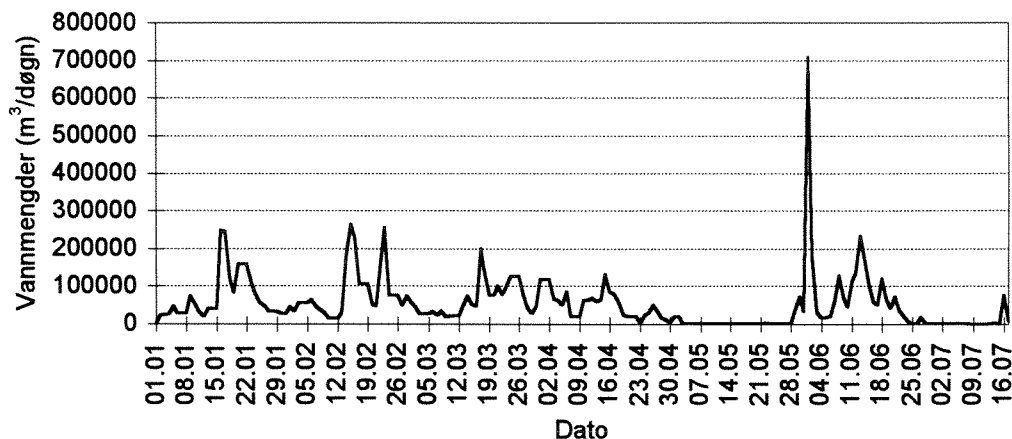
Figur 33. Gjennomsnittlig siktedyp (m) i juni-august i 1973-82, 1983-90 og 1991-95.



Figur 34. Gjennomsnittlig planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) i 0-2 meters dyp i juni-august i 1973-82, 1983-90 og 1991-95.

### Overløp i 1995.

I 1994 var det betydelige utslipp av avløpsvann via overløp (Magnusson m.fl., 1995). Det var spesielt Kværneroverløpet som ble brukt når kapasiteten på Bekkelaget renseanlegg ble for dårlig. Avløpsvannet ble tilført fjorden via Loelva og den største tilførselen kom dagene før den 15.8.94. Overløpet satte tydelige spor i hele området. I 1995 var Kværneroverløpet igjen i funksjon frem til 26. juni (se kapittel 1.1 og figur 35). Den lokale flom som ble følgene av en rask overgang fra kaldt til varmt klima i slutten av mai, ga en ekstra stor tilførsel den 1.6. Det ble observert store mengder bakterier rundt Osloøyene og gitt advarsel mot friluftsbad. De første observasjonene fra overvåkingsprogrammet foreligger fra den 6.6 i nærområdet (tabell 2).



Figur 35. Vannmengder (m<sup>3</sup>/døgn) fra Kværneroverløpet i 1995.

Samtidig med flommen i indre Oslofjord var det en storflom i Glomma og til dels også Drammenselva. Observasjoner av overflatesaltholdigheten i Drøbaksundet (fig. 36) viste lavere verdier fra slutten av mai til midten av juni, med de laveste verdiene fra begynnelsen til slutten av juni, hvilket viser at sundet var påvirket av flomvann i denne perioden. Samtidig sank overflatesaltholdigheten i Vestfjorden noe som indikerer at flomvannet også påvirket indre Oslofjord.

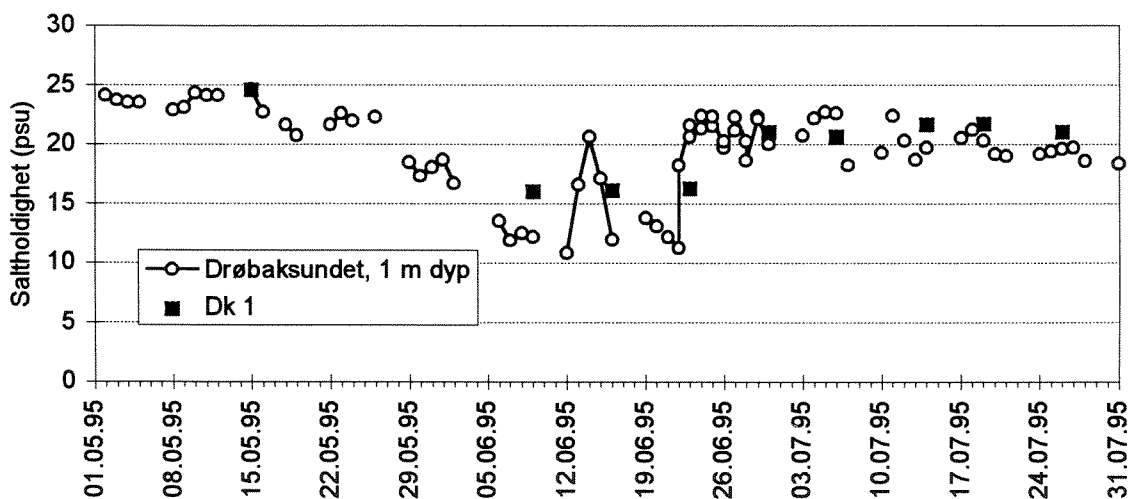
Både overløpene fra Bekkelagets renseanlegg og flomvann fra de lokale elvene samt Glomma og Drammenselva satte preg på indre Oslofjord i juni 1995 og ga dårlig siktedyp og den ekstra næringsstofftilførselen bidro også til den større planteplanktonbiomassen.

Tot-(N/P)-forholdet i vann fra Kværneroverløpet var 8.7 - 8.9 (vekt), dvs. relativt mer fosfor enn nitrogen sammenlignet med observasjoner fra Drammensfjorden i flomperioden, hvor N/P-forholdet var 17 - 45 (vekt). Dette er en typisk forskjell mellom avløpsvann og ellevann. Således vil vann fra Kværneroverløpet gi større utslag på tot-P i fjorden. Figur 37 viser da også at i Bekkelagsbassenget (Cq1) var tot-P konsentrasjonen klart større enn i Bunnefjorden (Ep1) den 13.6 og den 19.6. Også tot-N konsentrasjonen var noe større i Bekkelagsbassenget, men tot-(N/P) forholdet i Bekkelagsbassenget var likevel lavere enn i Bunnefjorden. Annerledes var forholdet i Bærumsbassenget (figur 38) med tot-(N/P) -forhold over 25, hvilket viser at her var det miniflommen i Sandvikselva og mindre kloakkinfluert vann som dominerte. Ettersom den løste nitrogenfraksjonen i kloakkvann domineres av ammonium, mens den i ellevann domineres av nitrat, viser også de høyere nitratverdiene i Bærumsbassenget og den tidvis høyere ammoniumkonsentrasjonen i Bekkelagsbassenget og i Bunnefjorden på en større influens av kloakkvann.

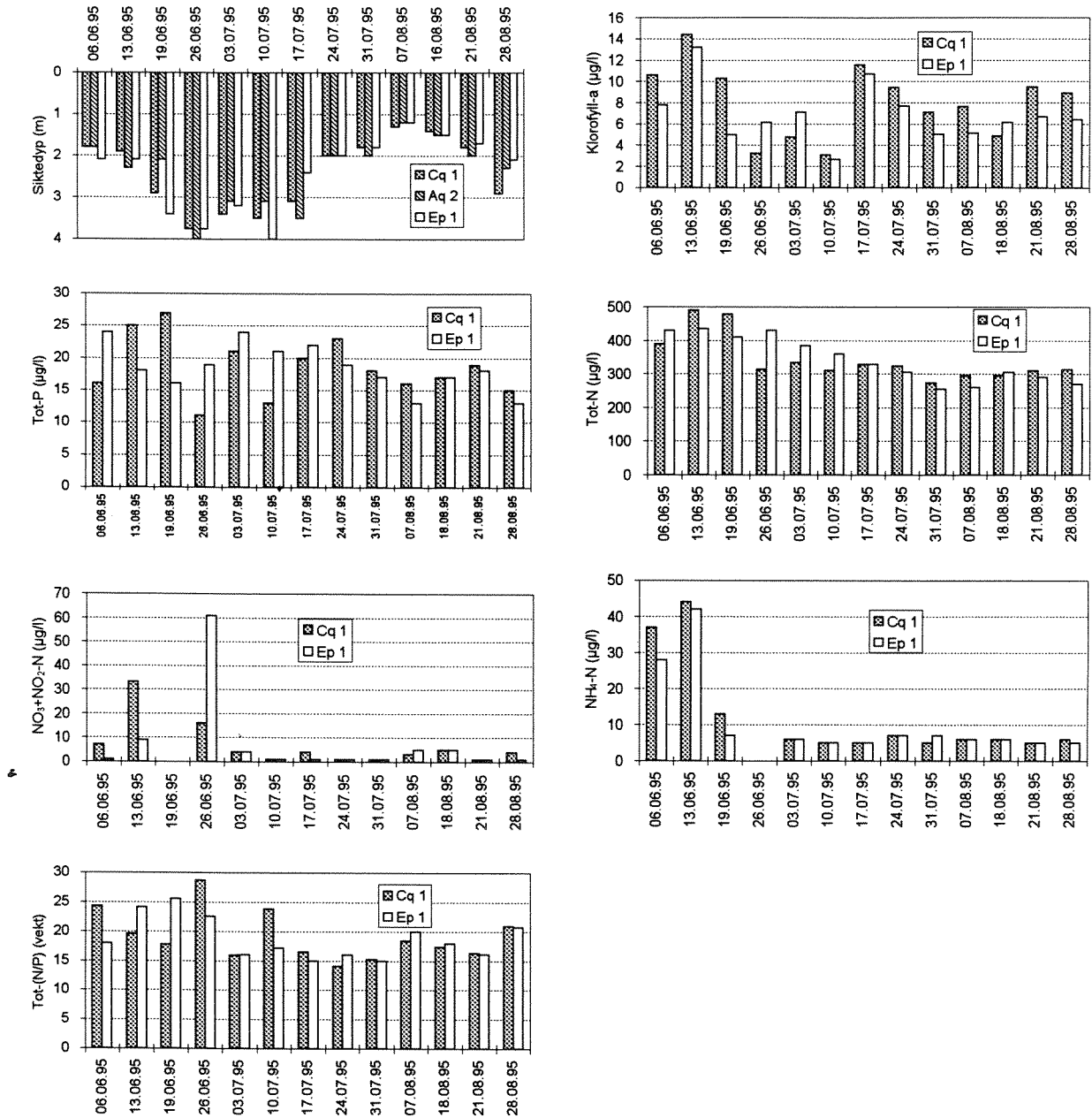


Flomvann fra Glomma/Drammenselva har også hatt sin betydning for situasjonen i indre Oslofjord, men observasjonene fra Vestfjorden tyder mer på en påvirkning av siktedypet ved partikler som fulgte med dette vannet.

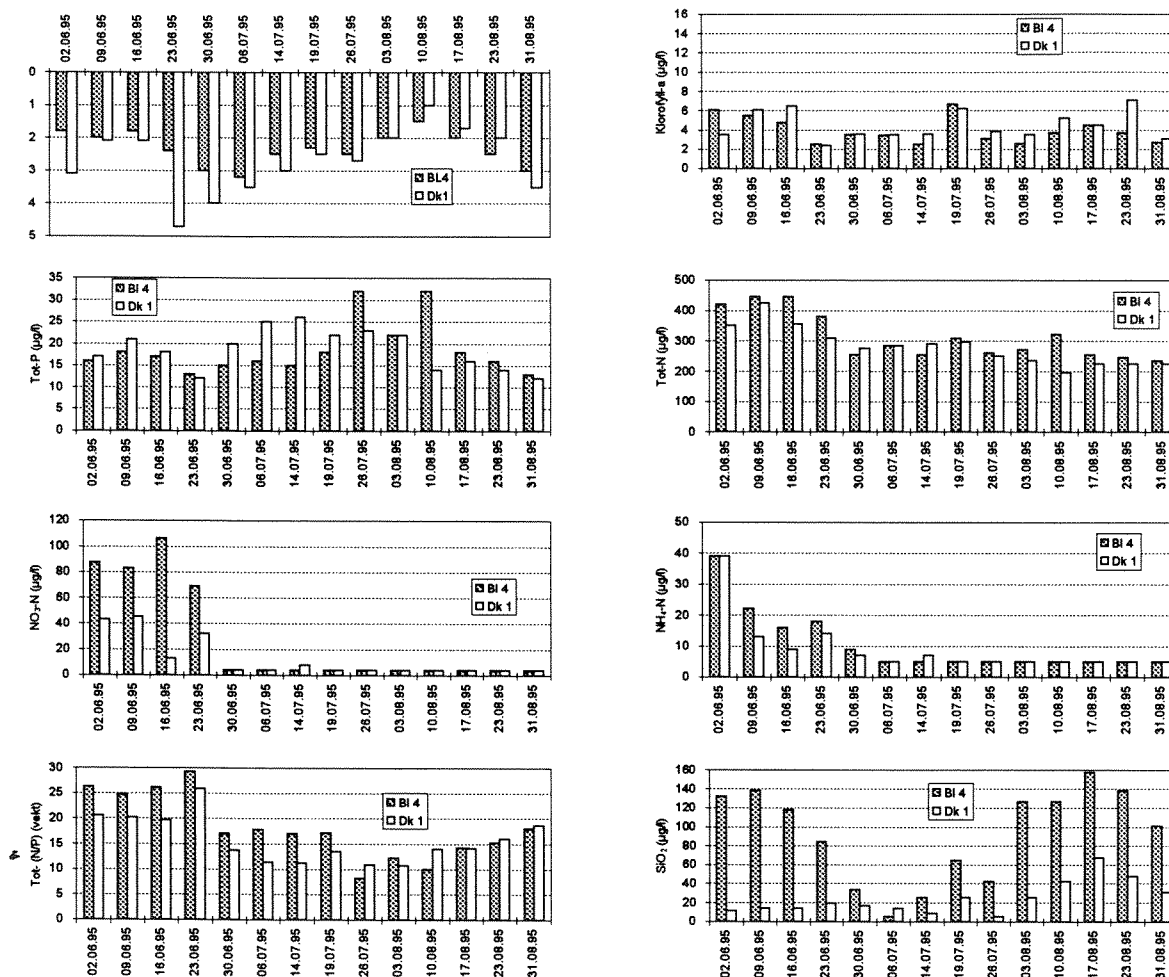
Den økte tilførselen av næringssalter via overløp og lokal flom var trolig årsaken til den store oppblomstringen av planteplanktonarten *Skeletonema costatum*, og sammen med partikler fra fortynnet flomvann fra Drammenselva og Glomma ga dette dårlig siktedyp i hele fjorden i juni. De dårlige forholdene i fjordens overflatelag skyldes således den raske overgangen fra kjølig til relativt varmt vær som forårsaket flom, samt store utslipp fra overløp.



Figur 36. Saltholdigheten (psu) i Drøbaksundet (Solbergstranda) på 1 meters dyp og overflatesaltholdigheten i Vestfjorden (Dk 1), mai til juli 1995.



Figur 37. Siktedyp, klorofyll-a og næringssalter sommeren 1995 i Bekkelagsbassenget (Cq1) og Bunnefjorden (Ep1).



Figur 38. Siktedyp, klorofyll-a og næringsalter sommeren 1995 i Bærumsbassenget (BI4) og Vestfjorden (Dk1).

#### 2.4.2. Planteplankton.

I 1995 ble det gjennomført 17 innsamlinger av planteplanktonprøver fra begynnelsen av april til slutten av oktober med hyppigst innsamlingsfrekvens om sommeren. Kvantitative algeanalyser av integrerte algeprøver fra de øvre to metrene av vannsøylen er utført på 10 av innsamlingsdatoene, og fra prøvetakingen i mai er kvantitative analyser gjennomført både for integrert prøve og på prøve fra 8 meter. I tillegg er det utført kvalitative algeanalyser fra samtlige foreliggende håvtrekk (totalt 15 prøver) med spesiell vektlegging på forekomst av potensielt giftige algearter. Kun prøver fra stasjon Dk1 i Vestfjorden er analysert.

Prøven tatt i april inneholdt relativt lite alger, men med klar dominans av kiselalger (diatoméer) (tabell 1 i vedlegg).

Midt i mai var det diatomeene *Skeletonema costatum* og *Pseudonitzschia "delicatissima"* som var dominerende nær overflaten. Forekomsten av disse algene var sparsom på 8 meters dyp hvor dinoflagellatene *Dinophysis acuminata* og *Prorocentrum minimum* sammen med prasinophycéslekten *Pyramimonas* var de dominerende. Nær overflaten dominerte således diatoméene, mens flagellerte

algearter var i dominans litt dypere. På bakgrunn av den kvalitative algeanalysen (tabell 2 i vedlegg) kan det se ut som om dinoflagellatene utgjorde en større andel av algebiomassen mellom 0 og 10 meter enn diatomeene. Analyse av integrerte vannprøver fra de øvre 2 meterne synes med andre ord å gi en noe begrenset informasjon om de planktoniske algeforekomstene i indre Oslofjord.

*S. costatum* startet blomstringen i mai og nådde sitt maksimum i juni hvor høyeste registrerte konsentrasjon var på 26,2 millioner celler pr. liter (fig. 39). Denne blomstringen kom på samme tidspunkt som i 1994, men var betydelig større i år.

*Pseudonitzschia* som er en slekt med potensielt giftige algearter, blomstret i samme periode som *Skeletonema*, men konsentrasjonen var moderate (maks. 2,3 millioner celler pr. liter). *Leptocylindrus danicus* hadde en svært tidsbegrenset blomstring i slutten av juli hvor konsentrasjonen kom opp i 10 millioner celler pr. liter.

Fram til slutten av august ble det ikke registrert noen oppblomstring av diatoméer. Fordi neste innsamling ble foretatt først i slutten av oktober, er det umulig å si om en diatoméblomstring har funnet sted i mellomtiden.

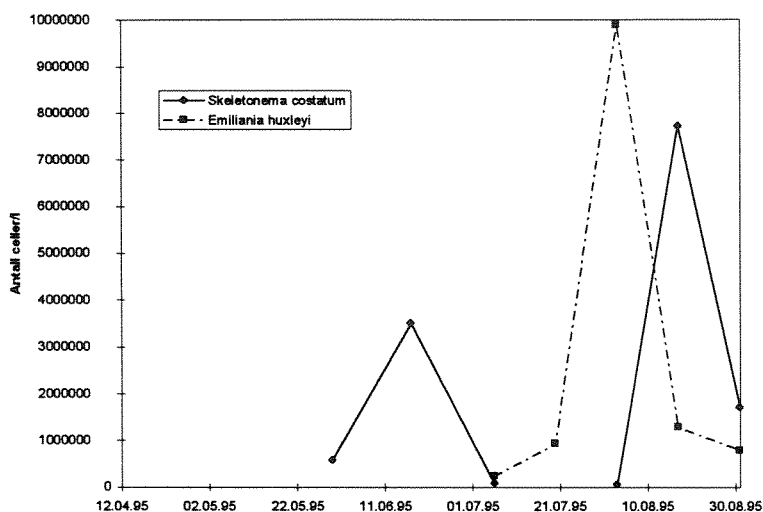
Blomstring av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* førte også dette året til misfarging av vannet i indre Oslofjord. Sent i juli ble konsentrasjonen i overflatelaget målt til 15,6 millioner celler pr. liter, men algen ble registrert i hele august med flere millioner celler pr. liter (fig.39).

Algeslekten *Dinophysis* som inneholder flere potensielt DSP-produserende arter (dvs. planteplankton som produserer giftstoffet Diarrheic Shellfish Poisoning) forekom, i motsetning til i 1994, i høyest konsentrasjoner tidlig i vekstsesongen (fig. 40). Den helt dominerende arten var *D. acuminata* som flere ganger både i mai, juni og juli ble registrert med mellom 10 og 25.000 celler pr. liter. Statens næringsmiddelstilsyns (SNT) faregrense for DSP i skjell på 1.200 *Dinophysis* pr. liter var overskredet fra og med mai til og med juli.

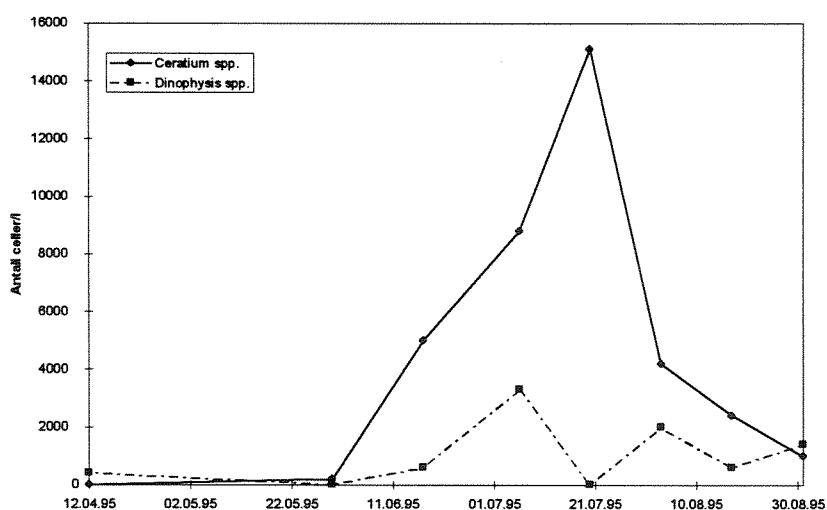
Mengden av planteplankton av dinoflagellatslekten *Ceratium* økte utover høsten og var dominerende i håvtrekkene fra slutten av juli. I slutten av oktober var det imidlertid en betydelig blomstring av *Ceratium tripos* med ca. 77.000 celler pr. liter (fig. 40).

Totalt sett forekom de artene som ble registrert som blomstrende i 1995 i høyere konsentrasjoner enn året før. Spesielt kan det bemerkes at *Gyrodinium aureolum* heller ikke i 1995 ble registrert som blomstrende art i indre Oslofjord.

Ellers kan det nevnes at det fra slutten av juni til sent i juli ble funnet mye ciliater i de kvalitative prøvene. I siste halvdel av august var copepodene de mest dominerende. Det vil si at fra slutten av juni og utover sommeren synes beitepresset på planteplanktonet å ha vært relativt stort.



Figur 39. Forekomsten av kiselalgen *Skeletonema costatum* og kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* i overflatelaget (0-2 meter) på stasjon Dk 1 i 1995.



Figur 40. Forekomsten av dinoflagellatslektene *Ceratium* og *Dinophysis* i overflatelaget (0-2 meter) på stasjon Dk 1 i 1995.

### 3. Litteratur.

Baalsrud, K., Lystad, J. og Vråle, L., 1986: Vurdering av Oslofjorden. Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 1922).

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 vattenområdene. 15. Nordiska symposiet om Vattenforskning. NORDFORSK, Miljøvårds sekr. publ. 1979,2: 181-200.

- 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 Indrehus, J., 1995. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord. Effekter av forurensning og dypvannsutskifting på faunaen langs bunnen av Oslofjorden basert på materiale samlet siden 1952. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 621/95. Biologisk institutt, UiO. NIVA-rapport l.nr. 3324.
- Green, N., og Knutzen, J., 1993: Miljøgiftundersøkelse i indre Oslofjord. Delrapport nr. 2. Miljøgifter i organismer 1992. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 541/93.
- Holtan G., 1990. Studier av eldre data. Teoretisk beregning av næringssalttilførsler til ytre Oslofjord omkring 1910. Delrapport 4.4.a. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapp.nr. 398/90. NIVA-rapport l.nr. 2381.
- Kirkerud, L. og Magnusson, J., 1977. Fiskedød i Oslofjorden 1976. Norsk institutt for vannforskning. Årbok 1976. s 43.
- Konieczny, R.M., 1992. Kartlegging og vurdering av forurensnings situasjonen i bunn sediment fra Oslo havnebasseng. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 1. nr. 2696.
- Konieczny, R.M., 1994. Miljøgiftundersøkelser i indre oslofjord. Delrapport 4. Miljøgifter i sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 561/94. NIVA-rapport l.nr. 3094.
- Magnusson, J., Lømsland; E.R. og Johnsen, T., 1995. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1994. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 626/95. NIVA-rapport l.nr. 3341:95.
- Magnusson, J., Konieczny, R. og Skei, J., 1995. Miljøgiftundersøkelser i indre Oslofjord. Delrapport 8. Forslag til mulige løsninger. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 612/95. NIVA-rapport l.nr. 3287.
- Olsgard, F., 1995. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord. Undersøkelser av bløtbunnsfauna 1993. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 622/95. Biologisk institutt. Universitetet i Oslo. ISBN 82-90934-41-6.
- Rygg, B. og Thélin, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Kortversjon. Statens forurensningstilsyn. SFT-veiledning nr. 92:02.
- Wivestad, T.M., 1995. Forurensningstilførsler i Oslo og Akershus. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Miljøvern avdelingen. Rapport nr. 4. - 1995.

## **Vedlegg 1**

**Planteplanktonanalyser 1995.**

Tabell 1. Resultater av kvantitative planteplanktonanalyser fra prøver tatt i 1995 på stasjon Dk1 i Vestfjorden i indre Oslofjord.

Indre Oslofjord - 1995 - DK1	06.04	15.05	15.05	02.06	09.06	23.06	06.07	20.07	10.08	31.08	23.10
Fiksering	0-2 m Formalin	0-2 m Lugol	8 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0-2 m Lugol	0,5 m Formalin
CRYPTOPHYCEAE											
cf. Hemiselimis sp.		48100				46100					
Leucocryptos marina						5800	92300	355800	106700	184600	11500
cf. Plagioselmis sp.					1569000	507600	276900	71200	106700	415300	69200
cf. Teleaulax acuta		8900		692200	461500	415300	115400	426900	106800	34600	
Ubest. cryptophyce, 9 µm							369200				
DINOPHYCEAE											
cf. Alexandrium excavatum			100								
Ceratium furca			100		400			400	1400	6700	76800
C. fusus								600	400		800
C. tripos					800	1200	200	1900	2400	400	200
Cladopyxis claytonii				5900	8900	17300		8900			
Dinophysis acuminata	200	25400	42800	7400	15200	800	1600	10500	200		
D. acuta											800
D. norvegica		2800	300		400	200		100			
Ebria tripartita								600		1150	
Entemosigma peridinioides		8900			276900		311500	17800	17800	103800	
Gonyaulax diacantha		200									
Gymnodinium elongatum			11500		46100		288400	231200	7700		
Gyrodinium aureolum											
cf. G. estuareale					1430600	449900	692200		17800		
G. grenlandicum						23100					
G. spp., 30-50 µm								186800			
G. spp., 70-110 µm	200		8100								
Heterocapsa triquetra						6700		8900	8900		



Tabell 1 (forts.). Resultater av kvantitative planteplanktonanalyser fra prøver tatt i 1995 på stasjon Dk1 i Vestfjorden i indre Oslofjord.

Indre Oslofjord - 1995 - DK1	06.04	15.05	15.05	02.06	09.06	23.06	06.07	20.07	10.08	31.08	23.10
	0-2 m	0-2 m	8 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0,5 m
Fiksering	Formalin	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Formalin
Katodinium rotundatum				2200		20200	1430600	8900	8900	23100	
K. glaucum		2200	3700	3700	23100	26000		17800	2200		
Oxytoxum sp.											3000
Prorocentrum balticum	2200										
P. micans								1700	97800	42900	2600
P. minimum		106700	507600					8900		11500	
P. sp., d = 17 µm		26700									
Protoperdinium bipes			3700			3000		8900	4400		
P. brevipes		1100		800		3000					
P. cf. conicum								400			
P. cf. curtipes										4400	
DINOPHYCEAE (forts.)											
Protoperdinium depressum		200	500	600		200			600		
P. divergens											
P. pellucidum		8800	3000	1000		600					200
P. spp.			700								
Scrippsiella trochoidea		3300	3000		5900	4400		17800			
Ubest. athecate dinoflagellater, <10 µm				57700					35600	184600	
" " 10-20 µm		44500	34600	80800	46100		80800	640400	142300		
" " 20-30 µm	2200	8900	11500	46100	11500	14400		17800	2200		
" " > 30 µm	12700	13300	8900	2200	14800	2200	5900				
Ubest. thecate dinoflagellater, < 10 µm							46100	17800		11500	
" " 10-20 µm				126900	11500		92300	53400	44500		
" " 20-30 µm		8800	29600	2200	11500	11500					
" " >30 µm		2200	5900	700	3000			3300			
PRYMNESIOPHYCEAE											
Chrysochromulina spp., <5 µm		284600	323000	323000	230700		369200	142300	35600	46100	



Tabell 1 (forts.). Resultater av kvantitative planteplanktonanalyser fra prøver tatt i 1995 på stasjon Dk1 i Vestfjorden i indre Oslofjord.

Indre Oslofjord - 1995 - DK1	06.04	15.05	15.05	02.06	09.06	23.06	06.07	20.07	10.08	31.08	23.10
	0-2 m	0-2 m	8 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0,5 m
Fiksering	Formalin	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Lugol	Formalin
Ubestemt sentrisk diatome, 8-9 µm							8700		88900		
Ubestemt sentrisk diatome, 20 µm	600										9600
Ubest. pennate diatomeer, >30 µm				200							
EUGLENOPHYCEAE											
Eutreptia/Eutreptiella sp., 60-80 µm				4400	8900	5900	1500				
PRASINOPHYCEAE											
Pachysphaera sp.							700	8900			
Pyramimonas cf. dissomata		213500									
P. spp., <5 µm		35600									
P. spp., 5-10 µm		71200	1153700	507600	46100	23100		142300	177900	138400	
UKLASSIFISERTE ALGER											
Flagellater med intakt flagell, <5 µm	26700	4055600	4614800	6829900	3322700	2907300	2907300	1423000	1814400	3876400	92300
" 5-10 µm		533600	230700	369200	276900	276900	323000	142300	213500	369200	23100
" 10-20 µm		17800			115400	138400	11500	17800			
Uten flageller <5 µm	142300	1992200	4568700	2953500	3876400	2399700	2953500	142300	2490300	5491600	300000
" 5-10 µm	17800	284600	184600	461500	323000	184600	323000	142300	426900	415300	103800
KRAGEFLAGELLATER											
Ubestemte krageflagellater		6700	69200	184600	415300						





**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten  
oppgi løpenummer 3487-96

ISBN 82-577-3027-0