



---

# OVERVÅKING AV EUTROFITILSTANDEN I YTRE OSLOFJORD

---

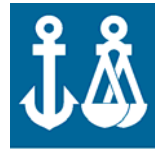
DELRAPPORT:  
TILFØRSLER OG VANNKVALITET 2003

RAPPORT NR. 2004-0180

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS



## DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

Dato for første utgivelse: 2004-04-28	Prosjekt nr.: 62501776	DET NORSKE VERITAS REGION NORGE AS  <i>Miljørådgivning</i>  Veritasveien 1, 1322 HØVIK, Norge Tel: +47 67 57 99 00 Fax: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. No: NO 945 748 931 MVA
Godkjent av:  Erling Svendby DNV Consulting	Organisasjonsenhet: DNV Consulting Service Area SHE Management	
Oppdragsgiver: Fagråd for Ytre Oslofjord / Statens forurensningstilsyn	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen / Tor Johannessen	
<p>Sammendrag:</p> <p>Fagråd for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord. Overvåkingen startet i 2001 og programmet er planlagt videreført i første omgang til år 2005. Programmet omfatter vannkvalitet, gruntvannssamfunn og bløtbunnsfauna. Denne rapporten omhandler vannkvalitetsdata for 2003, men inneholder en sammenligning med tidligere års data.</p> <p>Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden.</p> <p>Undersøkelsene av vannkvalitet gikk over hele året, men med ulik intensitet i delområder. Totalt 26 stasjoner fordelt over hele området ble besøkt i sommersesongen. Stasjoner i hovedfjorden og Hvalerområdet ble besøkt tre ganger i løpet av vinteren, og stasjonene i Hvalerområdet ble også besøkt i høst- og vårsesongene. Hydrografi, næringssalter, oksygen, klorofyll og algeplankton inngikk som parametere.</p>		

Rapport nr.: 2004-0180	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Delrapport: Tilførsler og Vannkvalitet 2003		
Utført av: Egil Dragsund, Karl Tangen		
Verifisert av: Sam Arne Nøland		
Dato for denne revisjon: 2004-05-22	Rev. nr.: 01	Antall sider: 94

### Indekseringstermer

Overvåking  
Vannkvalitet  
Eutrofiering  
Oksygen

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon



<b><i>Innholdsfortegnelse</i></b>	<b><i>Side</i></b>
1 SAMMENDRAG .....	1
2 INNLEDNING .....	2
3 VÆRFORHOLD .....	4
4 TILFØRSLER .....	6
4.1 Vannføring vassdrag	6
4.1.1 Glomma	6
4.1.2 Drammenselva	8
4.1.3 Numedalslågen	10
4.1.4 Skiensvassdraget	11
4.2 TEOTIL beregninger	12
4.3 Vassdragsovervåking	14
4.3.1 Vassdrag i Østfold	15
4.3.2 Drammenselva	20
4.3.3 Numedalslågen	21
4.3.4 Skiensvassdraget	22
5 GJENNOMFØRING OVERVÅKING .....	23
5.1 Prøveinnsamling	23
5.2 Hydrografi	26
5.3 Næringssalter og klorofyll	27
5.4 Oksygen	27
5.5 Siktedyp	27
5.6 Innsamling og analyse av algemateriale	27
6 HYDROGRAFI .....	29
6.1 Årsvariasjon på utvalgte stasjoner	29
6.2 Saltholdighet alle tre år i prøvedypene 2 og 20 m	31
7 OKSYGEN .....	35
7.1 Klassifisering av tilstand av oksygen i dypvann	35
7.1.1 Utviklingen i hovedfjorden	36
7.1.2 Utviklingen i bassengene i Østfold	38
7.1.3 Utviklingen i bassengene i Vestfold	40
7.1.4 Grenlandsfjordene	42
7.2 Oksygen i vannsøylen	43
7.3 Foreløpige konklusjoner – oksygen	47
8 NÆRINGSSALTER .....	48



## DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

8.1	Nitrat	49
8.2	Totalnitrogen	55
8.3	Fosfat	60
8.4	Total fosfor	61
8.5	N:P forholdet	67
8.5.1	N:P beregnet fra nitrat og fosfat	67
8.5.2	N:P beregnet fra totalnitrogen og totalfosfor	68
8.6	Foreløpige konklusjoner – næringsalter	68
9	SIKTEDYP .....	69
10	PLANKTONALGER.....	70
10.1	Klorofyll-a	70
10.2	Observasjoner av algesammensetningen	73
10.3	Kvantitativt viktige oppblomstringer	79
10.4	Geografiske forskjeller i planktonalgeforekomstene – regional inndeling	80
10.5	Sammendrag og foreløpige konklusjoner	85
11	REFERANSER .....	86
12	EN DEL TIDLIGERE UNDERSØKELSER - YTRE OSLOFJORD .....	89
12.1	Ytre Oslofjord	89
12.2	Østfold	90
12.3	Hvaler – Singlefjorden - Iddefjorden	90
12.4	Mossesundet	90
12.5	Tofte – Hurum - Breiangen	91
12.6	Drammensfjorden	91
12.7	Sandebukta	91
12.8	Holmestrand	92
12.9	Horten	93
12.10	Slagentangen	93
12.11	Tønsbergregionen	93
12.12	Sandefjord	94
12.13	Larviksfjorden	94
12.14	Grenland	94



## FORORD

Rapporten beskriver resultatene fra kjemiske og biologiske analyser av vannprøver fra 4 til 26 stasjoner i Ytre Oslofjord i løpet av 14 tokt i løpet av 2003. Prøvetakingen ble utført av Det Norske Veritas.

### Medarbeidere

Feltarbeid: Tormod Hansen – DNV  
Helene Østbøll - DNV  
Tor Jensen – DNV  
Sindre Holm – UiO  
Sverre Basberg – UiO  
Rita Amundsen – UiO  
Annette Grimsrud - UiO

Kjemiske analyser av vannprøver

AnalyCen i Moss.

Algeplankton

Karl Tangen OCEANOR

Utarbeidelse av denne rapport:

Egil Dragsund  
Karl Tangen

Prosjektleder:

Tor Jensen

Verifikatør:

Sam Arne Nøland

De biologiske analysene er utført ved OCEANORs laboratorium i Trondheim.



## 1 SAMMENDRAG

På oppdrag fra Fagråd for Ytre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn er det gjennomført en overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord for i 2001-2003. Programmet er planlagt gjennomført i første omgang fram til 2005. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden.

Norske tilførsler av næringssalter og organisk materiale til ytre Oslofjord er dominert av bakgrunnsavrenning og landbrukstilførsler. Totalt utgjør kommunale bidrag ca. 16 – 18 % i et år med normal ferskvannstilførsel. Tilførslene fra elver er de største enkeltkildene som hovedsakelig består av kildene landbruk og bakgrunn, varierer med vannføringen. Årsavrenningen har gått ned i treårsperioden, men har variert betydelig innen sesonger mellom år

Lokale resipienter som Hvaler, Mossesundet, Drammensfjorden, Sandebukta, Vestfjorden i Tønsberg og Larvikfjorden er sterkt påvirket av elvetilførslene. Dette fører til at tilstanden basert på konsentrasjonen av næringssalter varierer med ferskvannstilførselen.

Det ble ikke observert en tilsvarende innstrømming av oksygenrikt atlantisk vann vinteren 2001/2002 og 2002/2003 som vinteren 2000/2001. Nytt bassengvann

Oksygennivåene i februar lå noe lavere sammenlignet med foregående år. For øvrig viste utviklingen tilsvarende trend som året før. Tilstanden i bunnvannet tilsvarte klassifiseringen i 2001 bortsett fra mindre variasjoner. Generelt tilsvarte lavest observerte nivå på de enkelte stasjonene tilstandsklasse *Meget god* eller *God* i henhold til SFT kriteriene og var betydelig bedre enn situasjonen før utskiftning i 1997. Bassenger med redusert tilstand er Ringdalsfjorden (*Meget dårlig*), Hvaler, Krokstadfjorden, Tønsbergfjorden (*Mindre god*) og Mossesundet (*Dårlig*). Horten og Drammensfjorden er begge naturlig anoksiske. I Grenlandsområdet ble Frierfjorden klassifisert som *Meget dårlig* og Håøyfjorden som *Dårlig*.

Tilsvarende tidligere år ble det observert et markert oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet på 10 til 30 m dyp. I enkelte av de lokale resipientene som f.eks. Sandebukta, ligger dette lavere enn i bunnvannet og tilsvarende tilstandsklasse *Dårlig*.

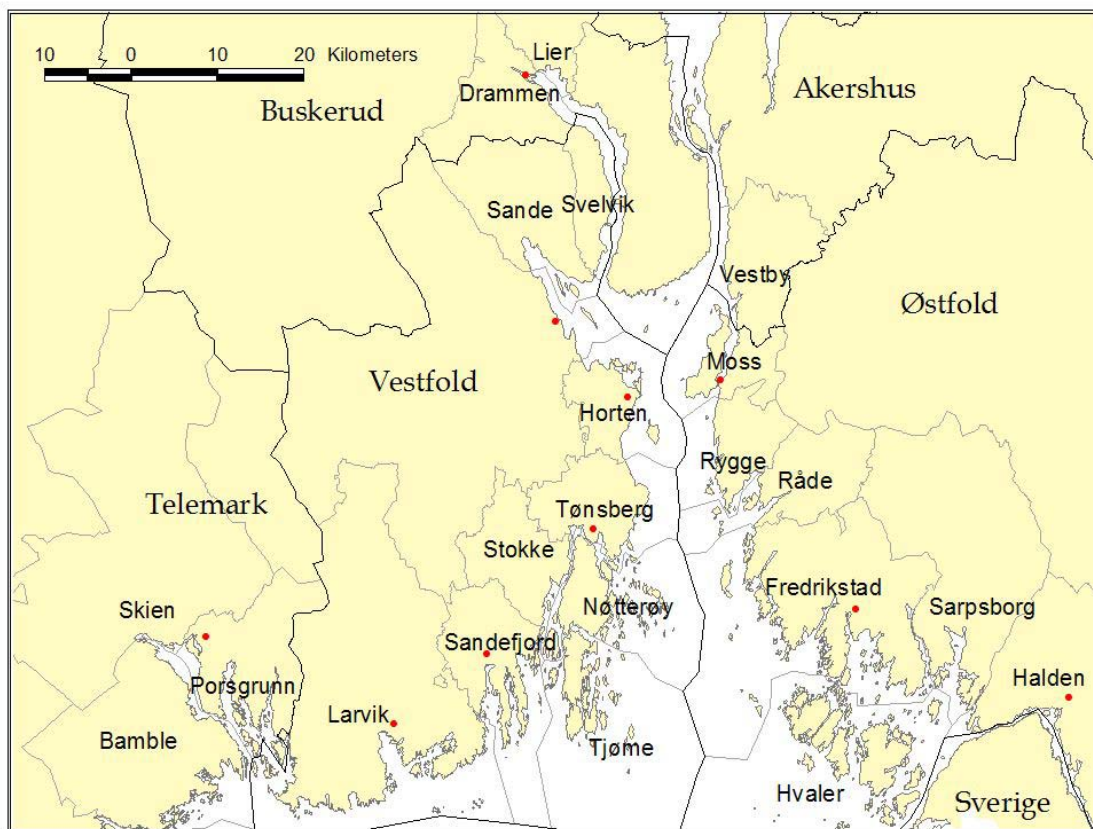
Tilstanden med hensyn til nitrat i de øvre deler av vannmassene vinterstid ble karakterisert som *God* i åpne ytre deler av fjorden og *Mindre god/Dårlig* i indre deler og lokale resipienter. M.h.t. fosfat vinterstid var tilstanden *Meget god* til *God*. Sommerstid er situasjonen noe annerledes og variabel avhengig av oppblomstringer av algeplankton og periodiske tilførsler i tilknytning til økt ferskvannsavrenning. Lokale tilførsler påvirket delområder som f.eks. Hvalerområdet.

I de sterkt ferskvannspåvirkede lokale resipientene Hvalerområdet, Drammensfjorden og Sandebukta var forholdstallet mellom nitrogen og fosfor markert øket i forhold til normale verdier. Dette kan blant annet være grunnen til at man der observerer en annen artsdominans i algeplanktonet enn i hovedfjorden.

## 2 INNLEDNING

Fagrådet for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens Forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord for år 2003. Programmet startet opp i år 2001 og er planlagt videreført til år 2005.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør (se kart Figur 2-1).



**Figur 2-1** Kart over undersøkelsesområdet med de aktuelle kommunene som er med i Fagrådet for Ytre Oslofjord.

Bakgrunnen for overvåkingen er å få økt kunnskap om miljøtilstanden i området og forhold som påvirker denne. EUs avløpsdirektiv (1991/271/EØF) legger vekt på at tilstanden i resipienten er av stor betydning for hvilke rensekrav som skal fastsettes. Direktivet angir kriterier for klassifisering av sjøområdene (følsomme, mindre følsomme) og relevante rensekrav som skal gjennomføres innen en frist på syv år. I brev av 21.2.2001 til EFTAs overvåkingsorgan ESA har Miljøverndepartementet klassifisert områder som følsomme og mindre følsomme. Neste revisjon skal foreligge senest i løpet av 2004.

Målsetningen med overvåkingen er å:

- fremskaffe en årlig oversikt over tilførsler av næringsalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:



- hydrografi
- hydrokjemi
- algeplankton
- bløtbunnssamfunn
- hardbunnssamfunn
- levere informasjon og data som grunnlag for oppfølging av relevante nasjonale og internasjonale forpliktelser, utarbeide miljømål, vurdere behovet for og effekten av tiltak

Overvåkingen i 2003 er gjennomført i samarbeid med:

Oceanor:	Analyser av algeplankton, rapportering av vannkvalitet
AnalyCen:	Kjemiske analyser av vannprøver
Universitetet i Oslo:	Forskningsfartøyet F/F <i>Trygve Braarud</i>

Det er utarbeidet en samlerapport og tre delrapporter i forbindelse med overvåkingen:

Denne rapporten presenterer og diskuterer resultater fra undersøkelsen av vannkvalitet gjennomført i 2003. Det er tidligere gjennomført en tilsvarende undersøkelse i 2001 og 2002. En del av disse data er inkludert i rapporten. I tillegg er det inkludert en del data vedrørende tilførslene til området.

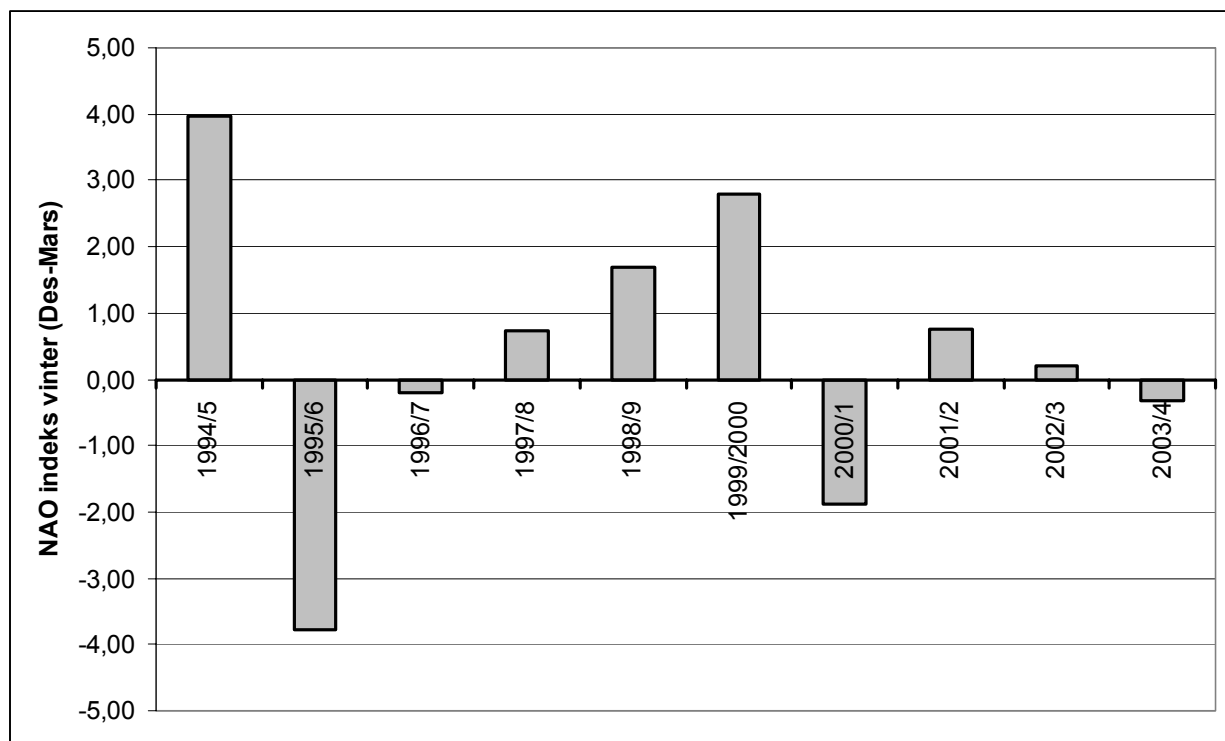
Tidligere er det utført en rekke undersøkelser i begrensede avsnitt av Ytre Oslofjord. Disse lokale undersøkelsene har hovedsakelig vært gjennomført på oppdrag for industri med utslipp til en lokal resipient eller som detaljstudier i forhold til overvåkingen av Ytre Oslofjord på oppdrag fra FYO og SFT. I tillegg ble det rundt 1990 gjennomført en større undersøkelse av hele Ytre Oslofjord på oppdrag fra SFT. Alle tilgjengelige data inngikk som grunnlag for en ekspertgruppe nedsatt av SFT i 1995. Mandatet var en helhetlig vurdering av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord, utvikling og effekter av reduksjoner av lokale næringssalttilførsler (Anon, 1996).



### 3 VÆRFORHOLD

NAO indeksen (North Atlantic Oscillation) er normalisert lufttrykksforskjeller mellom Island, Portugal og Azorene. Med lavere trykk enn normalt ved Island og høyere ved Azorene øker den positive verdien til indeksen, mens den er negativ ved motsatte forhold. Indeksen benyttes som indikator for klimatiske forhold spesielt om vinteren hvor økende positiv verdi gir økende frekvens og styrke av sørvestlige vinder i Norge og milde nedbørsrike vintre. Vind- og trykkforholdene har også betydning for oseanografiske forhold slik som innstrømming av atlantisk vann til Skagerrak og norskekysten, ferskvannstilførsler og overflatetemperaturer.

Figur 3-1 presenterer gjennomsnittlig indeks for vinterseongen årene 1994 til 2004.

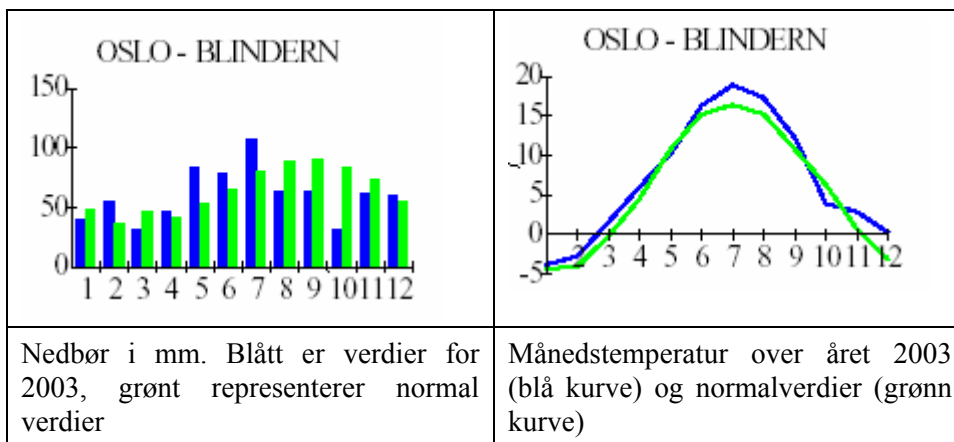


**Figur 3-1 NAO indeks for vinterperioden (desember – mars). Verdien for vinter 2003/4 er foreløpige verdier (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.stat.winter.html#winter>)**

Ved oppstart av dette prosjektet vinteren 2000/2001 var det høy negativ verdi, mens det i de etterfølgende vintre har vært positive verdier. Vinteren 2003 var avvirket lavt. Foreløpige beregninger (inkluderer til februar) tyder på svak negativ verdi for vinteren 2004.

Totalt for året lå gjennomsnittstemperaturen på Blindern nær 2 grader over normalen (Figur 3-2). Det var bare oktober hvor temperaturen var betydelig kaldere enn normalt; 3,9 grader som er 2,4 grader kaldere enn normal månedstemperatur.

Nedbørsmengdene over året var nær normale, men med skjev fordeling på de enkelte måneder med fuktig vår – sommer og tørr høst.



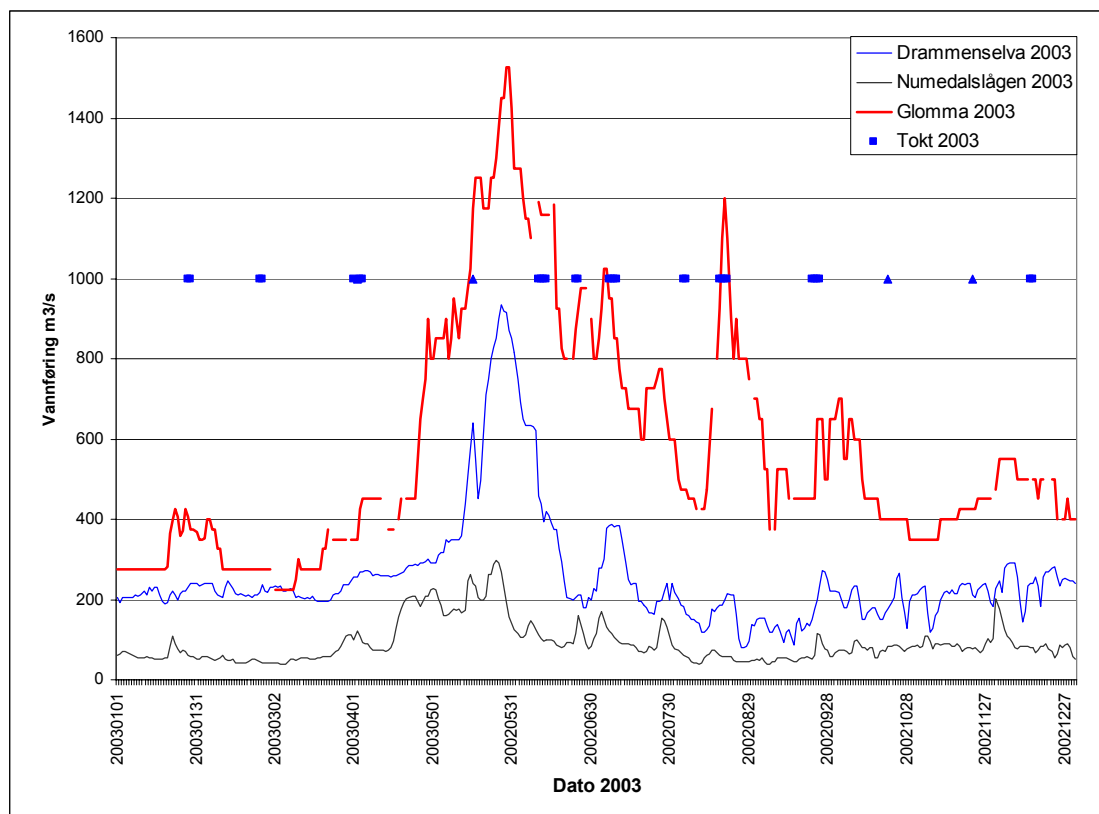
**Figur 3-2 Klimaoversikt for Blindern 2003. Figurer hentet fra DNMI ([www.met.no](http://www.met.no))**

## 4 TILFØRSLER

I likhet med 2002 rapporten omfatter kartleggingen av tilførsler målinger av vannføring (NVE), målinger og beregninger fra vassdragsovervåkingen (Aquateam, 2004) og målte og beregnede tilførsler (TEOTIL) fra ulike kilder (NIVA, 2004). Formålet var å gi en noe mer detaljert oversikt av tilførslene i forhold til grunnlagsdokumentene noe slik at en bedre kunne vurdere tilførslene i forhold til tilstanden til de lokale resipientene i ytre Oslofjord. I flere av disse er tilstanden dominert av lokale tilførsler, spesielt i overflatelaget.

### 4.1 Vannføring vassdrag

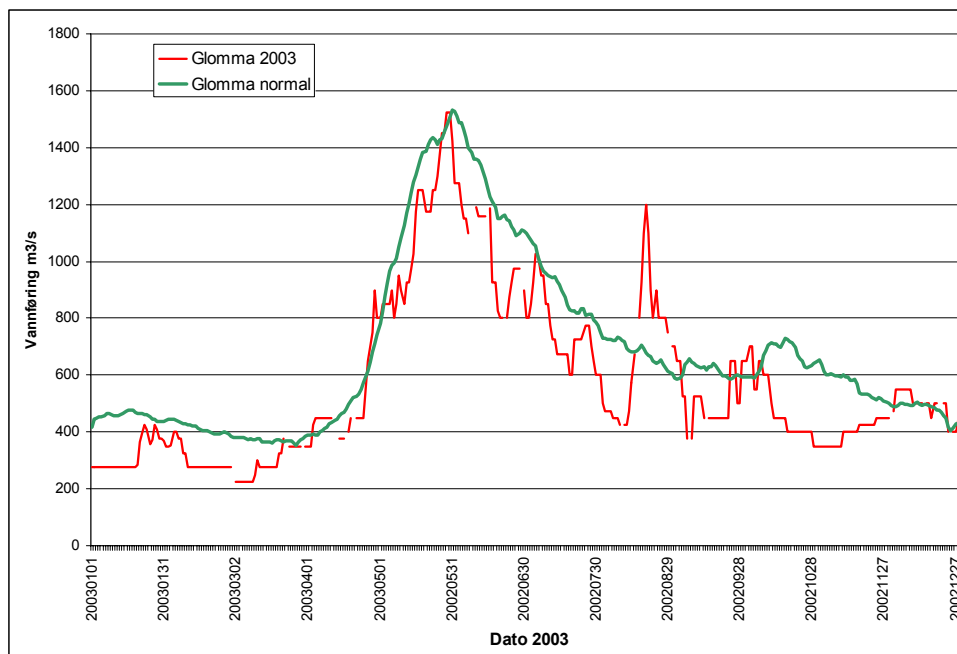
Figur 4-1 viser vannføringen i de tre største elvene i 2003 sammen med tidspunktene for tokt i tilknytning til vannkvalitet samme år. De tre første sommertoktene samt det siste august-toktet på stasjoner i Hvalerområdet er alle berørt av stor vannføring i Glomma. I de to andre elvene er det en markert vårflom like før sommertoktene, men under toktperioden ellers er vannføring liten spesielt sammenlignet med 2001.



**Figur 4-1 Vannføringen i de tre største elvene i Ytre Oslofjord 2003 (data fra NVE). Tøktene er markert med punkter, vår/høst-tøkt med trekkanter**

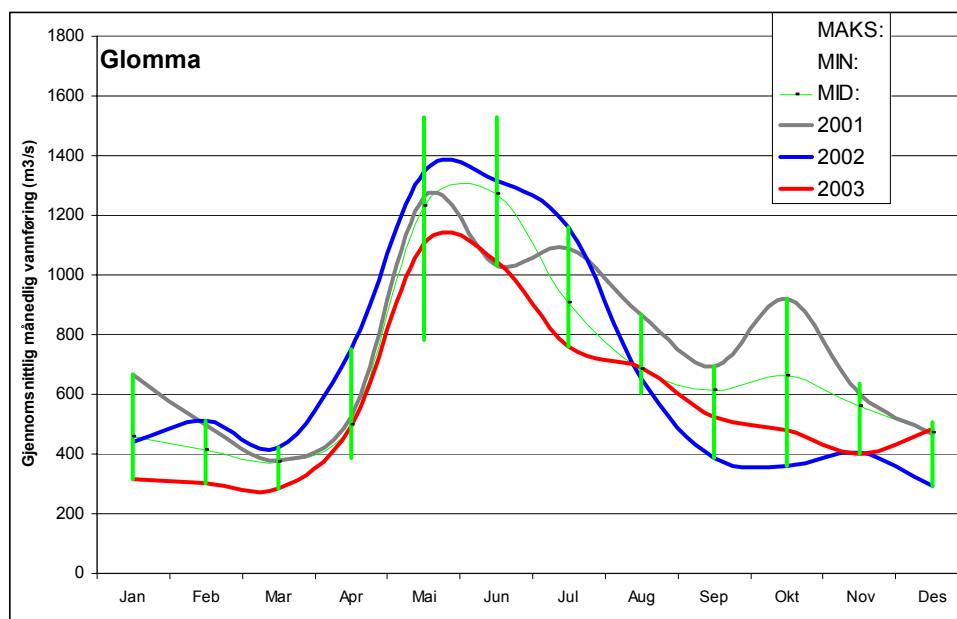
#### 4.1.1 Glomma

Vannføringen i Glomma lå i 2003 generelt under normal vannføring og høstflommen kom noe tidligere enn normalt (Figur 4-2). Solbergfoss er en produksjonsstasjon og i periodene med fast vannføring har alt vannet blitt benyttet til produksjon. I disse periodene har vannføringen vært konstant.



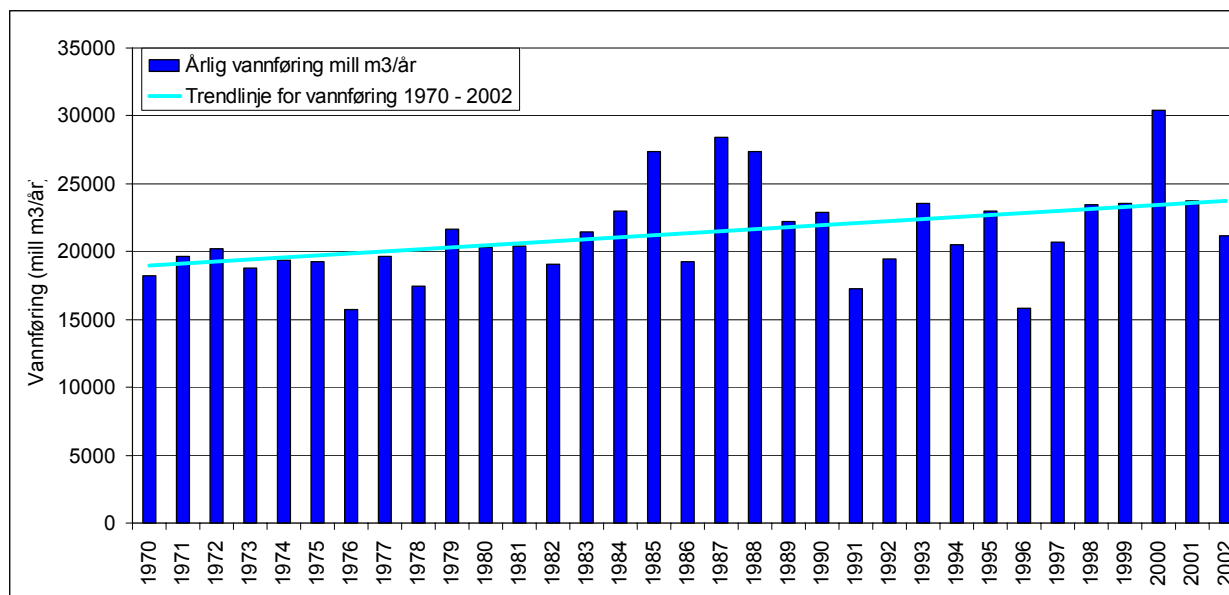
**Figur 4-2 Vannføring i Glomma 2003 sammenlignet med normalvannføringen (data fra NVE)**

Sammenlignet med månedlig middelvannføring for siste 30 år i Glomma (Figur 4-3) har alle de tre årene 2001, 2002 og 2003 i enkelte perioder representert ekstremverdier. 2001 lå nær maksimal vannføring i begynnelsen av året og representerte maksimalverdien i slutten av året. Den totale vannføringen gjennom året var høyere enn normalt. 2002 hadde maksimalverdier i vårmånedene og minimumsverdier på slutten av året, mens 2003 hadde minimumsverdier i begynnelsen og delvis gjennom sommeren.



**Figur 4-3 Månedlig vannføring i Glomma i 2001, 2002 og 2003 sammenlignet med maks, min og middelvannføring i perioden 1974 – 2001 (data fra NVE)**

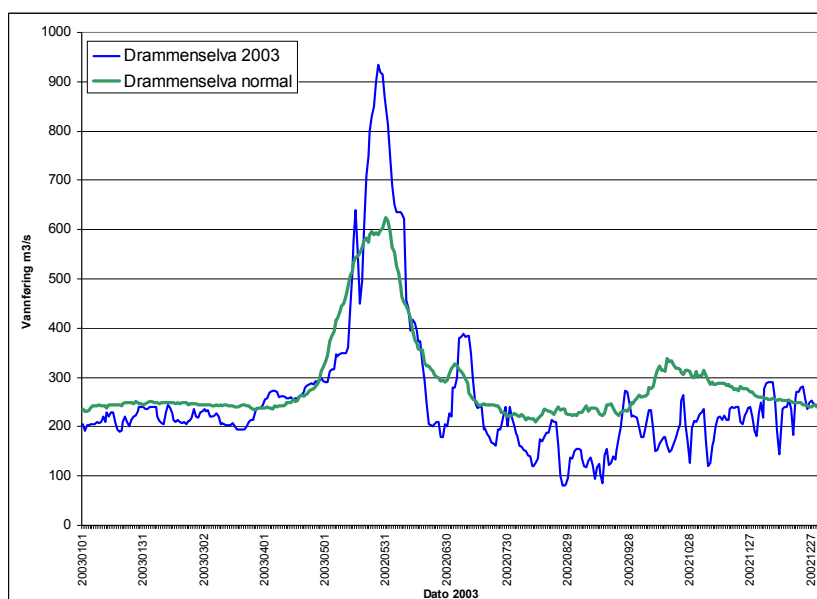
Total vannføring over året viser en svakt økende trend fra 1970 fram til 2002 i Glomma (Figur 4-4), men det er store variasjoner fra år til år og trenden er ikke entydig gjennom hele perioden. De siste fire årene har det vært et markert fall i vannføingen i alle de store elvene til ytre Oslofjord. Årsvannføringen i 2000 representerer maksimum for hele perioden.



Figur 4-4 Årlig vannføring i Glomma (Solbergfoss) 1970 – 2002. Data fra NVE.

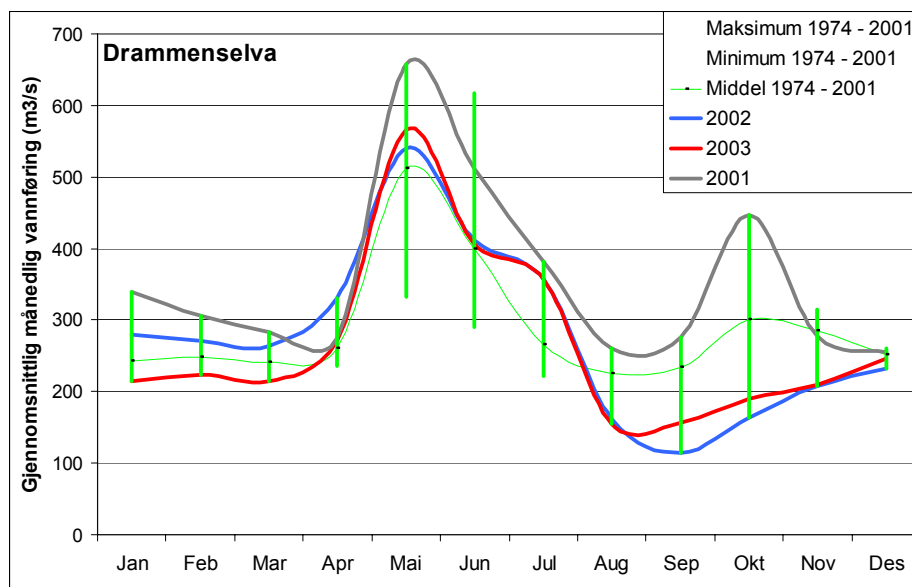
#### 4.1.2 Drammenselva

I Drammenselva var vårfloppen i 2003 langt større enn normalt, mens vannføringen for øvrig var lavere enn normal (Figur 4-5).



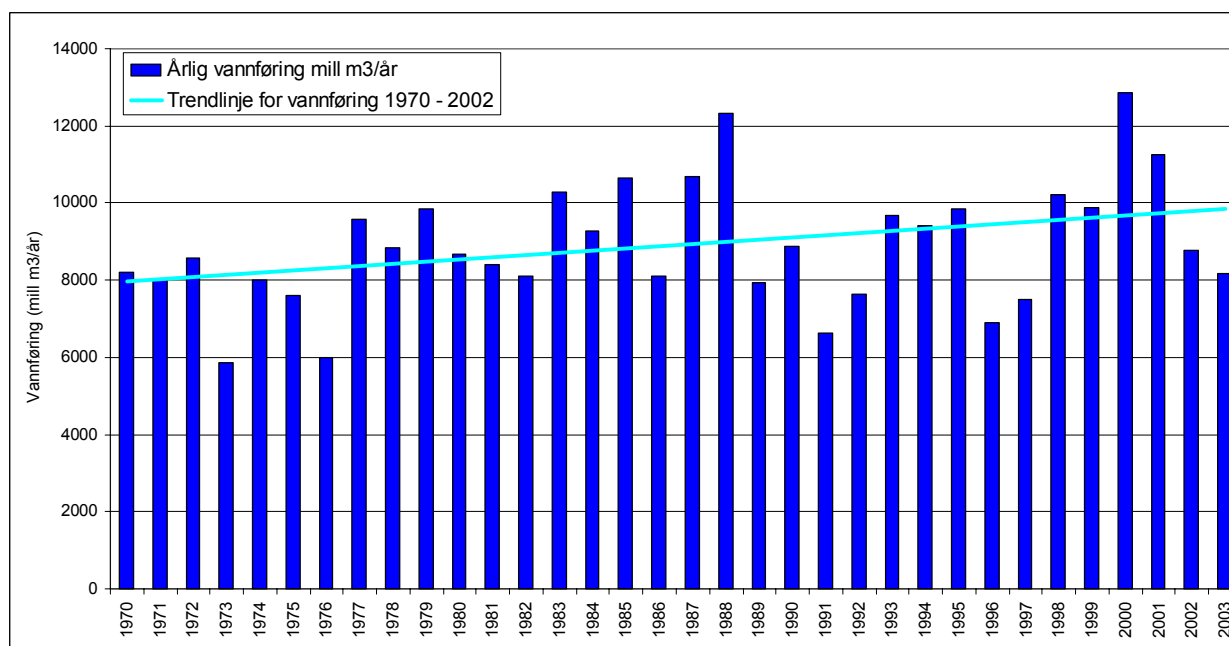
Figur 4-5 Vannføring i Drammenselva 2003 sammenlignet med normalvannføringen (data fra NVE)

Både i 2002 og 2003 var det høy vannføring i juli og lav siste halvdel av året (Figur 4-6). I vinterperioden fra januar til april lå vannføringen i 2002 nær maksimum, mens den i 2003 lå nær minimum for perioden 1974 – 2001. Total vannføring over året i 2001 lå markert over middelveiden for perioden 1970-2002, mens den i 2003 var lavere.



**Figur 4-6 Månedlig vannføring i Drammenselva i 2001, 2002 og 2003 sammenlignet med maks, min og middelvannføring (data fra NVE)**

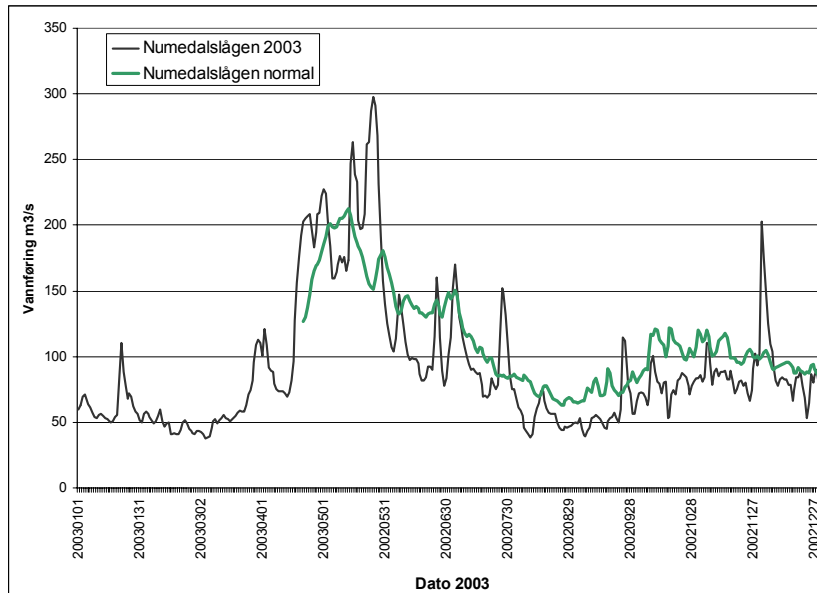
Tendensen over vel 30 år i Drammenselva har vært sammenlignbar med Glomma (Figur 4-7).



**Figur 4-7 Årlig vannføring i Drammenselva 1970 – 2003. Data fra NVE.**

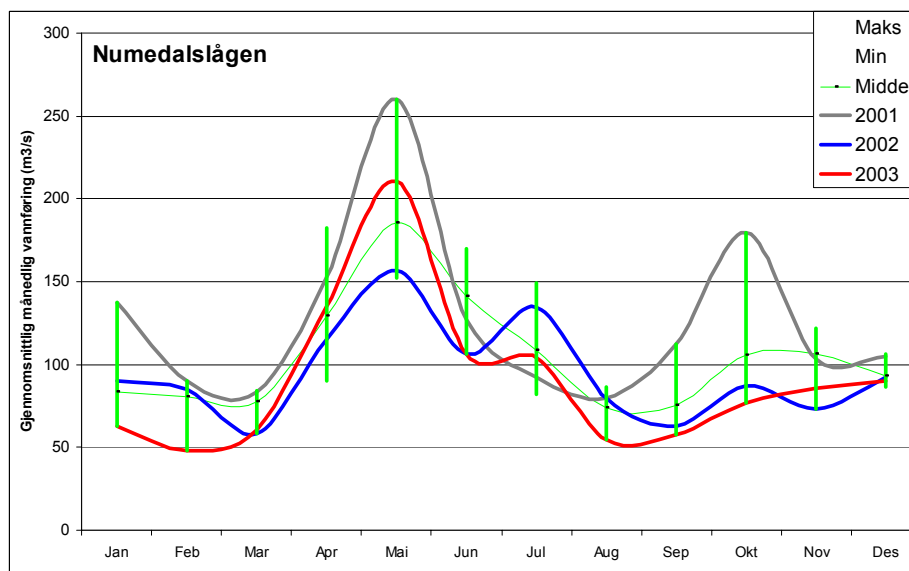
### 4.1.3 Numedalslågen

Døgnvannføringen i 2003 i Numedalslågen var sammenlignbar med Drammenselva med høy vannføring i vårflommen og noe lavere gjennom høstperioden (Figur 4-8). På høsten var det flere topper som ikke ble observert i Drammenselva og Glomma.



**Figur 4-8 Vannføring i Numedalslågen 2003 sammenlignet med normalvannføringen (data fra NVE)**

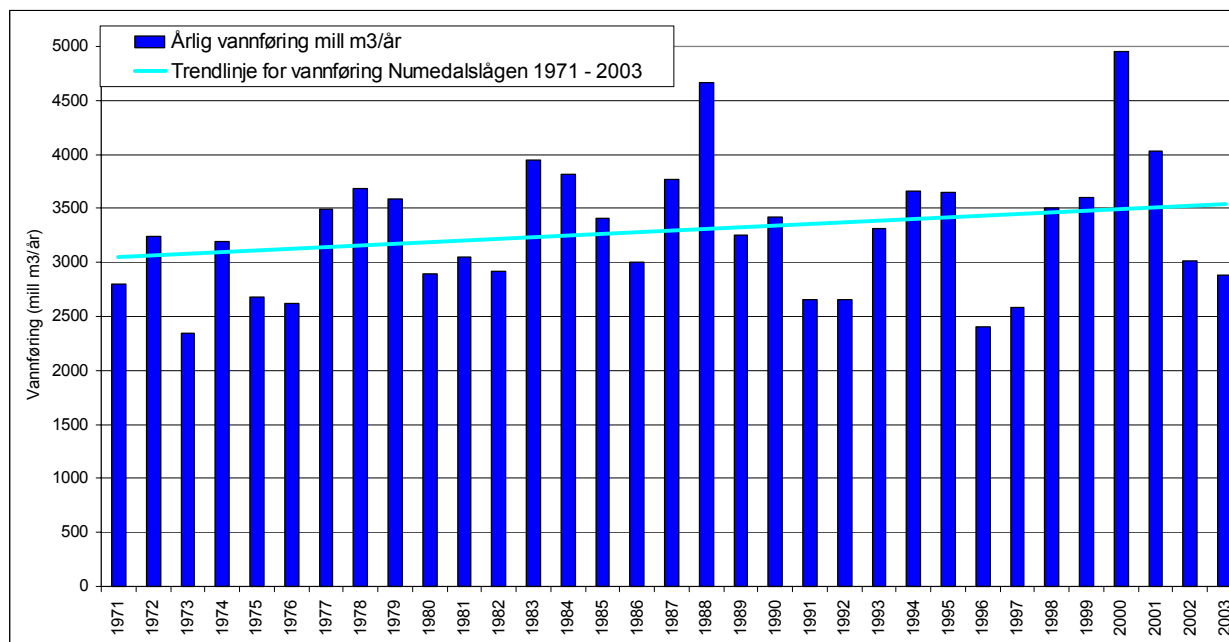
I 2001 lå vannføringen i flere måneder over året nær eller representerte maksimum for perioden 1970 – 2002 (Figur 4-9), mens den i 2003 lå nær eller representerte minimum.



**Figur 4-9 Månedlig vannføring i Numedalslågen i 2001, 2002 og 2003 sammenlignet med maks, min og middelvannføring (data fra NVE)**



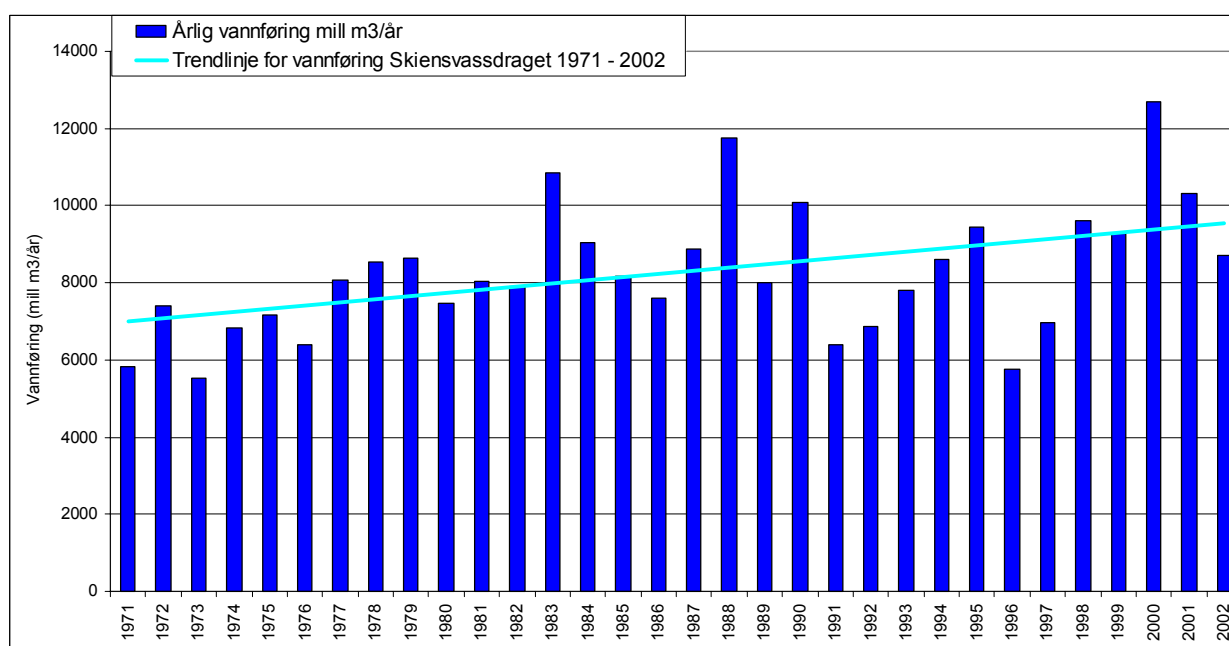
Tendensen over vel 30 år i Numedalslågen har vært sammenlignbar med Glomma (Figur 4-10)



Figur 4-10 Årlig vannføring i Numedalslågen 1971 – 2003. Data fra NVE.

#### 4.1.4 Skiensvassdraget

Skiensvassdraget viser tilsvarende trend som de øvrige elvene med høy vannføring i 2001 og redusert vannføring fra 2000 til 2003 (Figur 4-11). Trenden gjennom 30 årsperioden har også her vært økende.

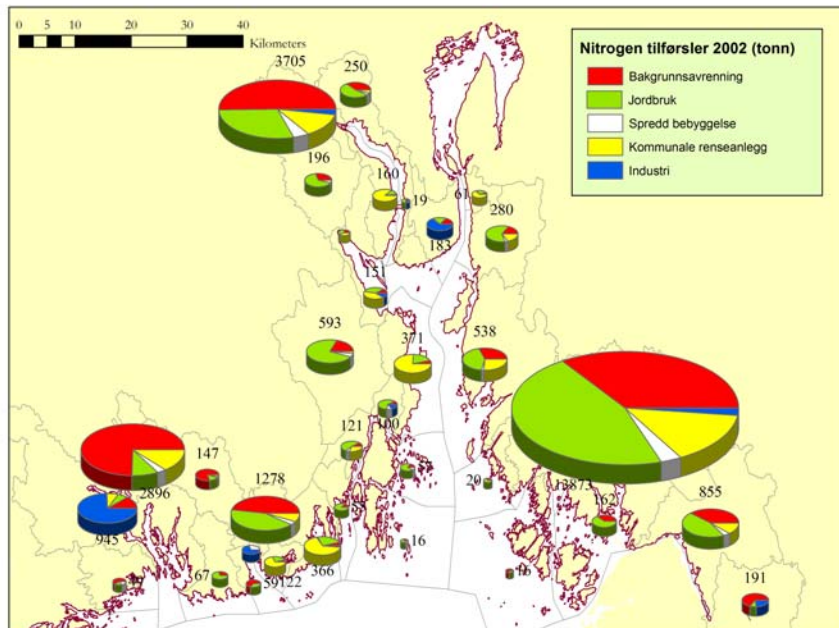


Figur 4-11 Årlig vannføring i Skiensvassdraget 1971 – 2002. Data fra NVE.



## 4.2 TEOTIL beregninger

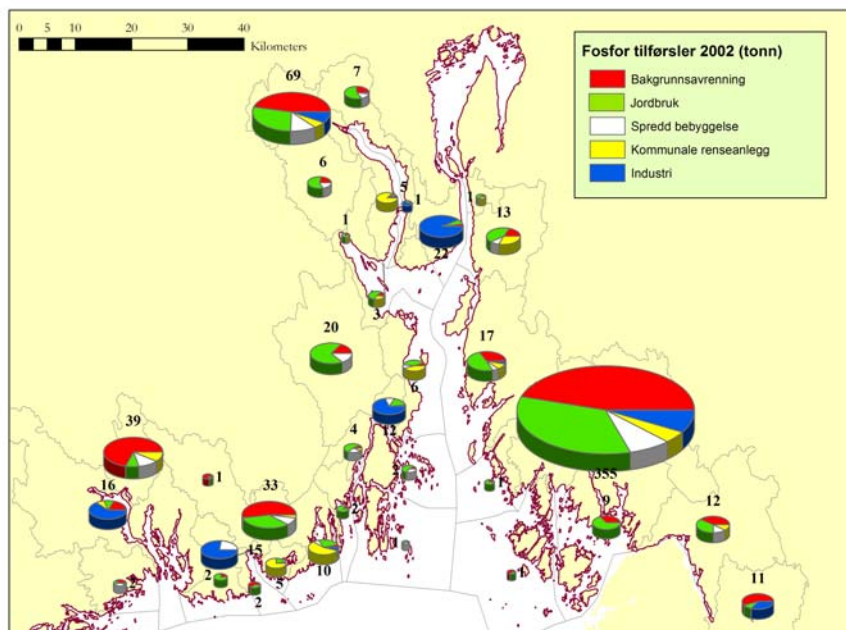
Modellen TEOTIL (NIVA, 1996) beregner på oppdrag fra SFT tilførsler fra kildene akvakultur, bakgrunn og landbruk, mens verdiene fra industri og kommunale avløp er rapporterte verdier. Resultatene kan benyttes som grunnlag for vurdering av tiltak i ulike kilder. Siste tilgjengelige data var for året 2002 (NIVA, 2004) (se Figur 4-12 - nitrogen og Figur 4-13 - fosfor).



**Figur 4-12 Tilførsler av nitrogen til analyseområdet fordelt på mindre nedbørsfelt beregnet med modellen TEOTIL for året 2002.**

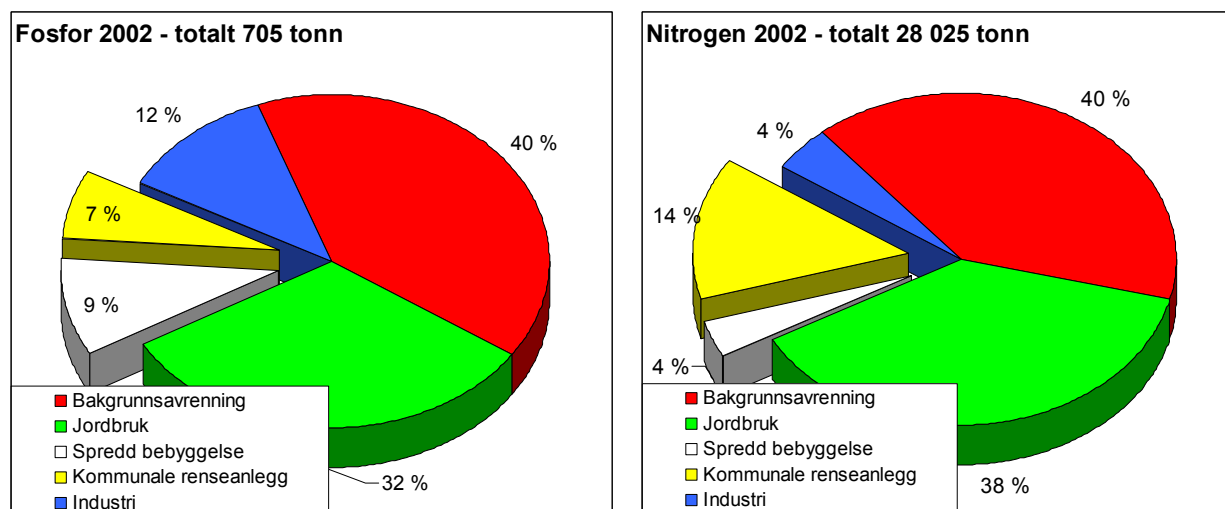
TEOTIL modellen er primært satt opp for å beregne tilførsler til større sjøområder, men grunnlagsberegningene for avrenning fra arealer som er presentert her, er basert på NVE sin inndeling i mindre statistikkområder. De geografisk detaljerte data fra modellen inneholder imidlertid tilnærmelser i faktisk lokalisering av enkelte lokale kilder. Dette kan derfor føre til feil fordeling av tilførsler fra områder med små bidrag. For de totale bidragene fra store vassdrag og for hele området, har modellresultatene ubetydelige avvik. Dette innebærer at TEOTIL resultatene ikke kan benyttes som grunnlag for vurderinger i lokale resipienter som for eksempel Mossesundet, men de kan benyttes for å vurdere bidragene fra de enkelte kildene i underområdene i ytre Oslofjord. Modellen tar heller ikke hensyn til varierende avrenning og representerer derfor et middelnivå fra bakgrunn og jordbruk.

De største tilførslene kommer fra elvene og de største kildene i de fleste områdene er bakgrunnsavrenning og jordbruk. Vestfold skiller seg ut med svært store andeler fra jordbruk. Skiensvassdraget har bakgrunnsavrenning som den største kilden. Betydelig mindre, men nest størst kilde til Frierfjorden er industri. Industri gir også et betydelig bidrag fra Tofte, men er et relativt lite bidrag sammenlignet med de totale tilførslene.



**Figur 4-13** Tilførsler av fosfor til analyseområdet fordelt på mindre nedbørsfelt beregnet med modellen TEOTIL for året 2002.

Totalt utgjør bidraget fra kommunale avløp til analyseområdet av fosfor og nitrogen henholdsvis 16 og 18% av de totale landbaserte tilførslene (Figur 4-14). Spredt bebyggelse representerer det største kommunale bidraget av fosfor, mens det bare utgjør 4% av nitrogentilførslene.



**Figur 4-14** Beregnede total tilførsler fra land i 2002 (TEOTIL beregninger)

### 4.3 Vassdragsovervåking

På oppdrag fra SFT og som grunnlag for rapportering til OSPAR av Norges tilførsler, overvåkes vannkvaliteten i en rekke vassdrag i Norge (Aquateam, 2004). Overvåkingen omfatter primært store vassdrag. I ytre Oslofjord er dette Glomma (Singlefjorden/Hvaler), Drammenselva (Drammensfjorden), Numedalslågen (Larvikfjorden) og Skiensvassdraget (Frierfjorden/Grenland). I tillegg gjøres enkle årlige undersøkelser i Tista (Iddefjorden), Mosseelva (Mossesundet), Lierelva (Drammensfjorden), Sandeelva (Sandebukta), Aulielva (Vestfjorden i Tønsberg) og Farriselva (Larvikfjorden). Generelle avrenningsdata er presentert i Tabell 4-1 og tilførsler beregnet med bakgrunn i overvåkingen 2002 (Aquateam, 2004) er presentert i Tabell 4-2.

**Tabell 4-1 Viktige elver med avrenning til ytre Oslofjord (data NVE)**

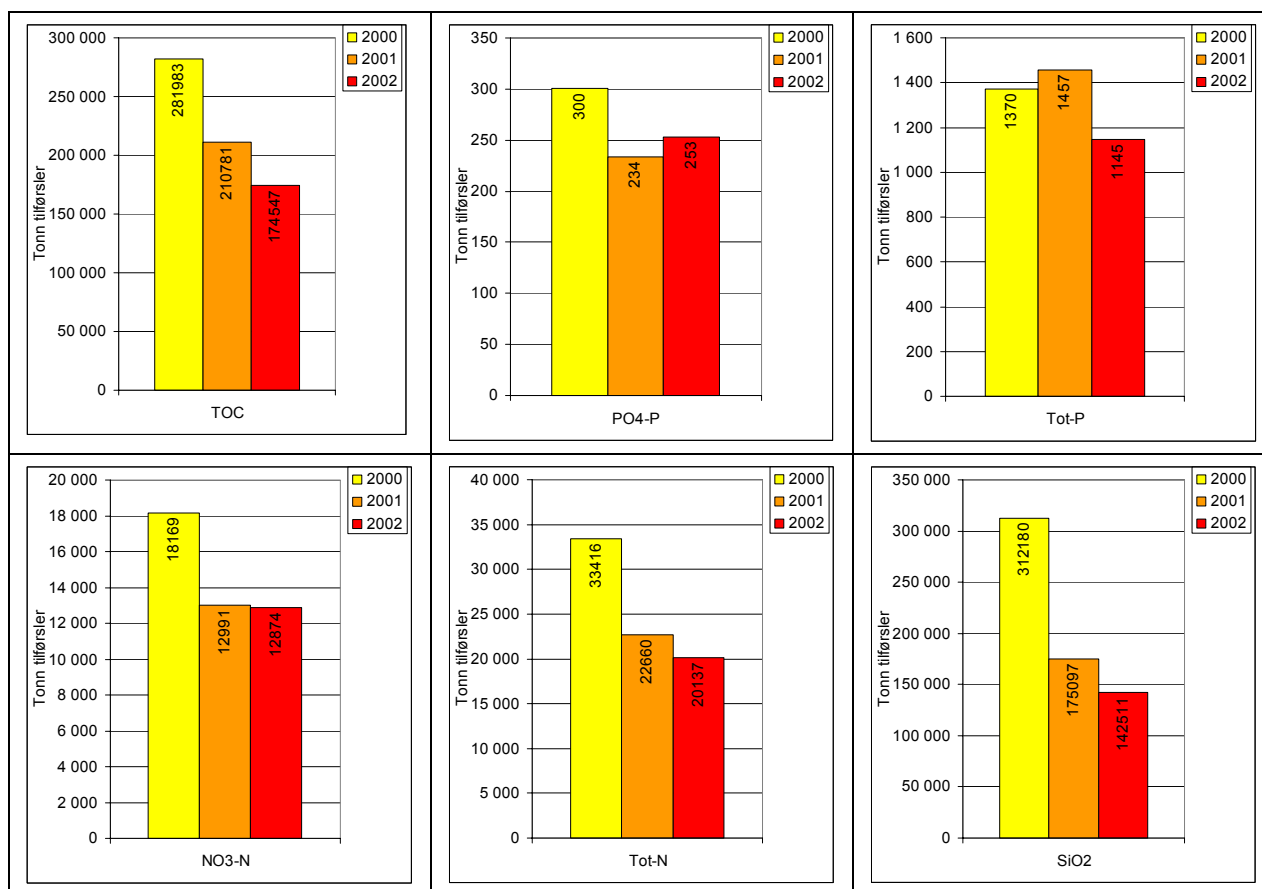
Vassdrag	Nedbørsfelt (km <sup>2</sup> )	Avrenning* (Langtids gj.sn.) 1000 m <sup>3</sup> /døgn
Tista	1588	1 975
Glomma	46 023	61 350
Mosseelva	690	866
Drammenselva	17 614	28 850
Lierelva	309	496
Sandeelva	193	282
Aulielva	363	469
Numedalslågen	5 577	10 200
Farris	491	915
Skienselva	12 831	23 535

\* - Avrenning ved nederste NVE målepunkt

**Tabell 4-2 Totale tilførsler til ytre Oslofjord 2002 fra større vassdrag til Ytre Oslofjord (Aquateam, 2004). \* - Beregninger basert på et lite antall vannprøver.**

Vassdrag	Årlige tilførsler 2002 (tonn)						
	TOC	PO <sub>4</sub> -P	Tot-P	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Tot-N	SiO <sub>2</sub>
Tista*	6851	3,15	19,69	294	7,9	503	2362
Glomma	97942	150	651	7525	513	11507	87749
Mosseelva*	2832	1,12	23,48	35	1,9	221	6,23
Drammenselva	30304	50	234	2290	257	3825	24240
Lierelva*	685	2,41	7,96	91	4,8	117	913
Sandeelva*	448	0,20	4,38	41	0,6	71	188
Aulielva*	953	0,49	7,39	138	6,9	216	634
Numedalslågen	11815	15,2	82	639	84	1121	9251
Farris*	1845	0,72	2,53	102	1,8	167	1163
Skienselva	20872	30,0	113	1719	108	2389	16005
<b>Totalt</b>	<b>174547</b>	<b>253</b>	<b>1145</b>	<b>12874</b>	<b>986</b>	<b>20137</b>	<b>142511</b>

Sammenlignet med resultater fra tidligere års overvåking har det vært en nedgang i tilførslene bortsett fra fosfat hvor tilførslene har vært tilnærmet konstante (Figur 4-15).



**Figur 4-15** Totale elvetilførsler til ytre Oslofjord beregnet for de tre årene 2000, 2001 og 2002. Data fra Aquateam (2004, 2003, 2002). NB: logaritmisk skala for mengde tilførsler.

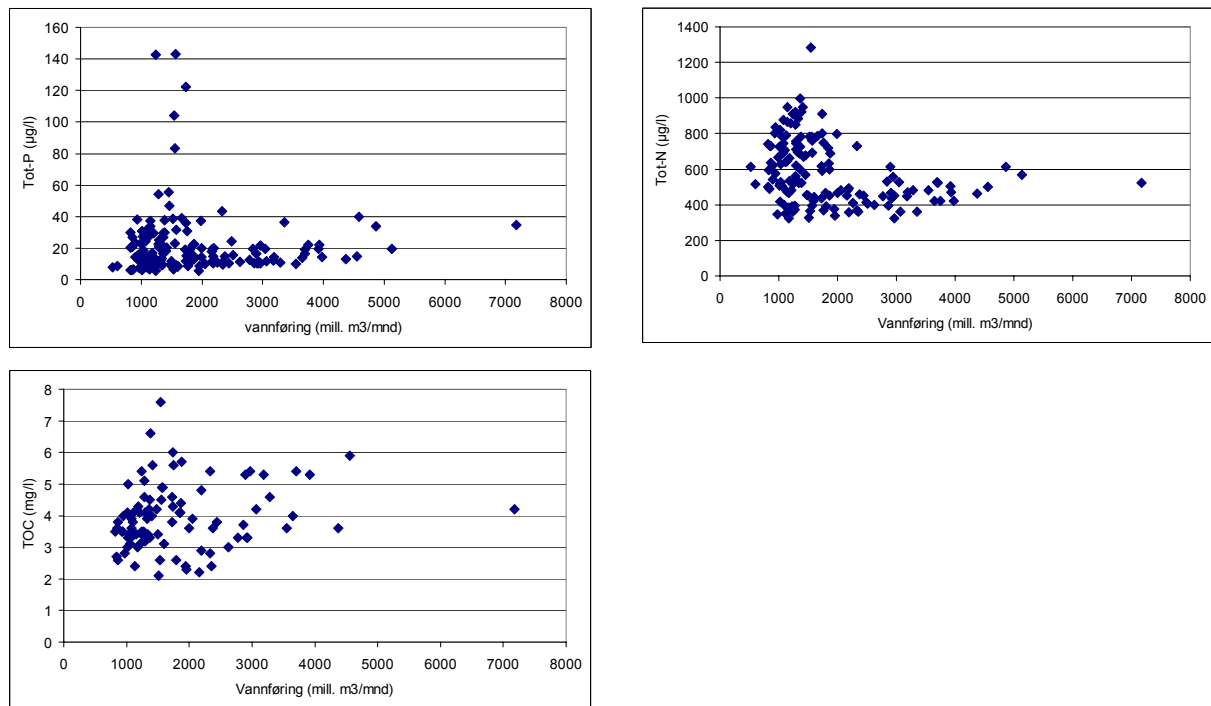
Nedgangen i tilførsler av næringssalter har i stor grad sammenheng med redusert vannføring i elvene, men er til dels større enn nedgangen i vannføringen (Aquateam, 2004).

### 4.3.1 Vassdrag i Østfold

I Østfold har det fra 1980 vært gjennomført en regional overvåking av hovedvassdragene. Vannkvaliteten i vassdragene varierer generelt mye fra år til år hovedsakelig betinget av forskjeller i meteorologiske forhold.

#### Glomma

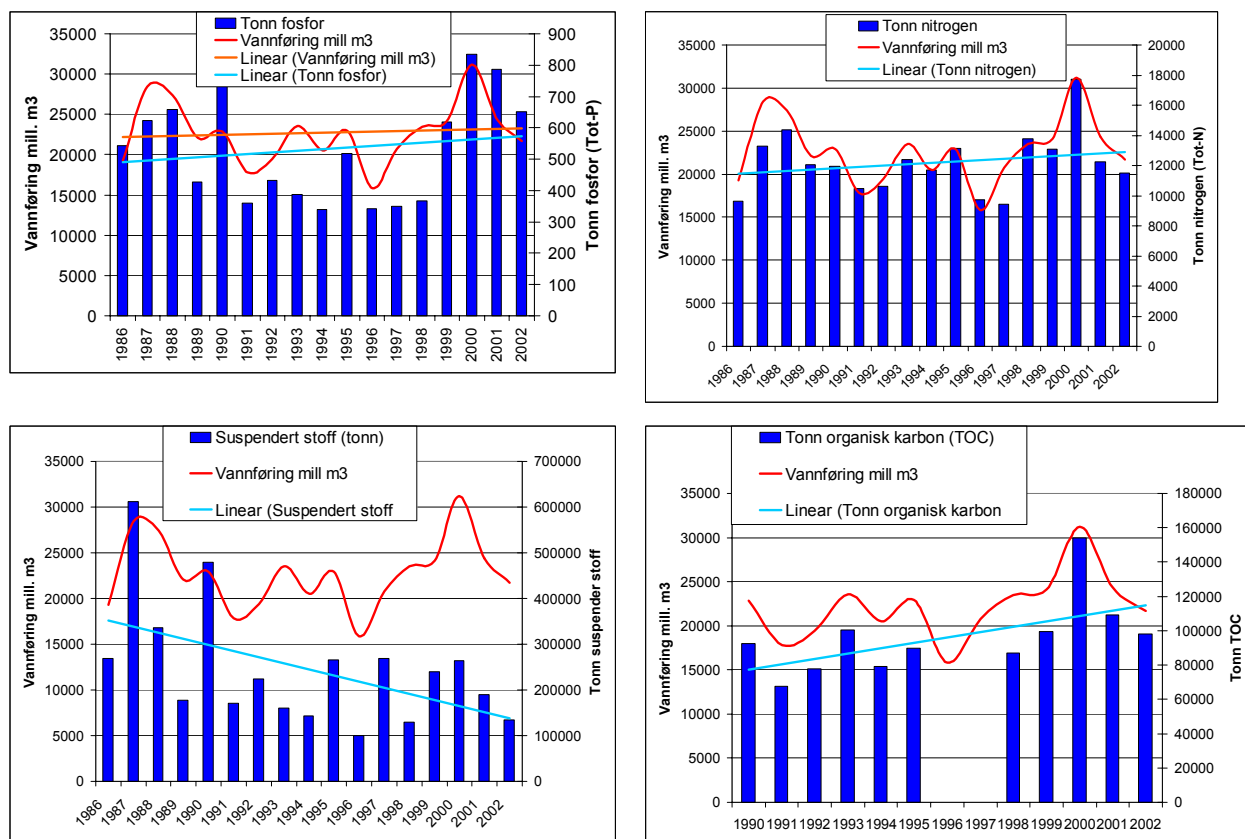
Partikkelkonsentrasjonen øker betydelig i flomperioder på grunn av erosjon som også øker konsentrasjonen av partikkelbundet fosfor. Sammenhengen mellom månedlig vannføring og gjennomsnittlig konsentrasjoner av nitrogen, fosfor og organisk materiale (TOC) for tilsvarende måned er imidlertid svak og ikke signifikant i Glomma (Figur 4-16) (FMVAØ, 2000). Dette tyder på at erosjonseffekten er relativt kortvarig.



**Figur 4-16 Sammenheng mellom konsentrasjon av Tot-N, Tot-P, organisk materiale (TOC) og vannføring (månedsverdier 1987 – 1999) i Glomma (Solbergfoss, Sarpfossen) (FMVAØ, 2000).**

Variasjonen i vannføringen gjør at man ikke ser noen klar nedgang i konsentrasjonen av fosfor og nitrogen tross økt rensing av kommunale utslipp og industriutslipp. I følge FMVAØ (2000) er mye av fosforet bundet til partikler og har sammenheng med avrenning fra jordbruks- og andre arealer. Dette gir en reduksjon i de totale tilførslene med redusert vannføring (Figur 4-17).

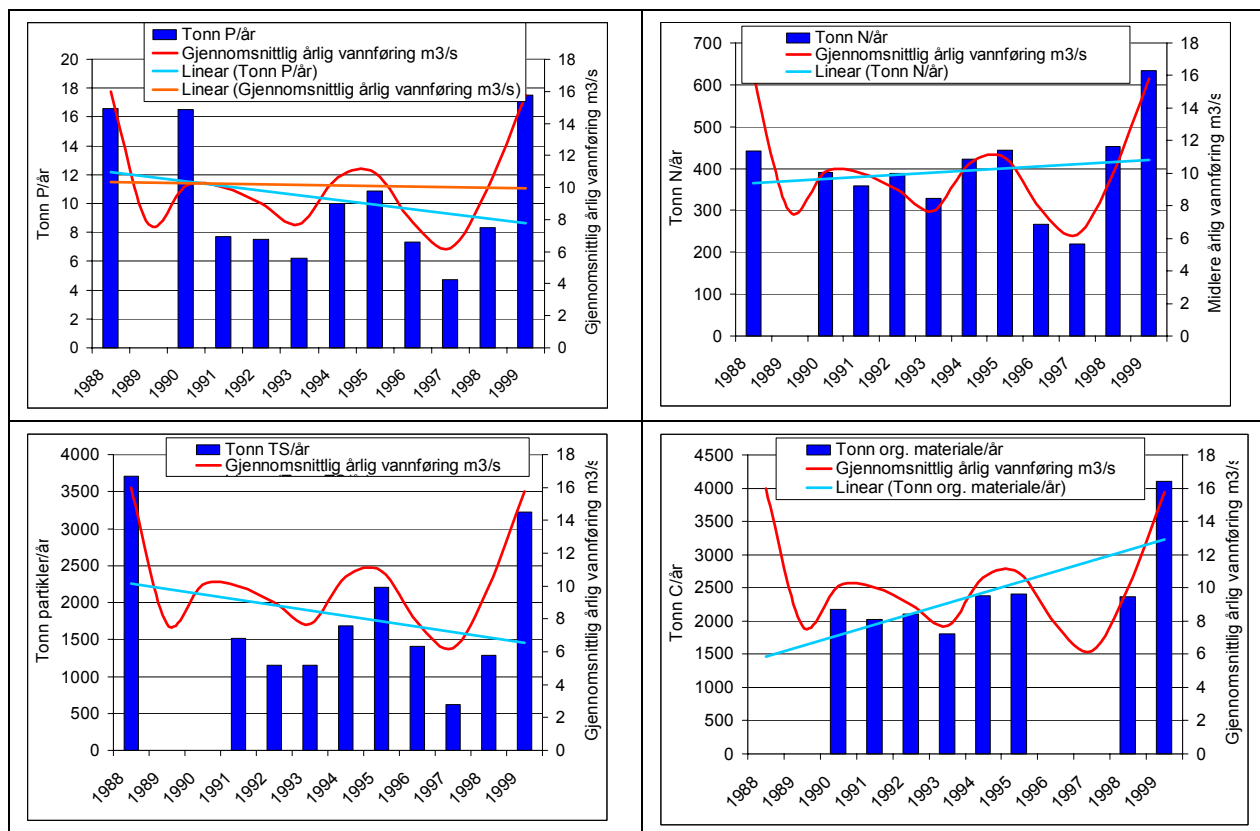
Vannføringen i Glomma viser en nedadgående trend i perioden 1986 – 1999. I samme periode reduseres også tilførslene av partikler og fosfor og i noe større grad sammenlignet med vannføringen. Tilførslene av nitrogen er stabile og de totale mengdene tilført av organisk materiale (TOC) går opp. Begge parametrene viser imidlertid god sammenheng mellom vannføring og tilførsler fra år til år.



**Figur 4-17 Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år ved Sarpfossen sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år. Data fra FMVAØ, 2000 og diverse RID rapporter (NIVA, Aquateam).**

### Mosseelva

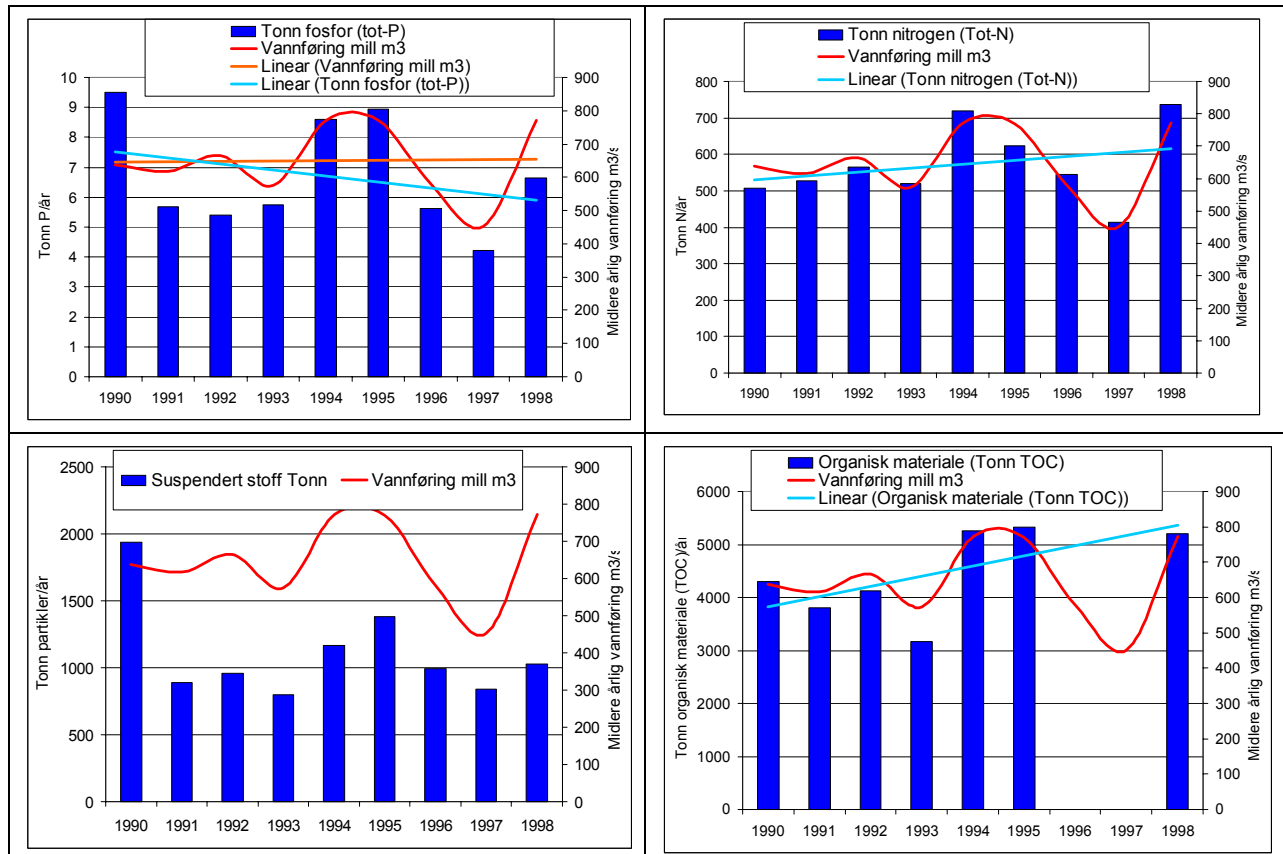
Variasjonen i årlige tilførsler av fosfor, nitrogen, partikler og organisk materiale viser god samsvar med vannføringen (FMVAØ, 2000). Det synes å være en nedadgående trend for fosfor og partikler, mens årlige tilførsler av nitrogen og organisk materiale synes å øke.



**Figur 4-18 Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år fra Mosseelva sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år (data fra FMVAØ, 2000).**

**Tista (Haldenvassdraget)**

Variasjonen i årlige tilførsler av fosfor, nitrogen, partikler og organisk materiale viser god samsvar med vannføringen (FMVAØ, 2000). Det synes å være en nedadgående trend for fosfor og partikler, mens årlige tilførsler av nitrogen og organisk materiale synes å øke.

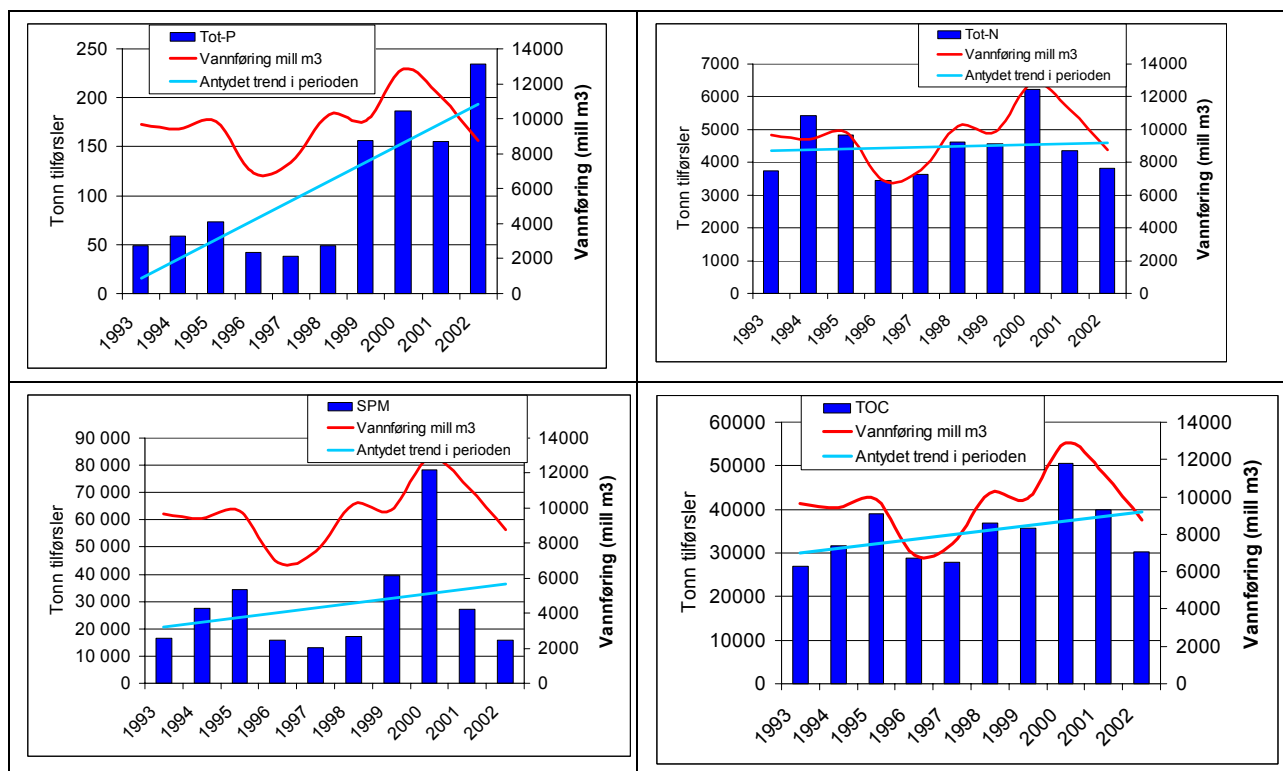


**Figur 4-19** Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år fra Tista sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år (data fra FMVAØ, 2000).



### 4.3.2 Drammenselva

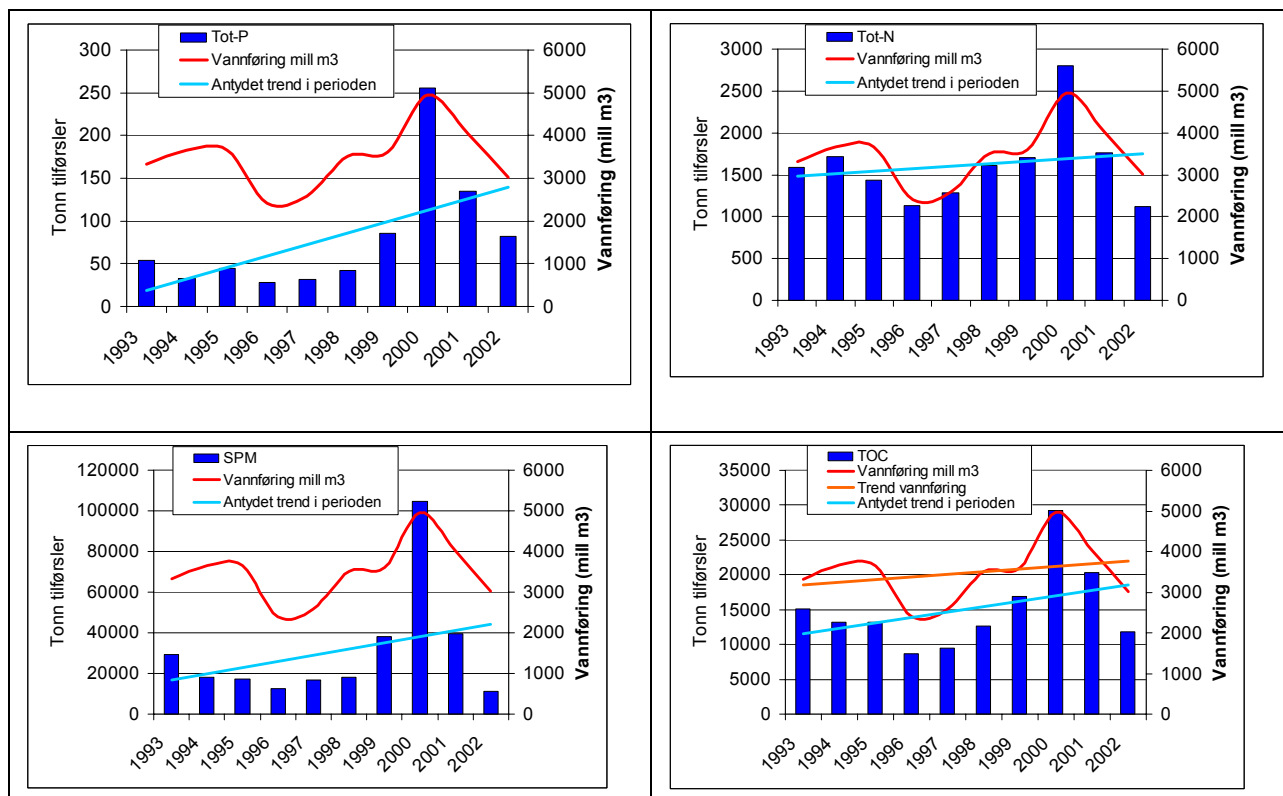
Det var en markert oppgang i mengde fosfor i 2002 (RID data, Aquateam, 2004) samtidig med en nedgang i vannføringen i Drammenselva sammenlignet med tidligere to år. Mengde partikler nådde en topp i 2000 og viser relativt god sammenheng med vannføringen. Variasjonen i årlige tilførsler av nitrogen og organisk materiale viser god samsvar med vannføringen (diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam). Alle presenterte tilførsler synes å øke i perioden. For nitrogen er økningen svært usikker og tilsvarer endringene i vannføringen.



**Figur 4-20 Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år fra Drammenselva sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år (Diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam).**

### 4.3.3 Numedalslågen

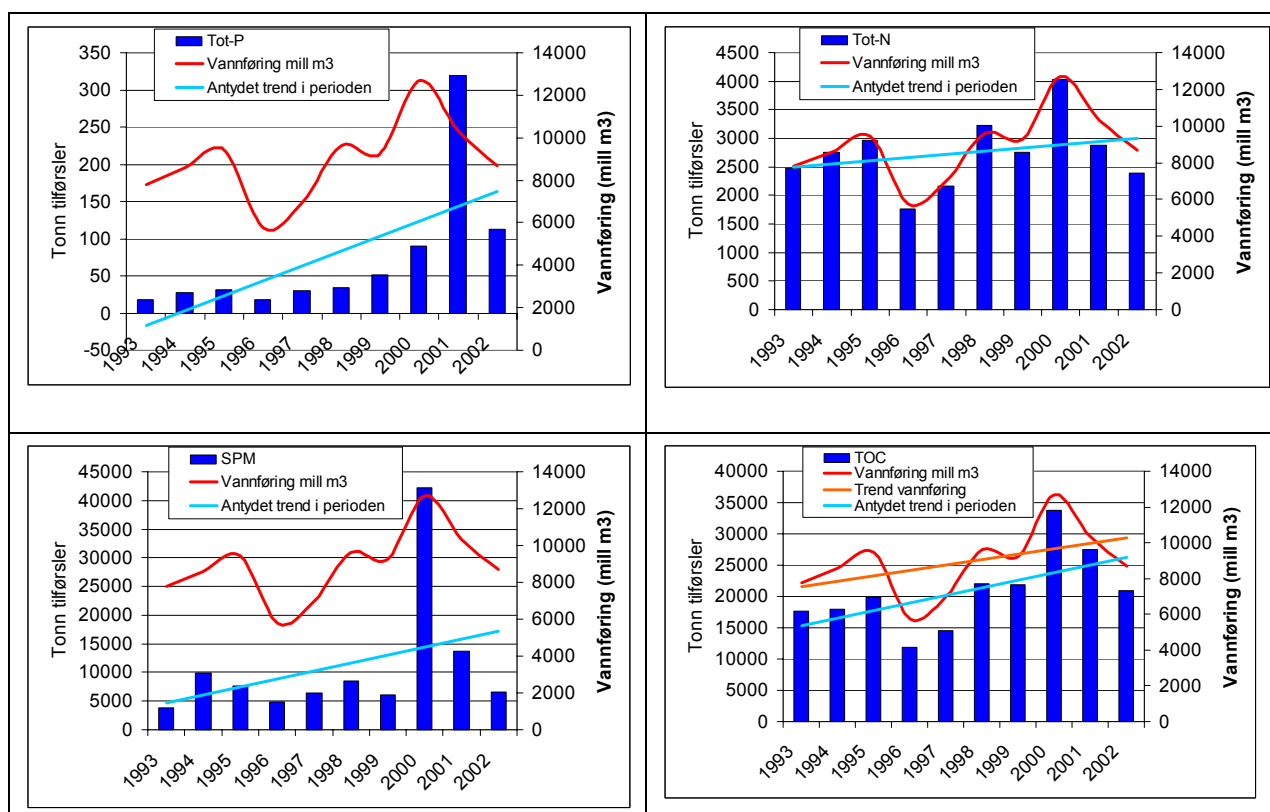
Også i Numedalslågen øker samtlige presenteret tilførsler i perioden (basert på diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam). Den relativt høye vannføringen i 2000 førte til en markert topp i tilførslene også av organisk materiale og nitrogen. Variasjonen i årlige tilførsler av nitrogen og organisk materiale viser god samsvar med vannføringen.



**Figur 4-21 Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år fra Numedalslågen sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år (Diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam).**

#### 4.3.4 Skiensvassdraget

I likhet med de to forrige større elvene øker samtlige presenterte tilførsler i perioden også for Skienselva (basert på diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam). Den relativt høye vannføringen i 2000 førte til en markert topp i tilførslene også av organisk materiale og nitrogen. Variasjonen i årlige tilførsler av nitrogen og organisk materiale viser god samsvar med vannføringen.

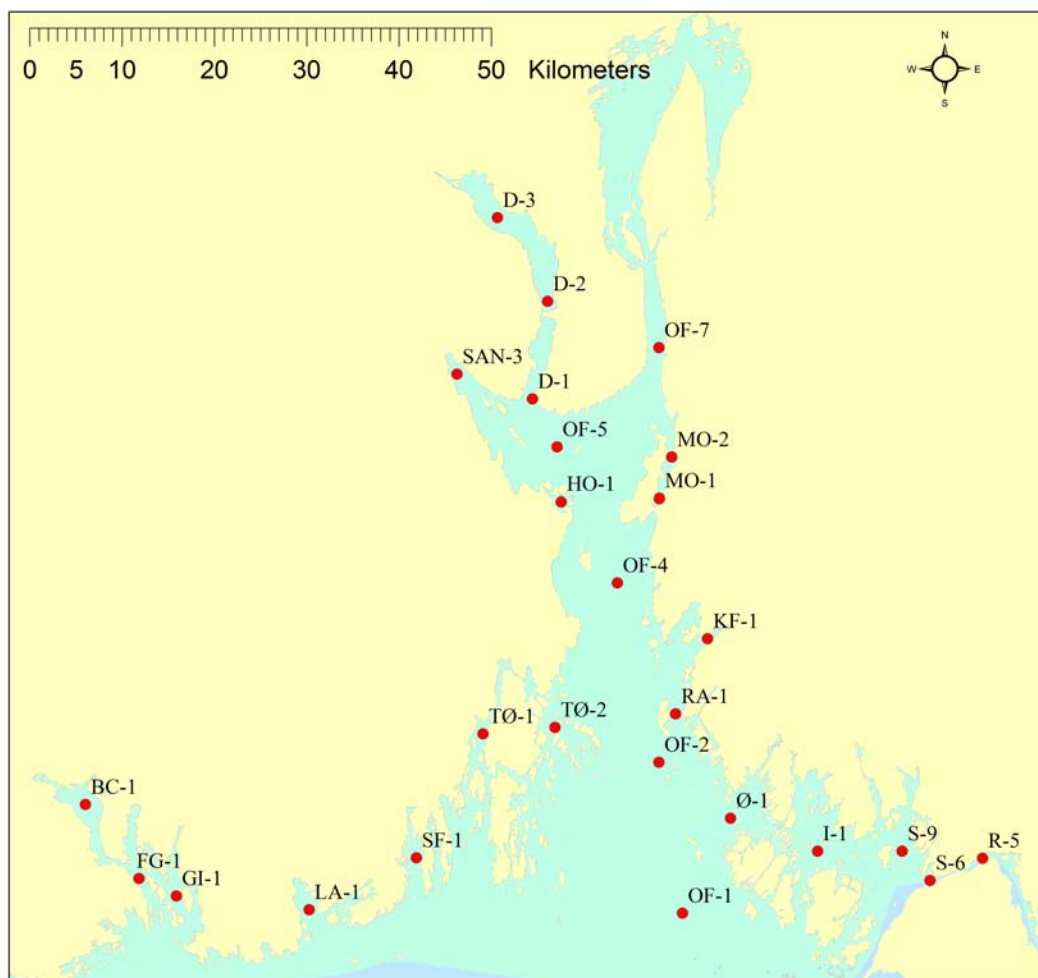


**Figur 4-22 Tilførsler av totalfosfor, totalnitrogen, partikler og organisk materiale (tonn) pr år fra Skienselva sett i sammenheng med vannføringen de enkelte år (Diverse RID rapporter fra NIVA og Aquateam).**

## 5 GJENNOMFØRING OVERVÅKING

### 5.1 Prøveinnsamling

Totalt ble det benyttet 26 stasjoner i løpet av 2003 (se Figur 5-1, Tabell 5-1 og Tabell 5-2).



**Figur 5-1 Kart med stasjonsoversikt benyttet i 2003. For detaljer om hvilke stasjoner som ble besøkt når, se Tabell 5-2.**

**Tabell 5-1 Stasjonsoversikt Ytre Oslofjord undersøkelsen av vannkvalitet 2003**

Navn	Nord (WGS 84)	Øst (WGS 84)	Dyp (m)	Navn	Område	Kommentar
OF-1	59.041050	10.754434	452	Torbjørnskjær	Midtfjord	Sommer- og vintertokt , 9 tokt
OF-2	59.186668	10.691667	358	Missingene	Midtfjord	Sommer- og vintertokt , 9 tokt
OF-4	59.358665	10.590567	306	Bastø	Midtfjord	Sommer- og vintertokt , 9 tokt
OF-5	59.486668	10.458333	199	Breiangen	Midtfjord	Sommer- og vintertokt , 9 tokt
OF-7	59.590000	10.640000	200	Filtvedt	Midtfjord	Sommertokt, 4 tokt
D-1	59.531818	10.404866	85	Ytre Drammensfjorden	Drammen	Sommertokt, 4 tokt
D-2	59.627766	10.420983	119	Indre Drammensfjord	Drammen	Sommertokt, 4 tokt
D-3	59.705883	10.313517	97	Drammensfjorden	Drammen	Sommertokt, 4 tokt
LA-1	59.019299	10.051566	105	Larviksfjorden	Larvik	Sommertokt, 4 tokt
SF-1	59.077351	10.246067	60	Sandefjord	Sandefjord	Sommertokt, 4 tokt
TØ-1	59.202835	10.355416	46	Vestfjorden	Tønsberg	Sommertokt, 4 tokt
TØ-2	59.213818	10.490717	33	Hvalø	Tønsberg	Sommertokt, 4 tokt
HO-1	59.433949	10.473300	25	Horten Indre	Horten	Sommertokt, 4 tokt
SAN-3	59.55082	10.25745	45	Sandebukta	Sande	Sommertokt, 4 tokt
MO-1	59.443333	10.659950	46	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt, 4 tokt
MO-2	59.484333	10.678083	102	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt, 4 tokt
RA-1	59.234852	10.717433	120	Rauerfjorden	Østfold	Sommertokt, 4 tokt
KF-1	59.310116	10.768900	16	Krokstadfjorden	Østfold	Sommertokt, 4 tokt
Ø-1	59.136501	10.833950	50	Leira	Østfold	Sommertokt, 4 tokt
I-1	59.109432	11.001966	52	Ramsø	Hvaler	Benyttes hele året, 13 tokt
S-6	59.087284	11.217633	55	Kjeøy	Hvaler	Benyttes hele året, 13 tokt
R-5	59.111717	11.314266	34	Ringdalsfjorden	Ringdalsfjorden	Benyttes hele året, 13 tokt
S-9	59.114334	11.161667	95	Haslau	Hvaler	Benyttes hele året, 13 tokt
BC-1	59.10437	9.61800	96	Frierfjorden	Telemark	Sommertokt, 4 tokt
FG-1	59.03908	9.72323	106	Langesundsfjorden	Telemark	Sommertokt, 4 tokt
GI-1	59.02265	9.79675	208	Håøyfjorden	Telemark	Sommertokt, 4 tokt

Det ble gjennomført 13 tokt i perioden fra februar til desember 2003 med et varierende antall stasjoner på hvert tokt (se Tabell 5-2).

Tabell 5-2 Oversikt over tokt og undersøkte stasjoner i ytre Oslofjord 2003.

Stasjon	Toktdato												
	28.-29. januar	24.-25. februar	31. mars – 4. april	16. mai	10.-13. juni	24.-25. juni	7.-10. juli	4.-5. august	18.-21. august	22.-25. september	4. november	27. november	15.-16. desember
OF-1	X	X			X	X	X	X	X	X			X
OF-2	X	X			X	X	X	X	X	X			X
OF-4	X	X			X	X	X	X	X	X			X
OF-5	X	X			X	X	X	X	X	X			X
OF-7					X	X	X	X	X	X			
D-1					X		X		X	X			
D-2					X		X		X	X			
D-3					X		X		X	X			
RA-1					X		X		X	X			
KF-1					X		X		X	X			
LA-1					X		X		X	X			
SF-1					X		X		X	X			
TØ-1					X		X		X	X			
TØ-2					X		X		X	X			
HO-1					X		X		X	X			
SAN-3					X		X		X	X			
MO-1					X		X		X	X			
MO-2					X		X		X	X			
Ø-1					X		X		X	X			
I-1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S-6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R-5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S-9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BC-1					X		X		X	X			
FG-1					X		X		X	X			
GI-1					X		X		X	X			

Toktet ble gjennomført med to båter. På de fleste tokt og stasjoner ble forskningsfartøyet til Universitetet i Oslo: *F/F Trygve Braarud* benyttet. I tillegg ble en hurtiggående 17” RIB med elektrisk/hydraulisk vinsj benyttet på toktene vår og høst på fire stasjoner i Hvalerområdet.

Det samme prøvetakingsprogrammet ble gjennomført på samtlige stasjoner, presentert i Tabell 5-3.

**Tabell 5-3 Gjennomført prøveprogram på stasjonene**

Parameter	Dyp	Kommentar
Konduktivitet	0 – ca. 2 m over bunn	Benyttet instrument var CTD Seacat Profiler. På <i>Trygve Braarud</i> ble instrumentet festet på universitetets Neill Brown CTD sammen med vannprøvekarusell. Resultater fra de to instrumentene ble rutinemessig kontrollert mot hverandre.
Temperatur	0 – ca. 2 m over bunn	
Oksygen	0 – ca. 2 m over bunn	
Oksygenprøve	2 m over bunnen	<i>Trygve Braarud</i> : En vannprøve tatt med fartøys prøvetakingskarusell, prøvevolum 1 liter, ca. 2m over bunn RIB: Vannprøve tatt med vannhenter, normalt fra 20 m dyp.
Vannprøve alger	0 – 3 m	Integrert prøve tatt med rør, blandet i bøtte, 25 ml delprøve tatt ut for analyse.
Håvtrekkprøve alger	0 – 2 m	Trekktid varierer med mengde plankton. Ca. 5 minutter.
Siktedyp	-	Secchi skive med diameter ca. 25 cm.
Vannprøve kjemi	2 m	<i>Trygve Braarud</i> : Fire prøver fra hvert dyp tatt med vannprøvekarusell, hver vannhenter 1 liter volum, totalt prøvevolum ca. 4 l. RIB: Vannprøve tatt med vannhenter. Total prøvevolum ca. 4 l.
	20 m	

## 5.2 Hydrografi

Til profilering av konduktivitet, temperatur og oksygen benyttes CTD Seacat Profiler - Seabird Electronics inc. Saltholdighet<sup>1</sup> beregnes på grunnlag av konduktivitet, temperatur og dyp. Instrumentet har følgende egenskaper:

Parameter	Måleområde	Nøyaktighet
Temperatur (°C)	-5 til + 35	± 0,01
Konduktivitet (S/m)	0 - 7	± 0,001
Dyp (m)	0 - 350	± 0,25 %
Oksygeninnhold (ml/l)	0 – 15	± 0,1

Instrumentet blir festet til fartøys vannprøvekarusell og CTD (av typen Neil Brown). Dette sikrer at prøvedyp for vannprøver kan kontrolleres i etterhånd fra dybdemåleren på CTD samt at temperatur og konduktivitetmålinger fra de to CTDene kan sammenlignes. Instrumentene senkes med maksimum 1 m/s og bare målinger tatt på vei ned benyttes.

<sup>1</sup> Enheten som benyttes i dag er PSU (practical salinity unit) hvor 1 PSU tilsvarer ca 1 ‰.

### 5.3 Næringsalter og klorofyll

Ved hjelp av vannprøvekarusellen på båten ble det tatt vannprøver (3-4 l fra hvert dyp) ved 2 m og ved 20 m dyp. Den øverste prøven representerer overflatelaget, og vil på de fleste stasjoner ligge under ferskvannslaget fra elvetilførsler lokalt. Denne prøven benyttes til å vurdere tilstanden til stasjonene. Prøven fra 20 m dyp vil ofte ligge nær eller i sprangsjiktet og benyttes derfor primært som referanse til de øvrige prøvene.

Vannprøver ble frosset eller nedkjølt ombord og levert analyselaboratoriet ved slutt av tokt. Næringssaltanalyser er utført etter standardmetoder, se Tabell 5-4.

**Tabell 5-4 Benyttede analysemetoder**

Parameter	Metode
Total fosfor	NS 4724
Fosfat	NS 4724
Total nitrogen	NS 4743
Nitritt/Nitrat	NS 4743
Ammonium	NS 4746
Klorofyll A	NS 4766-1

Utvalget av næringsalter er gjort ut fra SFT veiledning 97:03.

### 5.4 Oksygen

Det ble tatt en liter vannprøve like over bunnen (ca. 2 m over). Vannprøven ble overført til standard prøveflaske, tilsatt kjemikalier og oppbevart mørkt og kjølig. Analysemetoden er NS 5813-1.

På enkelte tokt og stasjoner ble det tatt vannprøver fra 20 m dyp. Her ble målte verdier fra CTD benyttet for bunnvannet, mens analyseverdier ble benyttet som kontroll av elektrodemålingene.

### 5.5 Siktedyp

Siktedyp ble målt på skyggesiden av båten med en hvit Secchiskive (diameter 30 cm).

### 5.6 Innsamling og analyse av algemateriale

Planktonalgeprogrammet i 2003 hadde omtrent samme omfang som i 2002, og omfattet på det andre året de tre lokalitetene på Telemarkskysten, Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1) og Håøyfjorden (GI-1) som ble tatt med i undersøkelsen i 2002. I programmet samles det inn algeprøver i hovedfjorden på strekningen fra Drøbaksundet til Torbjørnskjær på stasjonene OF-7 (Filtvedt), OF-5 (Breiangen), OF-4 (Bastø), OF-2 (Missingene) og OF-1 (Torbjørnskjær). Fra en rekke steder på vestsiden av fjorden fra Drammensfjorden til Larviksfjorden og på østsiden, inkludert innenskjærs farvann i Østfold til Ringdalsfjorden i Iddefjorden. Stasjonsnettet (Figur 5-1 og Tabell 5-1) er det samme som for måling av hydrografi og vannkjemi og gir muligheter til å finne lokale forskjeller og avvik fra forholdene i de åpne farvannene som kan skyldes tilførselene av næringsalter fra land.

Det samles inn vannprøver for å bestemme konsentrasjon av de forskjellige planktonalgene og håvtrekkprøver til analyse av biodiversitet. Prøvene tilsettes konserveringsmiddel (formaldehyd) for å hindre at algecellene går i oppløsning. Tilsetningen (fikseringen) gjør at celler uten fast cellevegg for mange arters vedkommende kan forandre cellefasong og indre cellestruktur eller kan miste flageller og





naturlig farge, slik at artsbestemmelsen vanskeliggjøres eller blir umulig. Et volum på 0,1 mL analyseres, som gir en oppløsning på 10 000 celler/L i den kvantitative analysen. Maskevidden (porestørrelsen) i håven er 20  $\mu\text{m}$ , slik at celler som er mindre enn dette stort sett blir underrepresentert kvantitativt eller mangler i håvtrekk materialet. Analysene gjøres i mikroskop ved identifisering og telling av celler i vannprøvene og identifikasjon av arter i håvtrekkprøvene. Tabell 5-2 viser hvilke algeprøver fra 2003 som er analysert. I tillegg er det brukt opplysninger fra andre algeanalyser. Dette er prøver som Oceanor har samlet inn og undersøkt i annen sammenheng (ukentlige prøver fra Haslau i Singlefjorden og Grensebøye 2 i åpent farvann), og det er brukt opplysninger fra Statens Næringsmiddeltilsyns (SNT) program for skjellovervåking.



## 6 HYDROGRAFI

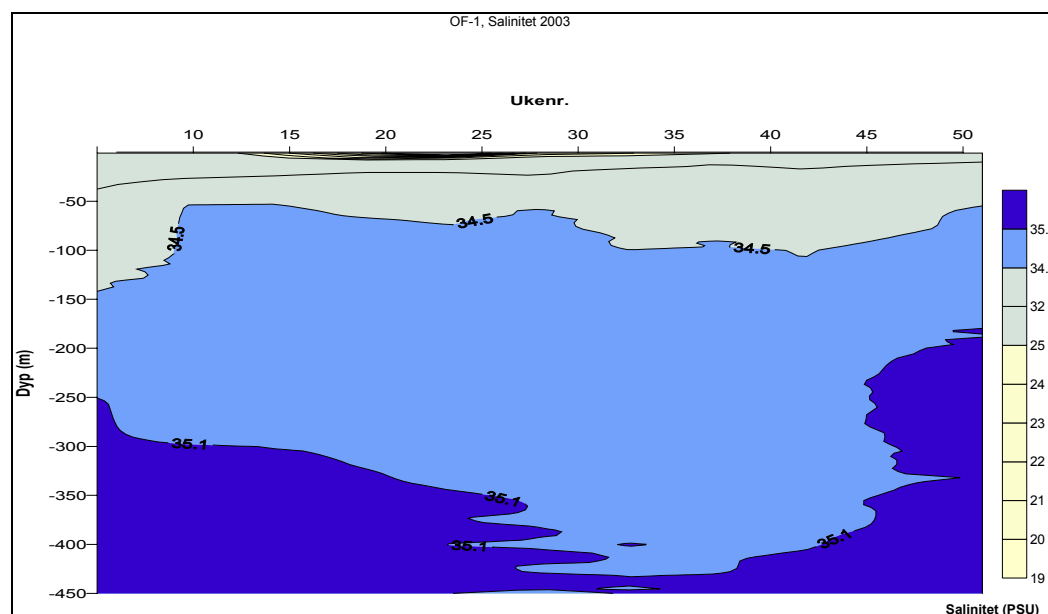
### 6.1 Årsvariasjon på utvalgte stasjoner

Vannmassene i ytre Oslofjord er inndelt i fire hovedvannmasser (Anon, 1996):

- Brakkvann med saltholdighet lavere enn 25 psu og temperaturer mellom  $-1^{\circ}$  og ca  $23^{\circ}\text{C}$ . Dette dannes av lokale ferskvannstilførsel og viser størst mektighet i perioder med stor vannføring.
- Skagerrak kystvann med saltholdighet mellom 25 og 32 psu. Dette er hovedsakelig en blanding av Østersjøvann, overflatevann fra Kattegatt, vann fra sørlige/sentrale Nordsjøen og med innblanding av lokalt ferskvann.
- Skagerrakvann med saltholdighet mellom 32 og 35 psu. Dette deles ofte inn i to:
  - Øvre: med saltholdighet mellom 32 og 34,5 psu. Opprinnelsen er sørlige Nordsjøen, men blandes også med vann fra Østersjøen/Kattegatt og noe lokalt ferskvann.
  - Nedre: med saltholdighet mellom 34,5 og 35. Stammer hovedsakelig fra sørlige Nordsjøen.
- Atlantisk vann med saltholdighet over 35 psu.

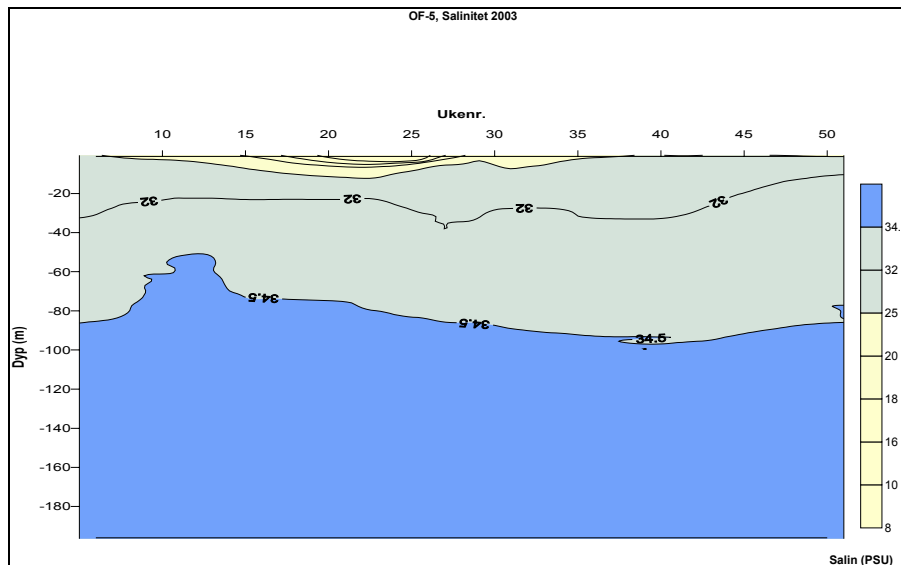
Med vannmassene fra ulike områder tilføres også varierende konsentrasjoner av næringsalter og partikler (uorganisk og organisk materiale).

Salt og temperatur varierer i liten grad under ca. 50 m på stasjonene i hovedfjorden. Overflatevannet viser en variasjon i samsvar med avrenningen fra land med lavest saltholdighet i flomperioden rundt juni (Figur 6-1). Innstrømmingen av atlantisk vann som ble observert fra uke 40 i 2002, fører til høy saltholdighet under 250 – 400 m i første halvdel av 2003. På slutten av året ser man en ny innstrømming av atlantisk vann med saltholdighet over 35 psu.



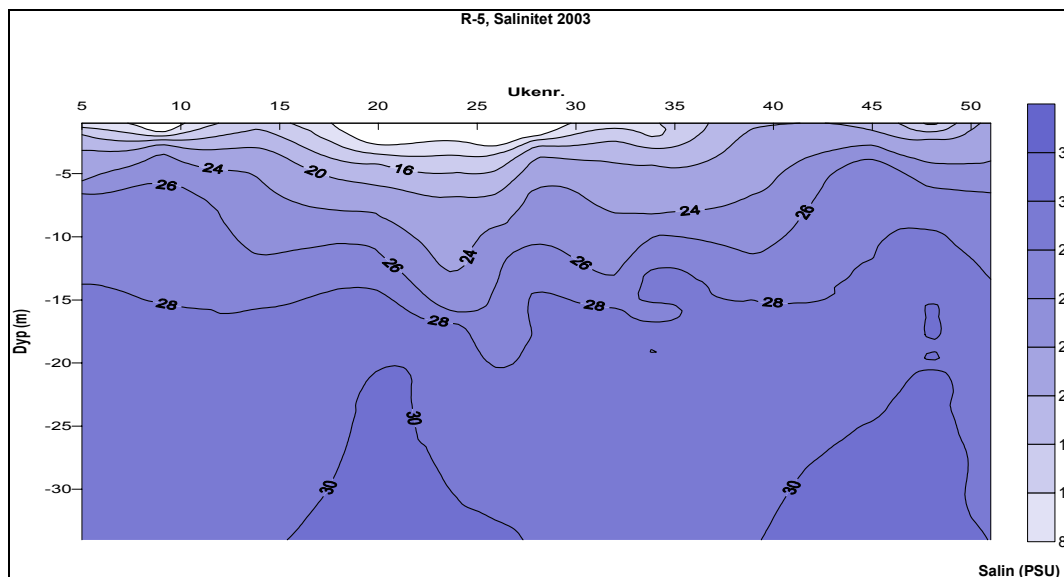
**Figur 6-1** Utviklingen av saltholdighet på stasjon OF-1 gjennom 2003. Horisontal akse angir ukenummer.

Innstrømmingen av atlantisk vann nådde ikke inn til bassenget i Breiangen (Figur 6-2) og det observeres heller ikke noen innstrømming av vann til bassenget i løpet av desember 2003.



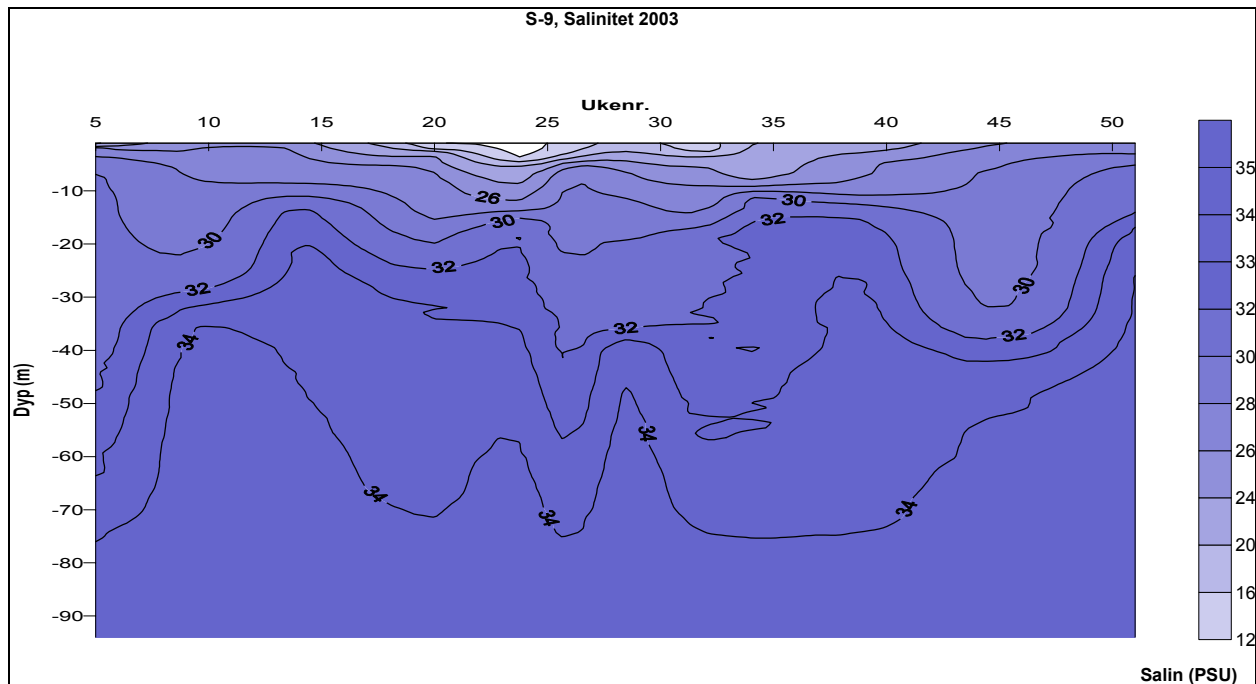
**Figur 6-2** Utviklingen av saltholdighet på stasjon OF-5 gjennom 2003. Horisontal akse angir ukenummer.

I de grunne lokale resipientene varierer saltholdigheten i større grad gjennom hele dypet med en sjiktning som varierer med ferskvannspåvirkningen. Stasjon R-5 (Figur 6-3) har høyere saltholdighet i øvre vannlag sammenlignet med 2002 og 2001. Sjiktningen er imidlertid markert med et brakt overflatelag og bassengvann som skiftes ut relativt hyppig.



**Figur 6-3** Utviklingen av saltholdighet på stasjon R-5 gjennom 2003. Horisontal akse angir ukenummer.

Stasjon S-9 Haslau (Figur 6-4) viser et tilsvarende forløp som på R-5, men større dybde gir noe høyere saltholdighet ved bunnen. Også her er det relativt hyppige vannutskiftninger i løpet av året.



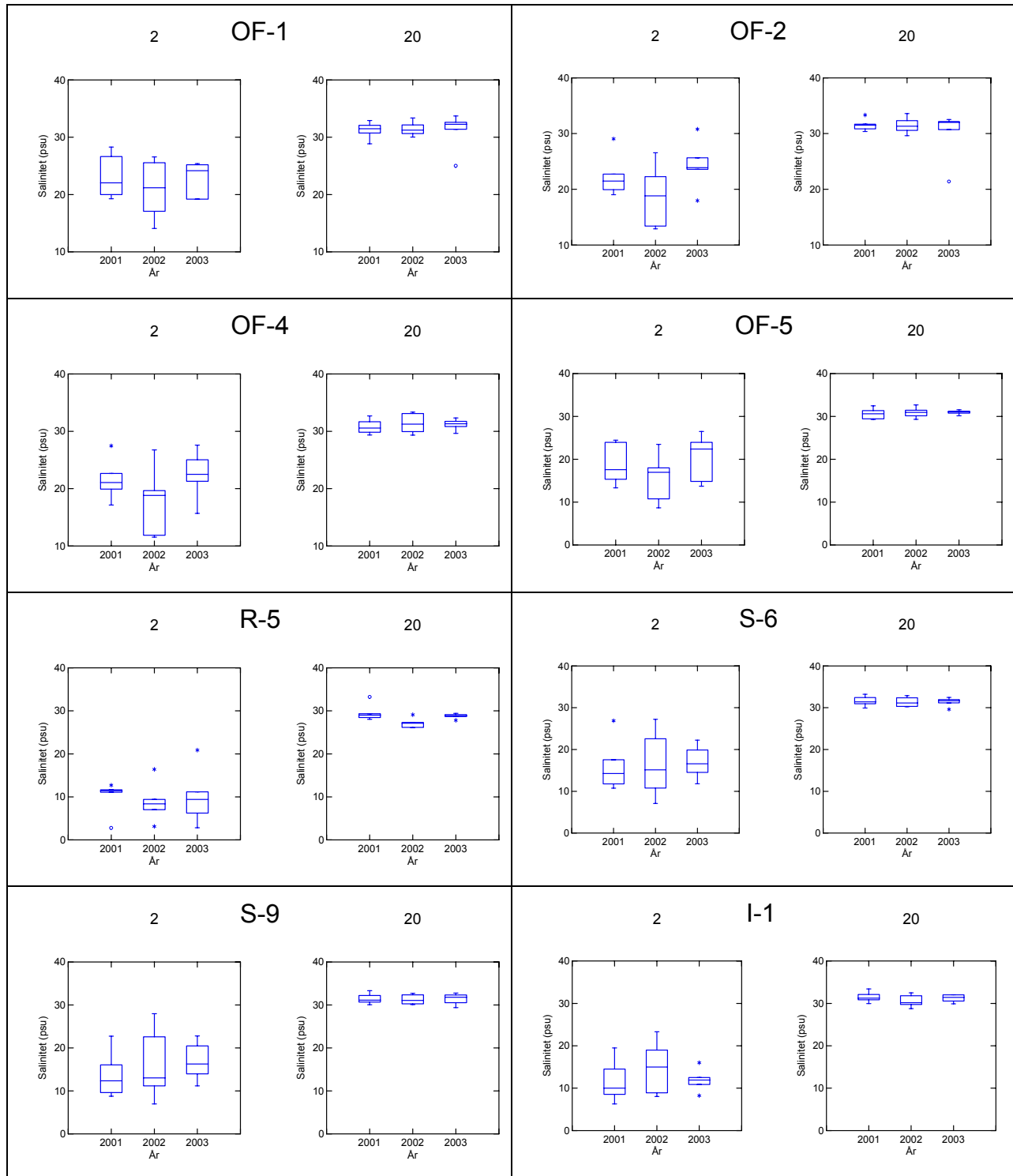
**Figur 6-4** Utviklingen av saltholdighet på stasjon S-9 gjennom 2003. Horisontal akse angir ukenummer.

## 6.2 Saltholdighet alle tre år i prøvedypene 2 og 20 m

Det var betydelig høyere variasjon i saltholdigheten i 2 m dyp i 2002 på de fleste OF-stasjonene sammenlignet med 2001 og 2003. Medianverdien lå også lavere samme år. Sommer 2002 lå medianverdien for saliniteten i 2m dyp noe lavere sammenlignet med 2001 og 2003 på stasjonene i hovedfjorden. Det var også høyere variasjon spesielt på OF-2 og OF-4 (Figur 6-5). Vannføringen i Glomma var betydelig høyere sommer 2002 i forhold til de to andre år (**Error! Reference source not found.**) som kan være årsak til lavere saltholdighet.

Samme tendens kan også observeres på stasjoner i Mossesundet, Vestfold og til dels i Frierfjorden selv om disse ikke er direkte eksponert for ferskvann fra Glomma. Variasjonen er større også på stasjonene som i større grad er direkte påvirket av Glommavann sommer 2002, men medianverdien for saltholdighet ligger til dels høyere på for eksempel I-1 Løperen.

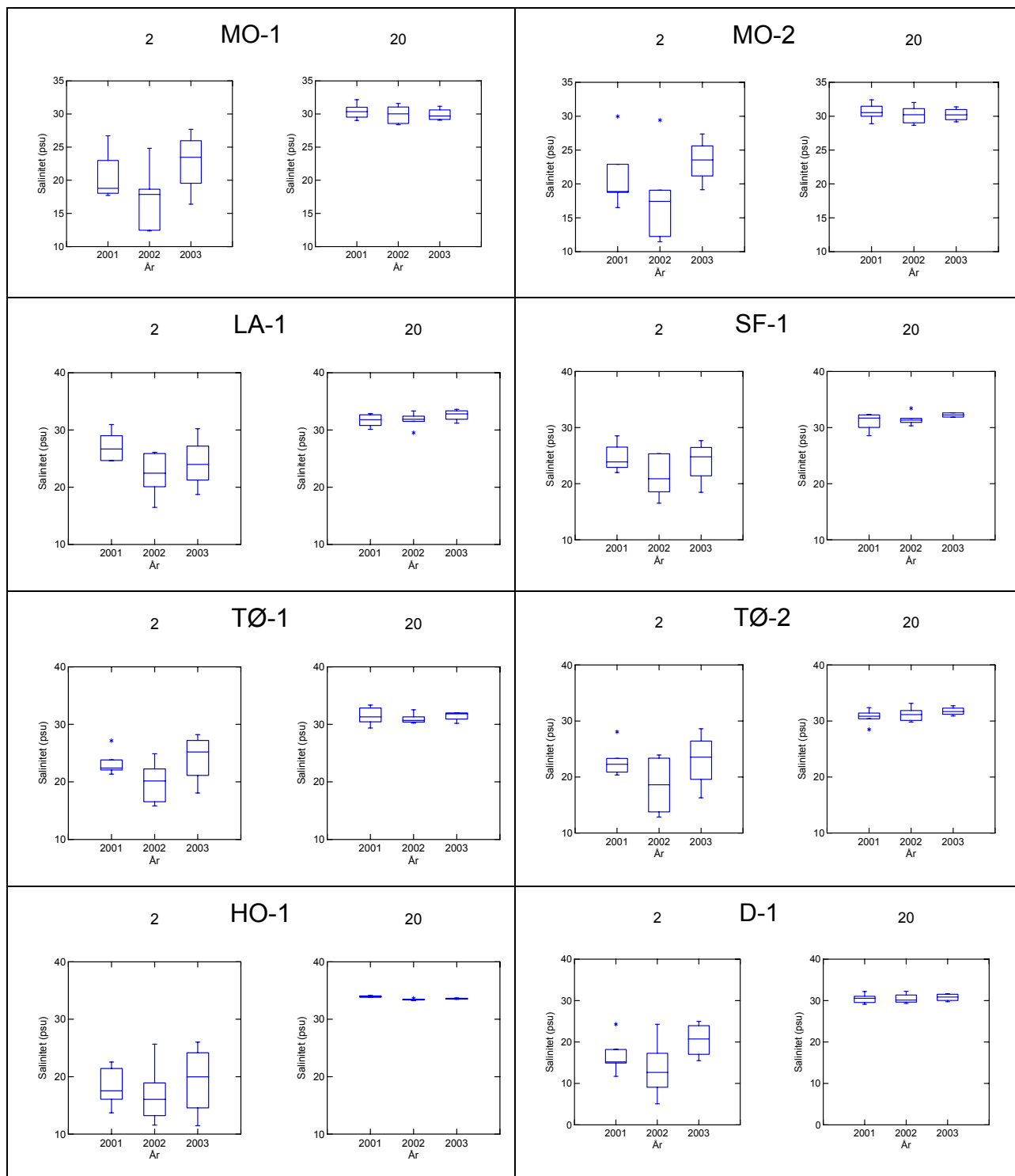
Saltholdigheten i Drammensfjorden i 2 m dyp er normalt svært lav (< 5 psu) med liten variasjon, men sommer 2003 er variasjonen til dels meget stor med enkelt observasjoner på mer enn 20 psu. Dette skyldes sannsynligvis innblanding av vann fra dypere vannlag.



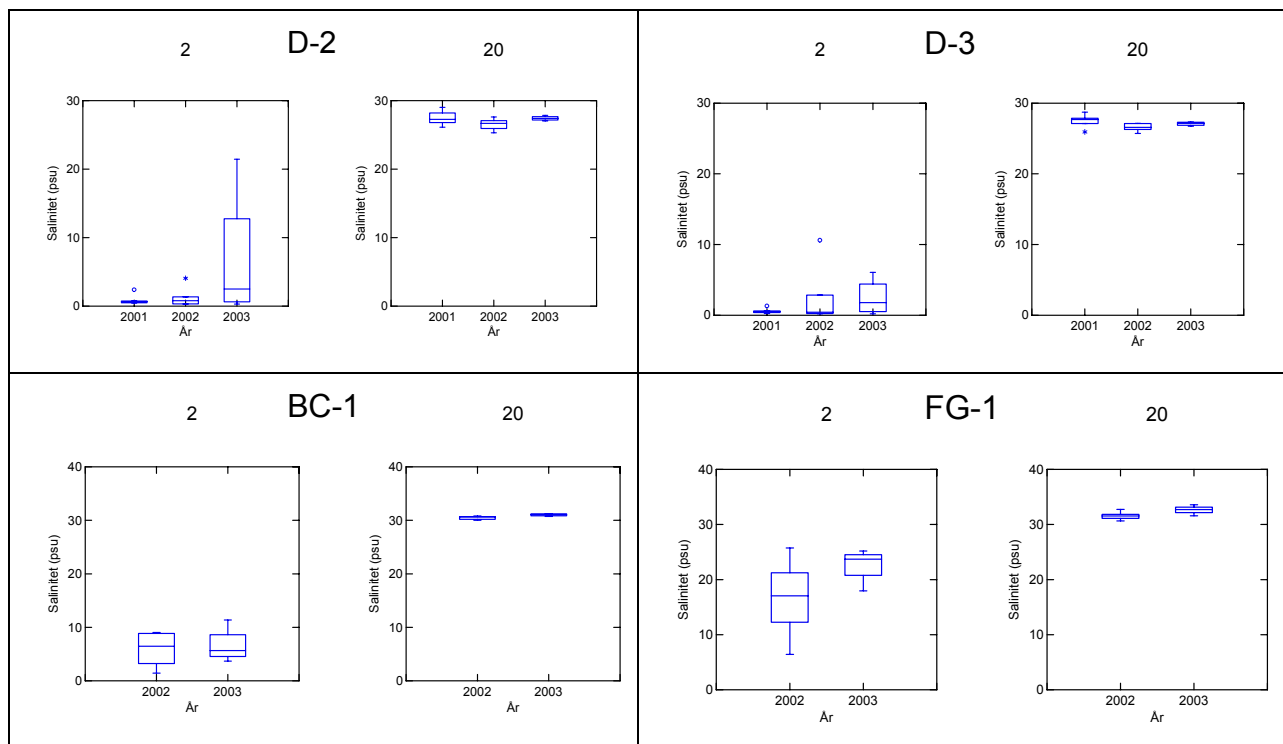
**Figur 6-5 Saltholdigheten på stasjonene i sommersesongen for årene 2001 – 2003 i 2 og 20 m dyp.**



DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 6-5 forts. Saltholdigheten på stasjonene i sommersesongen for årene 2001 – 2003 i 2 og 20 m dyp.



Figur 6-5 forts. Saltholdigheten på stasjonene i sommersesongen for årene 2001 – 2003 i 2 og 20 m dyp.

## 7 OKSYGEN

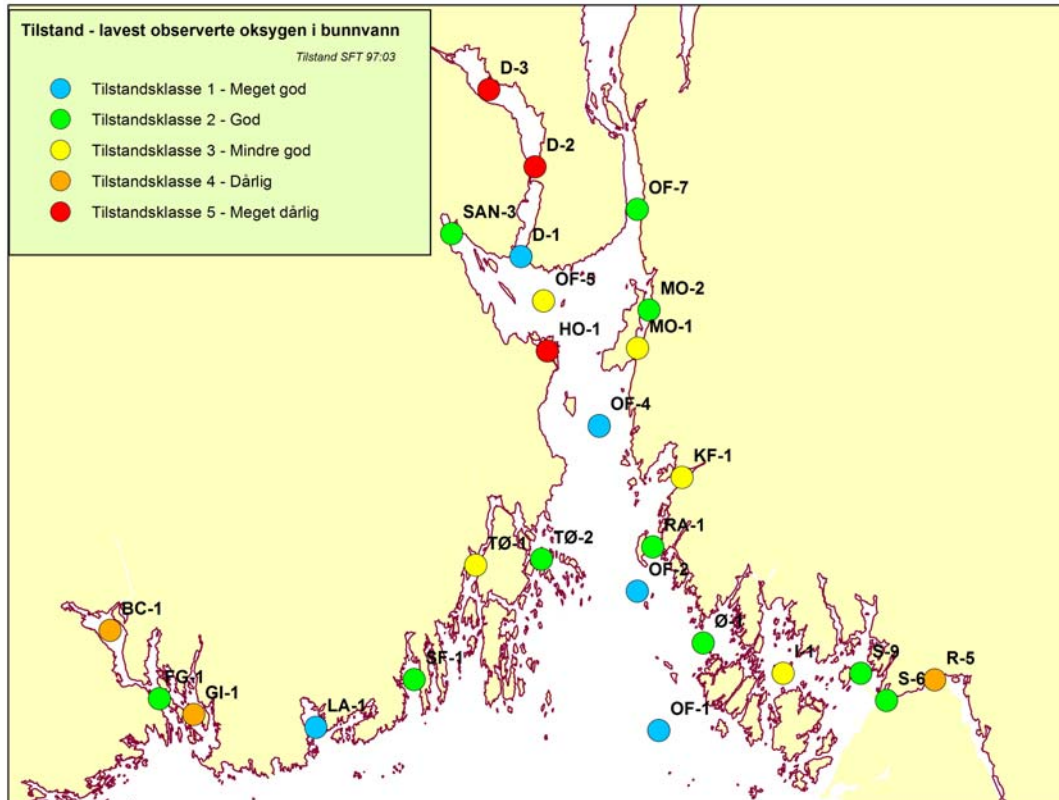
Oksygen tilføres sjøvannet fra atmosfæren og ved fotosyntesen til algene. Innstrømmende vann fra utenforliggende områder kan ha høyere oksygenmetning enn vannet det erstatter. Oksygenet forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Dette kan enten tilføres fra lokale landbasert kilder, ved nedsynking av marint produsert organisk materiale (planktonalger) eller ved organiske partikler som tilføres med vannmassene fra Nordsjøen eller Kattegat/Østersjøen. Lokale tilførsler fra land har økt som følge av økt vannføring de siste 10 år og mengde langtransporterte organiske partikler har økt signifikant de siste 10 årene (NIVA, 2003). I enkelte lokale resipienter som for eksempel Mossesundet og Sandebukta er det store mengder organisk materiale i sedimentet fra eldre tilførsler som medfører et betydelig oksygenforbruk lokalt.

Generelt er forbruksraten en indikasjon på tilførslene av organisk materiale.

Lave oksygenverdier i ytre Oslofjord observeres hovedsakelig ved bunnen i bassengvannet i terskelfjorder og i tilknytning til sprangsjiktet (30 – 50 m dyp) hvor synkende organisk materiale kan akkumulere.

### 7.1 Klassifisering av tilstand av oksygen i dypvann

Kriteriene for oksygen i bunnvann i SFTs veiledning (SFT 97:03) for klassifisering av vannkvalitet ble benyttet som grunnlag for en vurdering av tilstanden på de 26 stasjonene (Figur 7-1).



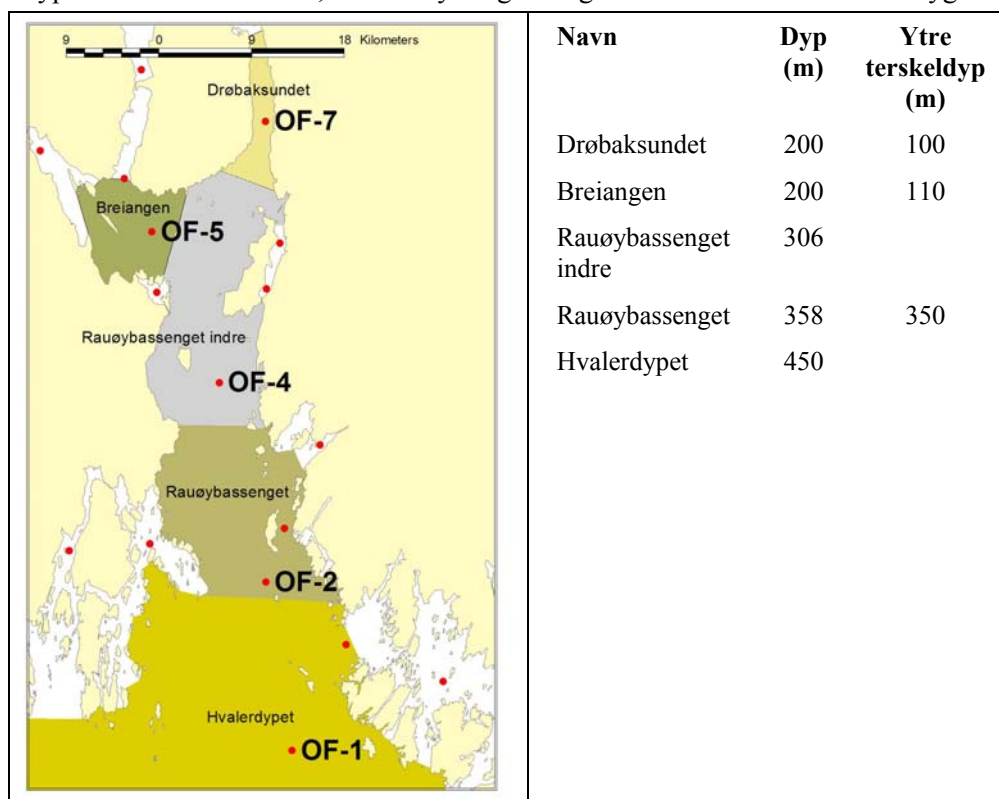
**Figur 7-1 Klassifisering av vannkvalitet på stasjoner i Ytre Oslofjord på grunnlag av lavest observerte oksygenverdi i løpet av toktene 2003.**



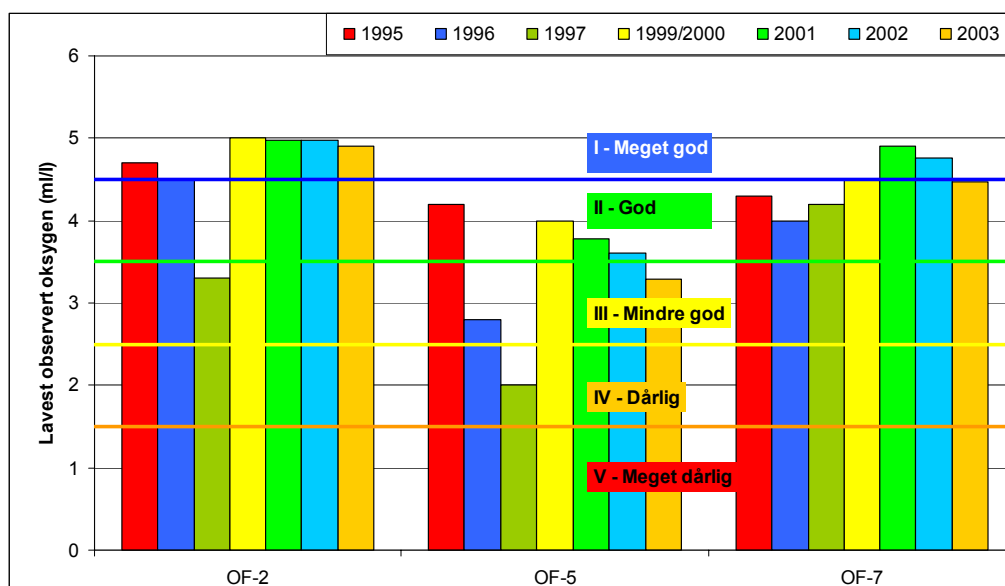
Sammenlignet med tidligere år er det relativt små endringer i observert laveste verdi, men dette har ført til noen endringer i klassifiseringen av tilstand. Dette gjelder R-5 og BC-1 (tilstandsklasse 5 i 2002), S-9 og I-1 (t.kl. 3 i 2002), RA-1 og OF-7 (t.kl. 1 i 2002).

### 7.1.1 Utviklingen i hovedfjorden

Hovedfjorden er delt inn i flere bassenger (Figur 7-2). I alle bassengene er det stagnerende vannmasser med en større utskiftning som skjer vanligvis minimum en gang årlig på høsten/vinteren. I perioder hvor dypvannet ikke skiftes ut, vil nedbrytning av organisk materiale forbruke oksygen.

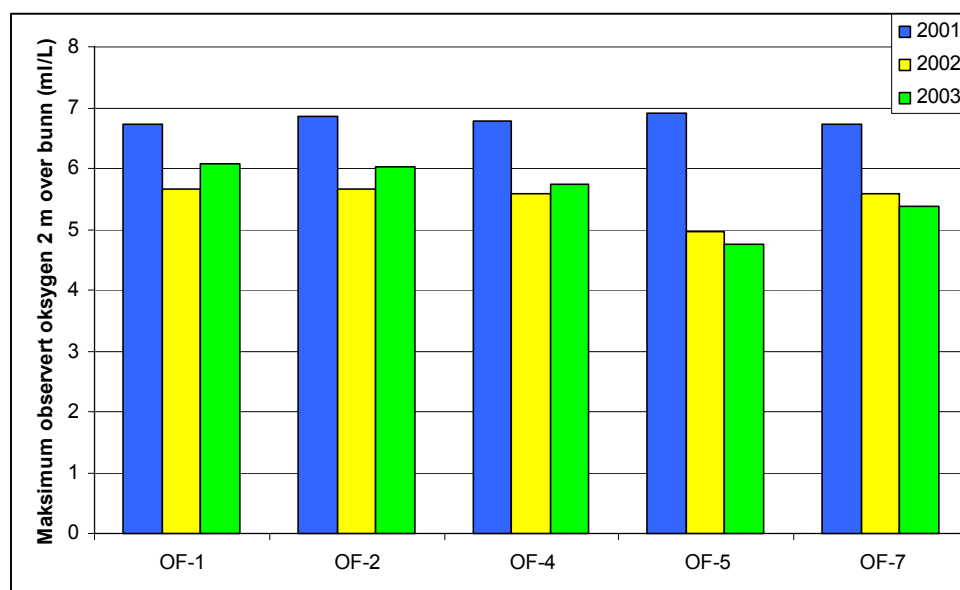


**Figur 7-2 Inndeling av hovedfjorden i bassenger atskilt med terskel med tilhørende stasjoner i bassengdypet**

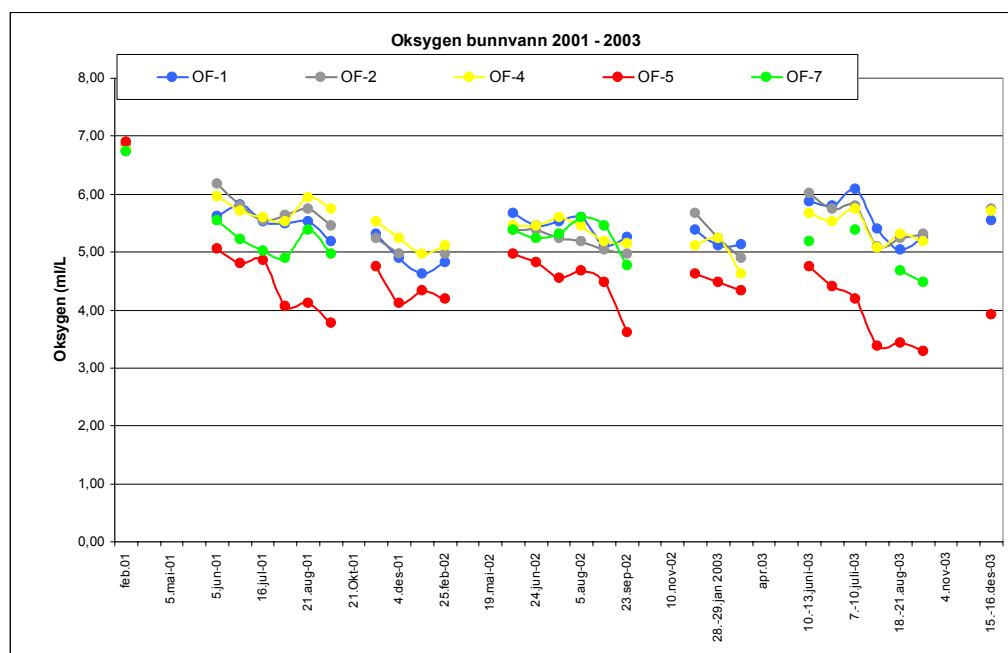


**Figur 7-3 Lavest observerte oksygenivå i dypvannet i tre bassenger i ytre Oslofjord 1995-2003.**

Oksygenivåene i alle bassenger har ligget høyere enn observert minimum i 1997 (Figur 7-3), men det har vært en nedadgående trend i denne prosjektperioden i alle hovedbassengene i hovedfjorden i observasjonsperioden (2001 – 2003). Dette skyldes sannsynligvis at vann som er tilført fra ytre områder (Skagerrak-Nordsjøen) og som erstatter bassengvannet i løpet av vinteren inneholder mindre mengder av oksygen sammenlignet med oksygenrike atlantehavsvannet som hadde strømmet inn vinteren 2000/2001 (Figur 7-4 og Figur 7-5).



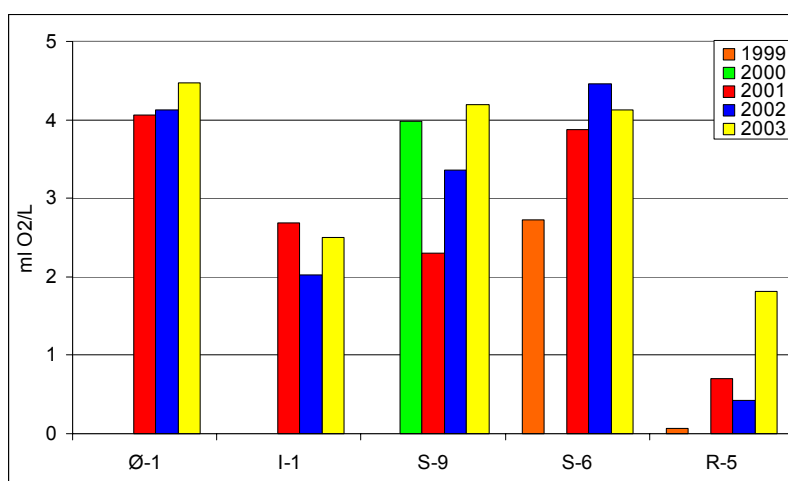
**Figur 7-4 Høyest observerte oksygenivå ved 2 m over bunn**



Figur 7-5 Utviklingen i oksygenivået i bassengene i hovedfjorden 2001 - 2003.

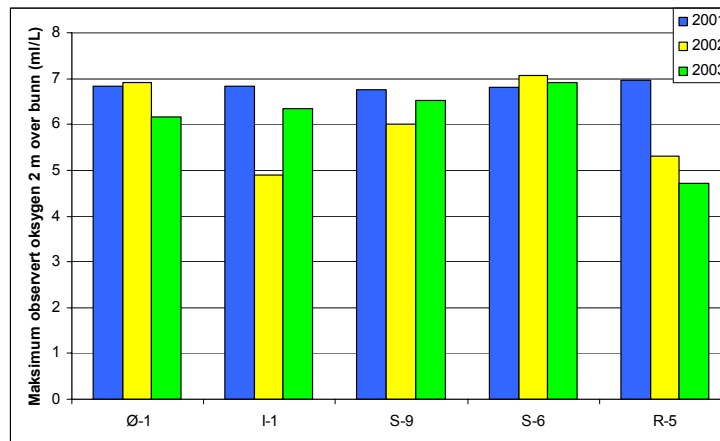
### 7.1.2 Utviklingen i bassengene i Østfold

I de grunnere lokale bassengene er forholdene (Figur 7-6 og Figur 7-7) noe forskjellig sammenlignet med de dype hovedbassengene. Dette skyldes en kombinasjon av terskeldyp, kvalitet på innstrømmende vann og større grad av påvirkning fra lokale tilførsler.



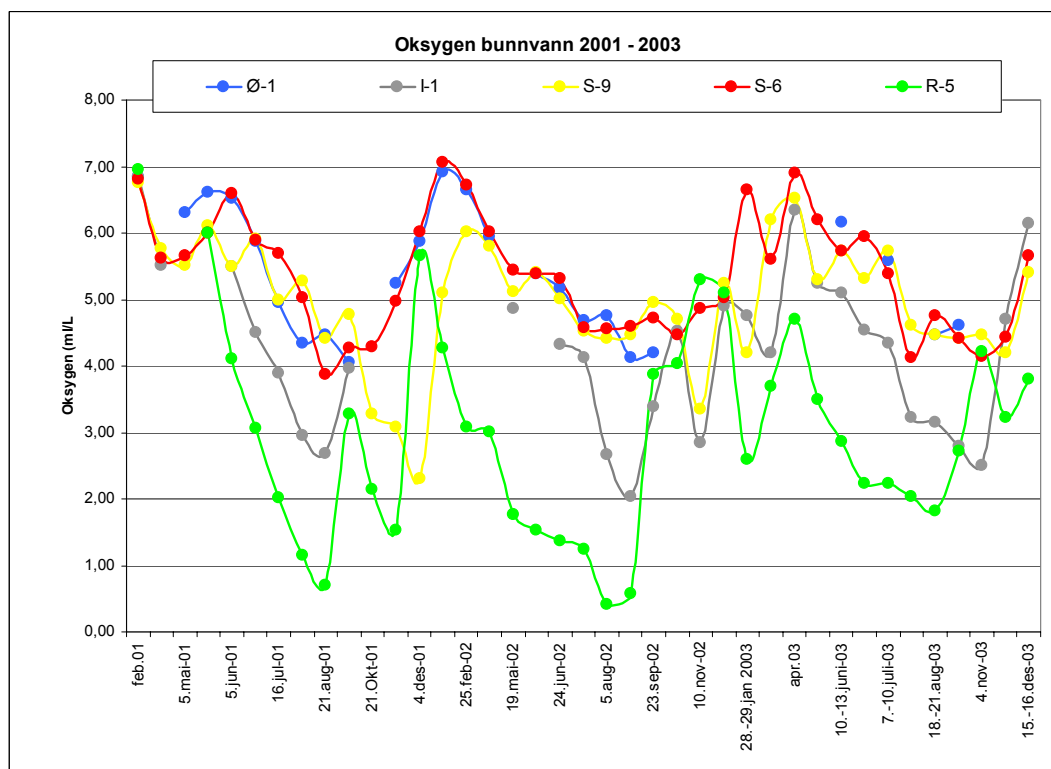
Figur 7-6 Lavest observerte oksygenivå i dypvannet på stasjoner i Hvalerområdet og Ringdalsfjorden i perioden 1999-2003. Data fra 1999 og 2000 hentet fra NIVA (2000, 2001).

Oksygenivået i innstrømmende vann har variert tildel betydelig fra år til år, bortsett fra Ringdalsfjorden (R-5) hvor det har vært en markert nedgang. Terskeldypet her er ca 17 m og bassengdypet knapt 40m. Vannmassene under ca 10 m er Skagerrak kystvann gjennom hele året.



**Figur 7-7 Høyest observerte oksygenivå 2 m over bunn gjennom hele året i Hvalerområdet**

I hovedbassengene skjer innstrømmingen av vann til bassengene en gang i løpet av senhøst – vinter. I de lokale bassengene med grunnere terskel kan det skje flere utskiftninger i løpet av året. Spesielt kan man observere dette ti Ringdalsfjorden (R-5) (**Error! Reference source not found.**).

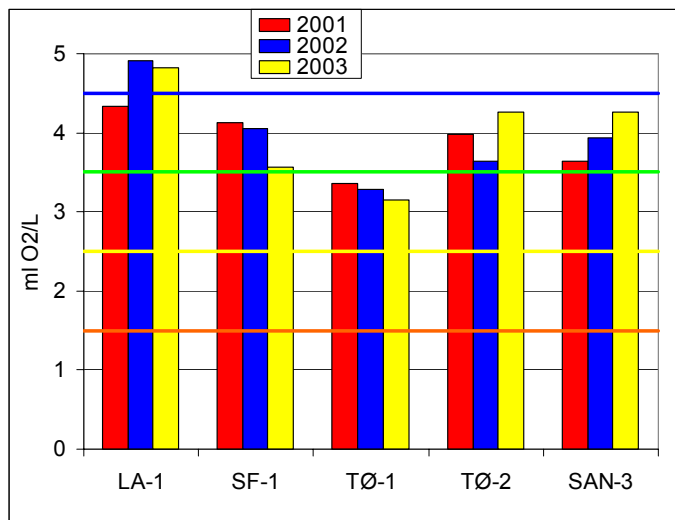


**Figur 7-8 Oksygenutviklingen i dypvannet i Hvalerområdet 2001 – 2003**

Mossesundet er det eneste større bassenget i Østfold utenom Hvaler. I 2001 hadde de to stasjonene MO-1 og MO-2 relativt lik utvikling i dypvannet. I 2002 lå nivået på den dypeste og ytterste stasjonen MO-2 betydelig over MO-1 som ligger like ved munningen til Mosseelva og treforedlingsbedriften Peterson. Oksygenivået på den innerste stasjonen er sterkt preget av store mengder treflis i sedimentet fra historiske utslipp. Stasjonen KF-1 ligger langt inne i den grunne Krokstadfjorden og påvirkes av lokale utslipp.

### 7.1.3 Utviklingen i bassengene i Vestfold

Av stasjonene i Vestfold er det bare Vestfjorden (TØ-1) og Hvalø (TØ-2) som ligger i terskelbassenger (Figur 7-9). Sandefjordsfjorden og Vestfjorden ved Tønsberg viser samme synkende tendens gjennom perioden som bassengene i hovedfjorden, mens de øvrige viser varierende forhold de tre årene.



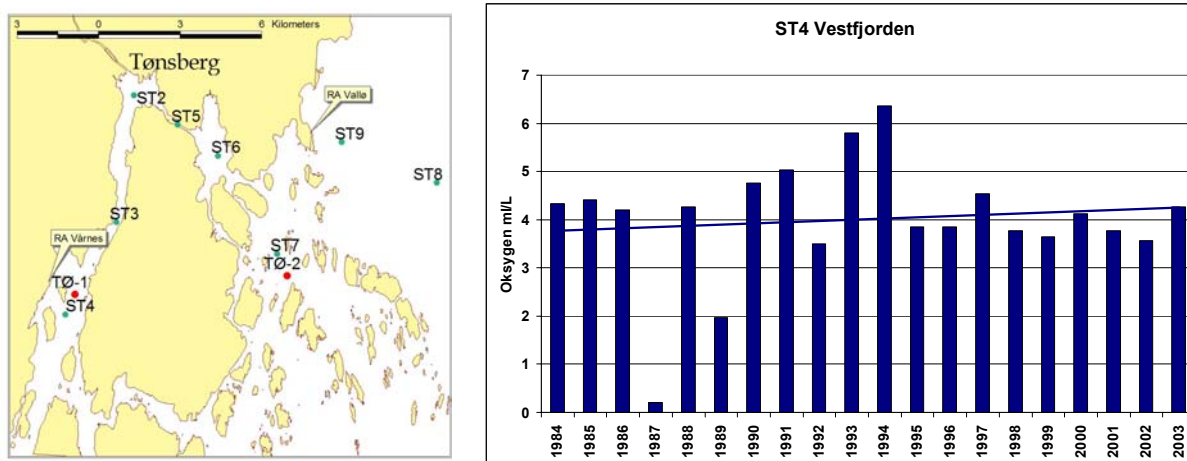
Figur 7-9 Oksygenivået i bunnvannet på stasjoner i sørlige Vestfold

Larviksfjorden er en åpen fjord uten markerte terskler og i tidligere mer detaljerte undersøkelser er det funnet tilfredsstillende oksygenforhold bortsett fra i indre område. Stasjon LA-1 ligger utenfor dette området.

Sandefjordsfjorden har heller ingen markerte terskler. Det er en innsnevring ved Tranga relativt langt inne i fjorden. I indre havnebasseng innenfor Tranga har det i tidligere undersøkelser (1997 – 1998) vært observert lave minimumsverdier av oksygen, mens tilstanden lenger ute i fjorden ved stasjon SF-1 (stasjon 4 i tidligere undersøkelse) har vært karakterisert som II-God til III Mindre god (NIVA, 1998). Dette tilsvarer tilstandsklassifiseringen i denne undersøkelsen. Lavest observerte verdi i 1997 var 3,4 ml/L (20. oktober), mens verdien i september (tilsvarende tidspunkt som i disse undersøkelsene) var 4,1 ml/L. Til sammenligning ligger verdien i 2001 (august) og 2002 (september) nær 4,1, mens den i 2003 (august) var 3,6 ml/L.

Vestfjorden ved Tønsberg (TØ-1) er en terskelfjord med største dyp (46 m) ved stasjon TØ-1. Fjorden er lang og smal med flere innsnevringar slik at vannutskiftningen er begrenset i hele vannsøylen. Det har vært en fallende trend i lavest observerte oksygenverdi i treårsperioden i likhet med stasjonene i hovedfjorden.

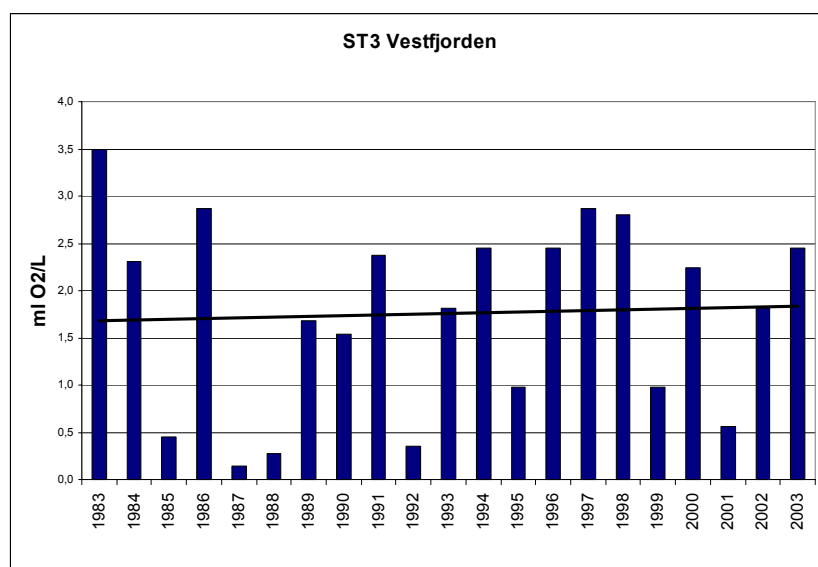
Tønsberg Avløpsutvalg (TAU) har gjennomført ukentlig prøvetaking med analyse av næringssalter, oksygen og bakterier fra et varierende antall stasjoner i juni og juli i en 30-års periode (Figur 7-10).



**Figur 7-10 Lavest observerte oksygenverdi i juni – juli på stasjon 4 i Vestfjorden (like ved stasjon TØ-1) ved Tønsberg (data fra TAU)**

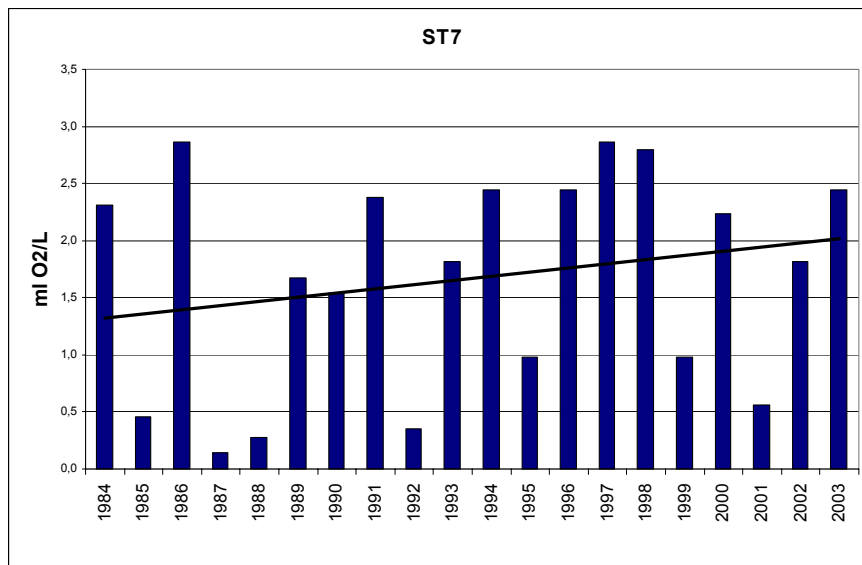
Lavest observerte oksygenverdi i sommermånedene har variert betydelig med tilnærmet anoksiske forhold i 1987. Oksygenforholdene ved bunnen er vanligvis lavest i denne typen områder senere på høsten eller tidlig vinter, og verdiene presentert her representerer derfor ikke laveste verdi for året.

Trendlinjen antyder at det ikke er noen klar endring i perioden. Bassenget hvor stasjon 4 ligger er direkte belastet med utslipp fra et renseanlegg. De største tilførslene til området kommer imidlertid fra Aulielva med utløp innenfor Tønsberg. Tilstanden på stasjon 3 nærmere utløpet av elva er betydelig dårligere med flere år hvor tilstanden har vært V-Meget dårlig (lavere enn 1,5 ml/L) (Figur 7-11). Generelt er tilstanden til ST4 basert på lavest observerte oksygenverdi 2 m over bunnen II God til I Meget god, mens tilstanden til ST3 er IV-Dårlig til V-Meget dårlig.



**Figur 7-11 Lavest observerte oksygenverdi i juni – juli på stasjon 3 i Vestfjorden ved Tønsberg (data fra TAU)**

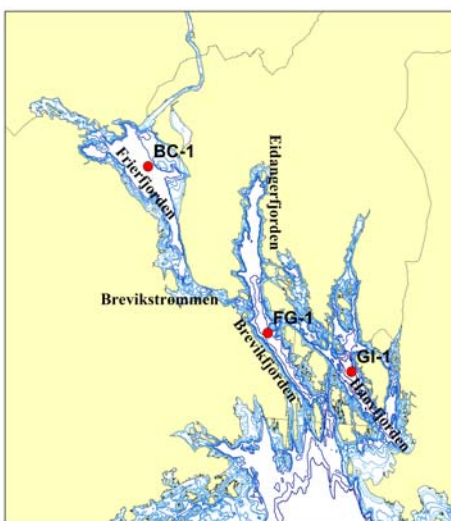
Skjærgårdsområdet utenfor Nøtterøy og innenfor Bolærne er preget av kuperte bunnforhold og en rekke mindre bassenger eller andre områder hvor vannutsiftningen kan være begrenset som følge av topografiske forhold. Stasjon TØ-2 viser noe varierende forhold, mens tilstanden har vært klassifisert som II God alle tre år. Forholdene på den nærliggende stasjonen ST7 i TAU-undersøkelsene har vært noe dårligere med tilstanden varierende mellom III-Mindre god til V-Meget dårlig



**Figur 7-12 Lavest observerte oksygenverdi i juni – juli på stasjon 7 utenfor Nøtterøy (data fra TAU)**

I dette området synes det å være en klarere positiv utvikling med hensyn til oksygenforholdene i bunnvannet sammenlignet med Vestfjorden.

#### 7.1.4 Grenlandsfjordene

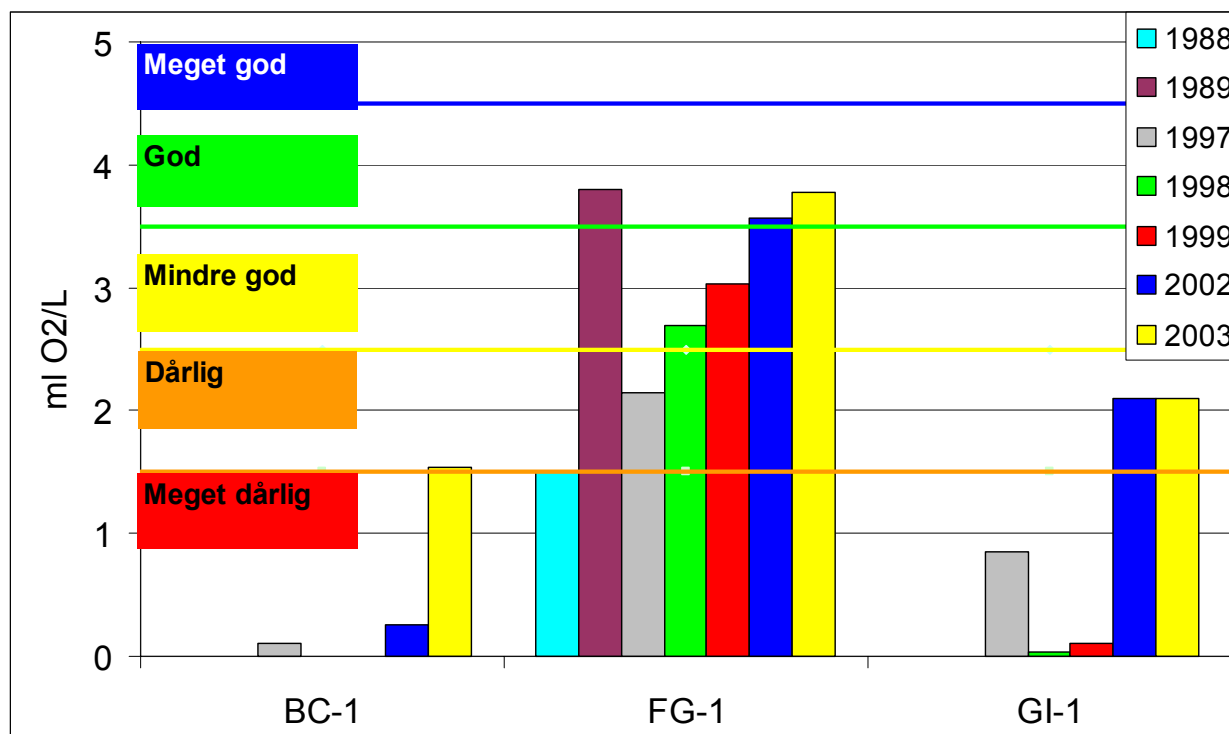


**Figur 7-13 Grenlandsområdet**

Området er inndelt i en rekke bassenger (Figur 7-13). Topografien er detaljert beskrevet i tidligere rapporter (NIVA, 1979) og bare en kort beskrivelse er gitt her. Stasjon BC-1 er plassert i største dyp (ca. 98m) i Frierfjorden som har en terskel i den smale Brevikstrømmen med største dyp ca. 23m. Utenfor terskelen ligger Brevikfjorden med Eidangerfjorden innenfor. Disse har en terskel mot kystvannet på ca. 55 m. Stasjon FG-1 ligger i det dypeste området (ca. 106m). Håøyfjorden har et største dyp på ca. 200 m og en terskel mot Langesundsbukta på ca 30 m.

NIVA (1999) rapporterte om klart bedre oksygenforhold i Frierfjorden (BC-1) sammenlignet med data fra 1970-årene. I målinger fortatt 1998 og 1999 var det en langvarig stagnasjonsperiode som igjen førte til utvikling av hydrogen sulfid i bassengvannet. I 2002 og 2003 er det en markert bedring med minst en vannutsiftning hvert av årene.

Resultatene fra 2002 og 2003 støtter opp om konklusjonene i de tidligere undersøkelsene og kan tyde på en ytterligere bedring (Figur 7-14).

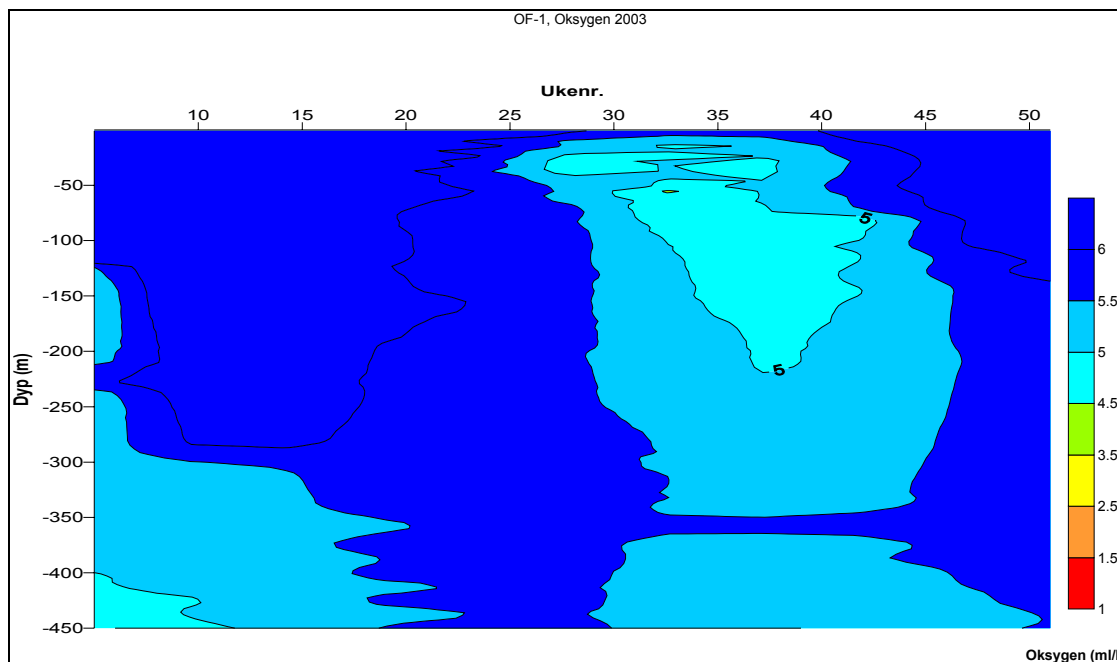


**Figur 7-14 Lavest observerte oksygenivå i dypvannet på stasjoner i Frierfjorden – Langesundområdet 1998-2003. Data fra 1998 og 1999 fra NIVA (2000).**

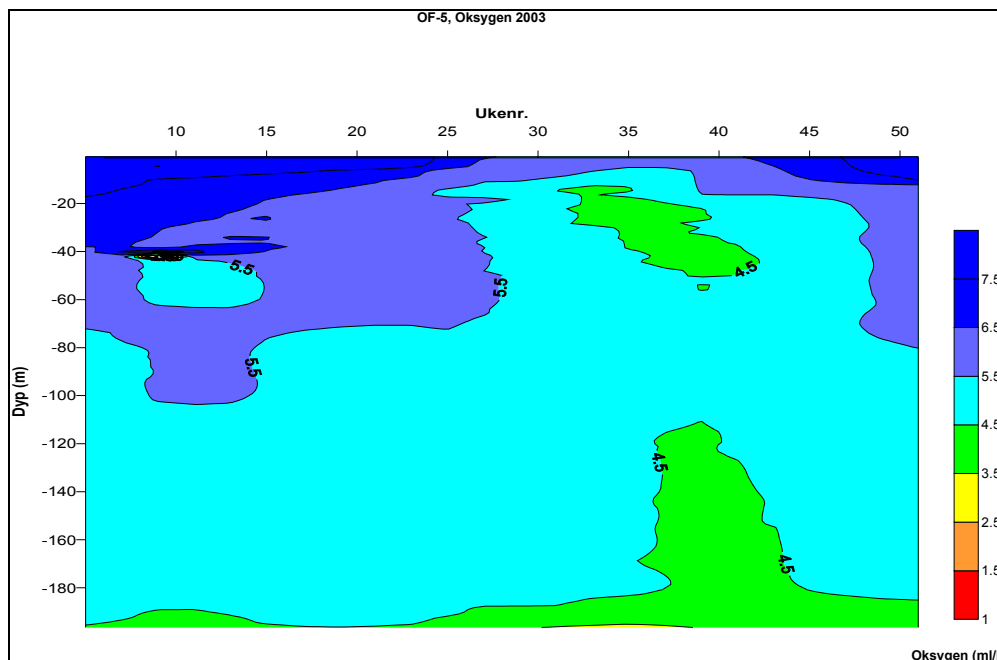
## 7.2 Oksygen i vannsøylen

Organisk materiale som synker nedover i vannmassene, vil i perioder med sterk tetthetssjiktning kunne akkumulere i disse sjiktene. Ved nedbrytning forbrukes oksygen og dette gir et oksygenminimum som ofte ligger rundt 20 – 50 m i ytre Oslofjord. Dette observeres både i de lokale resipientene og i hovedfjorden. Minimumet er mest markert på sensommeren – høsten etter oppblomstringen av planktonalger (Figur 7-15 og Figur 7-16) og på stasjoner med stor lokal påvirkning. I hovedfjorden er dette minimumet mest markert på stasjon OF-5 og OF-7 (se Figur 7-15, Figur 7-16 og Figur 7-17) med en økende trend innover fjorden.

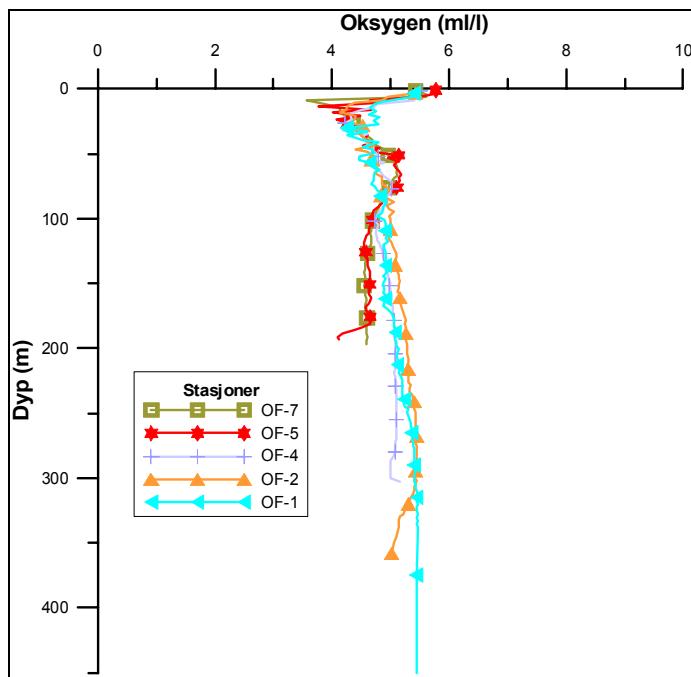




Figur 7-15 Isoplott av oksygenforholdene på stasjon OF-1 gjennom 2003. Horizontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i *I Meget god* (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en inndeling.

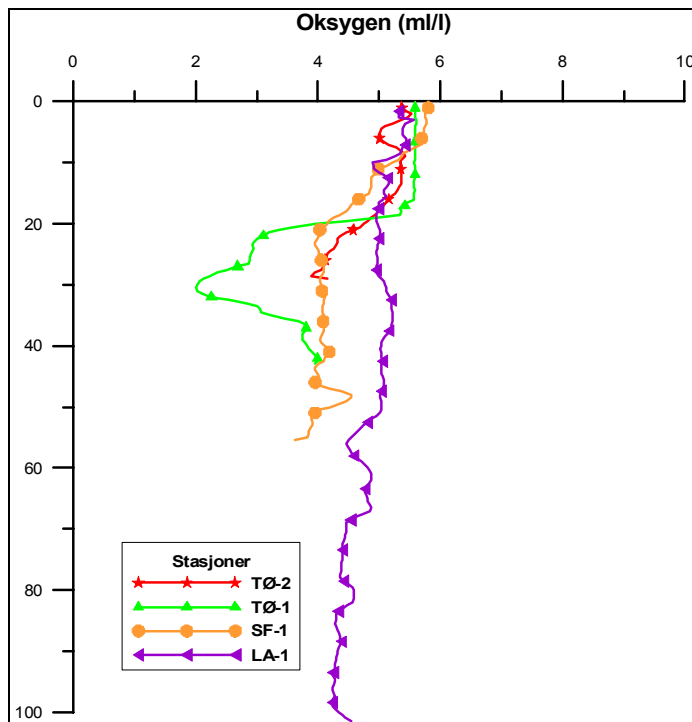


Figur 7-16 Isoplott av oksygenforholdene på stasjon OF-5 gjennom 2003. Horizontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i *I Meget god* (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en inndeling.



Figur 7-17 Oksygenprofil på stasjoner i Vestfold august 2003.

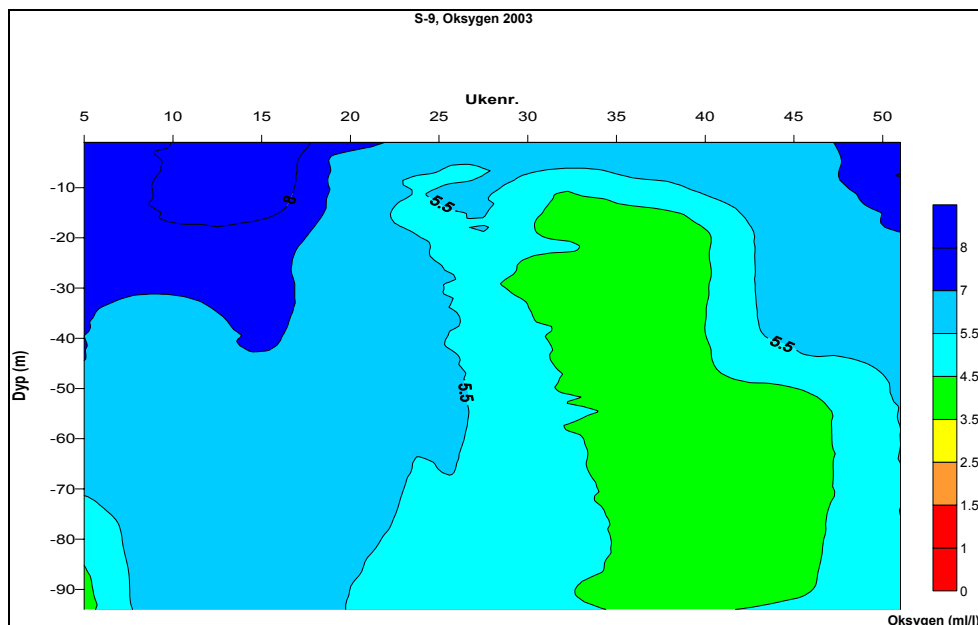
Oksygenivået i dette sjiktet kan i perioder ligge lavere enn nivået i terskelbassengene slik som stasjon TØ-1 september 2002 (Figur 7-18). Dette kan tyde på store lokale tilførsler av organisk materiale.



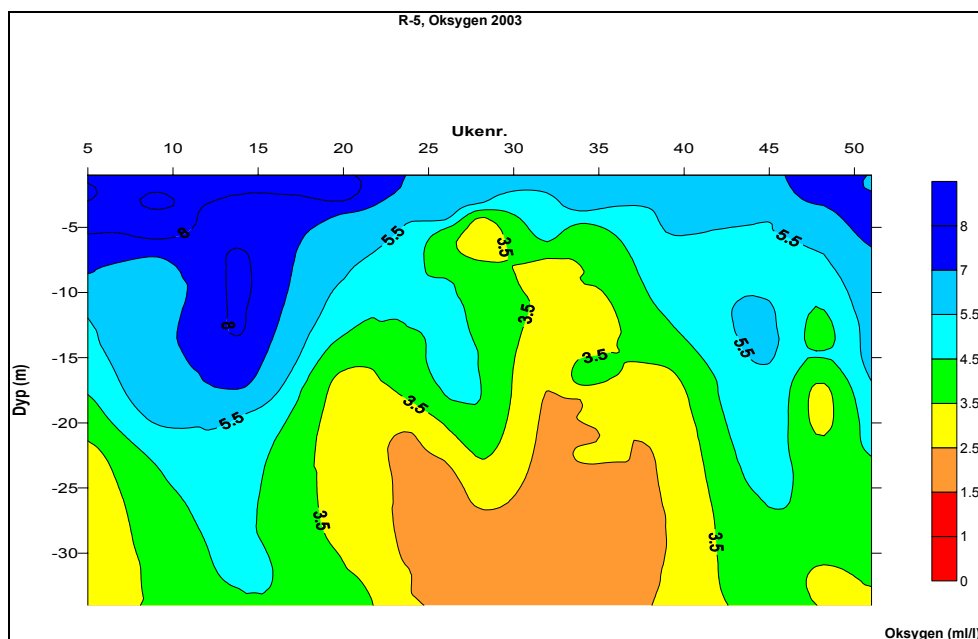
Figur 7-18 Oksygenprofil på stasjoner i Vestfold september 2003.



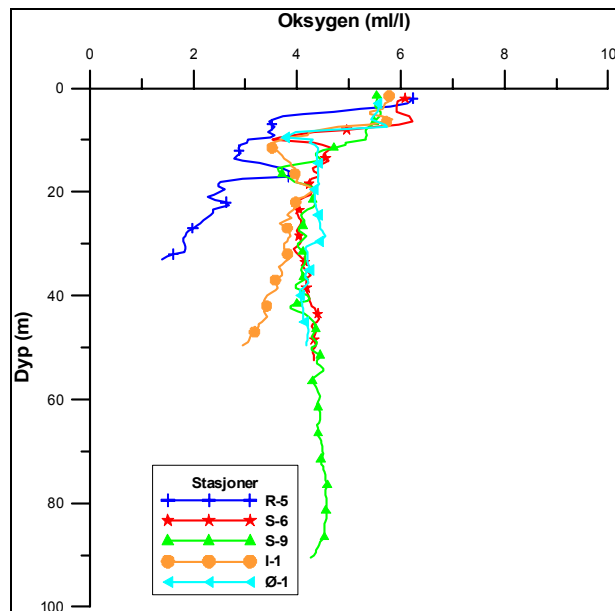
I flere lokale resipienter finner man ikke et slikt minimum eller bare en svak tendens med generelt jevnt synkende verdi nedover i vannsøylen (Figur 7-19/figur 7-20)



**Figur 7-19** Isoplott av oksygenforholdene på stasjon S-9 gjennom 2003. Horisontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i *I Meget god* (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en inndeling.



**Figur 7-20** Isoplott av oksygenforholdene på stasjon R-5 gjennom 2003. Horisontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i *I Meget god* (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en inndeling.



Figur 7-21 Oksygenprofil på stasjoner i Hvalerområdet august 2003.

### 7.3 Foreløpige konklusjoner – oksygen

På grunn av en større vannutskiftning i løpet av vinteren 2000/2001 var oksygenivået ensartet og høyt i hele vannsøylen i størstedelen av området februar 2001. En tilsvarende situasjon hadde vi ikke i 2002 og 2003. Oksygenivået i vannet som strømmet inn i bassengene i hovedfjorden de to neste årene har ligget til dels betydelig under nivået fra vinteren 2000/2001. Redusert tilstandsklassifisering basert på oksygenforholdene i bunnvannet skyldes derfor ikke lokale belastningsforhold.

Tilstanden i bunnvannet i Ytre Oslofjord basert på oksygenivået i løpet av undersøkelsesperioden kan generelt karakteriseres som I-*Meget god* til II-*God* i henhold til SFTs tilstandsklasser. I lokale resipienter som Mossesundet, Hvalerområdet, Tønsbergfjorden og Krokstadfjorden observeres redusert nivå tilsvarende tilstandsklasse *Mindre god* til *Dårlig*. Anoksiske bassenger var Drammensfjorden og Horten. Det ble ikke observert anoksiske forhold i Ringdalsfjorden i 2003.

I indre deler av hovedfjorden (Breadangen) og i lokale resipienter som Sandebukta og Mossesundet observeres et oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet. I åpne lokale resipienter som Vestfjorden ved Tønsberg kan dette oksygenivået være lavere enn nivået nær bunnen og tilsvarer SFT tilstandsklasse III-*Mindre god* til IV-*Dårlig*.

## 8 NÆRINGSSALTER

Medianverdien til observerte næringssaltkonsentrasjoner i henholdsvis vinter- og sommerperioden er benyttet til å klassifisere tilstanden til stasjonene i henhold til SFTs veiledning 97:03 (Tabell 8-1). Grunnlaget er observasjoner fra vinter (desember 2002, januar og februar 2003) og sommer (fire til seks tokt i juni – september).

**Tabell 8-1 Klassifisering av medianverdier fra 2 m dyp for vinter og sommersesongen 2002 i henhold til SFT 97:03. Klassifiseringen er i henhold til salinitet på stasjonen. For klorofyll er det benyttet en klassifisering i henhold til kriterier for sjøvann også når  $psu < 20$ .**

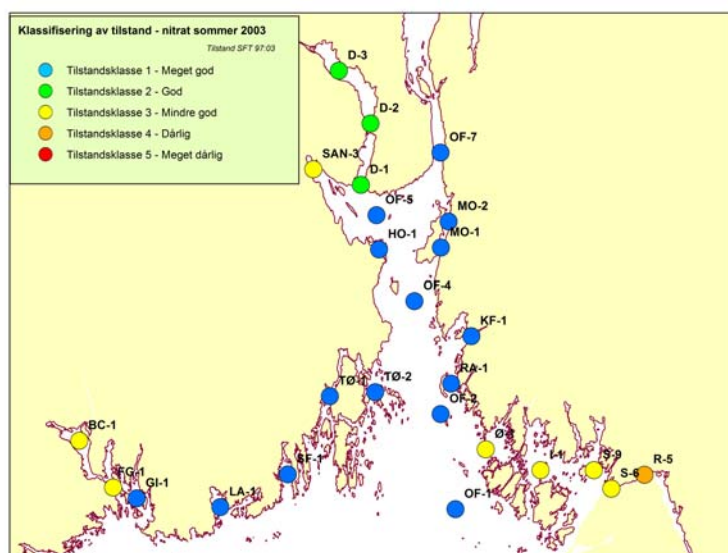
Stasjon	SFT tilstandsklasser					Klorofyll-a ( $\mu\text{g/l}$ )	Siktedyp (m)	Sesong
	I - Meget god	II - God	III - Mindre god	IV - Dårlig	V - Meget dårlig			
	Nitrat/ Nitritt ( $\mu\text{g N/l}$ )	Fosfat ( $\mu\text{g P/l}$ )	Ammonium ( $\mu\text{g N/l}$ )	Tot-P ( $\mu\text{g P/l}$ )	Tot-N ( $\mu\text{g N/l}$ )			
OF-1	116	15	11	21	315	0,9	9	Vinter
	5,5	3,9	9	16	251	1,8	5,5	Sommer
OF-2	117	12	10	20	308	1	9	Vinter
	4,9	3,9	6,5	11	234	1,9	5,5	Sommer
OF-4	106	12	11	18	277	0,9	11	Vinter
	5	4	6	12	247	2	6	Sommer
OF-5	117	11	15	19	320	0,9	11	Vinter
	8	3,9	8,5	12	244	1,9	5,5	Sommer
S-6	88	12	15	27	362	0,9	6,3	Vinter
	58	3,9	12	19	378	5,1	3	Sommer
S-9	124	12	27	18	291	0,9	4	Vinter
	29	3,9	10	13	309	3,9	3,5	Sommer
R-5	277	6	47	16	601	0,9	2,3	Vinter
	202	3,9	32	16,5	571	3,6	2,0	Sommer
Ø-1	28	3,9	12,5	13	288	1,7	4,5	Sommer
I-1	116	8	28	22	405	0,9	4	Vinter
	106	3,9	17	13,5	358	2,4	2,8	Sommer
KF-1	9	3,9	15	17,5	258	4,6	2,3	Sommer
RA-1	6	3,9	7,5	12	231	2,1	5,3	Sommer
MO-1	4,9	3,9	14,5	17	247	2,7	3,5	Sommer
MO-2	4,9	3,9	9	14	221	2,7	5,8	Sommer
LA-1	6,5	3,9	9,5	12	225	1,4	6	Sommer
SF-1	4,9	3,9	5,5	14,5	244	1,2	6,3	Sommer
TØ-1	4,9	3,9	8	21	357	1,7	4	Sommer

Stasjon	SFT tilstandsklasser					Klorofyll-a (µg/l)	Siktedyp (m)	Sesong
	I - Meget god	II - God	III - Mindre god	IV - Dårlig	V - Meget dårlig			
	Nitrat/ Nitritt (µg N/l)	Fosfat (µg P/l)	Ammonium (µg N/l)	Tot-P (µg P/l)	Tot-N (µg N/l)			
TØ-2	4,9	3,9	15,5	15,5	244	1,3	7	Sommer
HO-1	11	3,9	26	15,5	275	3,7	4	Sommer
D-1	12	3,9	8	17,5	241	3,0	5,3	Sommer
D-2	131	3,9	15,5	13	370	3,2	3,8	Sommer
D-3	166	3,9	17,5	11	381	2,0	3	Sommer
BC-1	213	3,9	49,5	15	477	4,0	3,5	Sommer
FG-1	49	3,9	24,5	15	324	3,7	5	Sommer
GI-1	8,5	3,9	10	12	238	2,6	6	Sommer
OF-7	7	3,9	13,5	16,5	251	2,5	7	Sommer
SAN-3	25	4	12	17	278	3	4	Sommer

Den geografiske fordelingen av tilstandsklasser er presentert i noe mer detalj i de følgende kapitlene.

## 8.1 Nitrat

Tilstandsvurderingen basert på nitratverdiene i sommerperioden (Figur 8-1) viser at langt flere stasjoner faller inn under tilstandsklasse I Meget god i 2003 sammenlignet med tidligere år og spesielt i forhold til 2002.



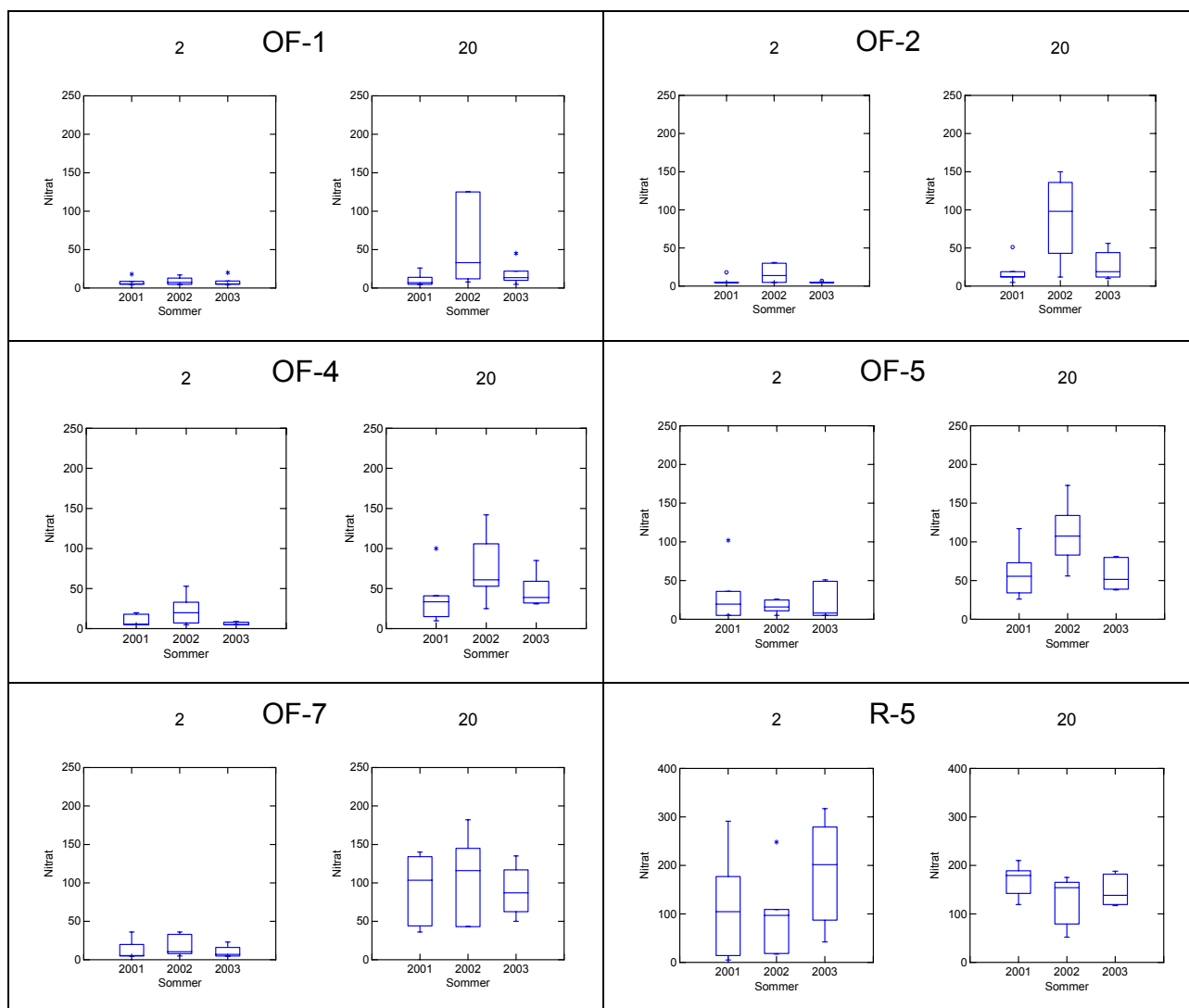
**Figur 8-1** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av nitrat fra fire til seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen 2003 (juni-september)



## DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

Bare stasjoner påvirket av større ferskvannsavrenning har betydelige konsentrasjoner av nitrat i 2 m dyp om sommeren. På de fleste stasjoner som ikke er direkte ferskvannspåvirket ligger nitratkonsentrasjonen under eller like ved deteksjonsgrensen for analysen (Figur 8-2). I 2002 lå konsentrasjonen i 2 m dyp markert over både 2001 og 2003 på flere av disse stasjonene (OF-2, OF-4, OF-7). På typiske ferskvannspåvirkede stasjoner som Ringdalsfjorden (R-5) og andre varierer nitratkonsentrasjonene i forhold til ferskvannsavrenningen. På stasjoner med betydelig ferskvannsavrenning som R-5, D-2 og D-3 er det en nedadgående trend gjennom hele perioden.

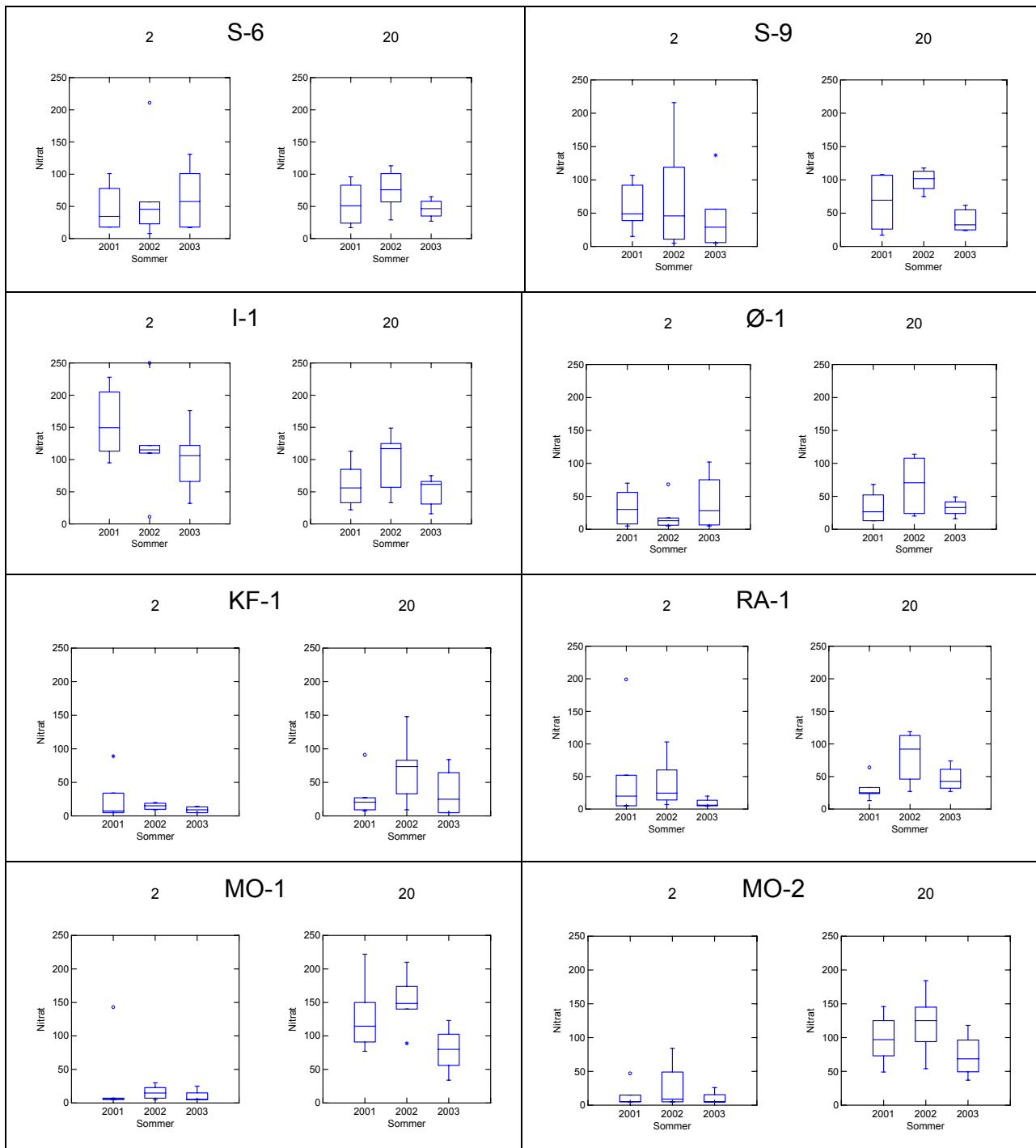
I 20 m dyp ligger nitratkonsentrasjonen i 2002 betydelig over de øvrige år på flere stasjoner både i hovedfjorden, i Østfold og i Vestfold.



**Figur 8-2** Boksplott av nitratkonsentrasjonen i 2 og 20m dyp på stasjoner i ytre Oslofjord for tre sommersesonger. Horizontal linjer er medianen, boks tilsvare kvartil, mens vertikal linje markerer data utstrekning.



DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

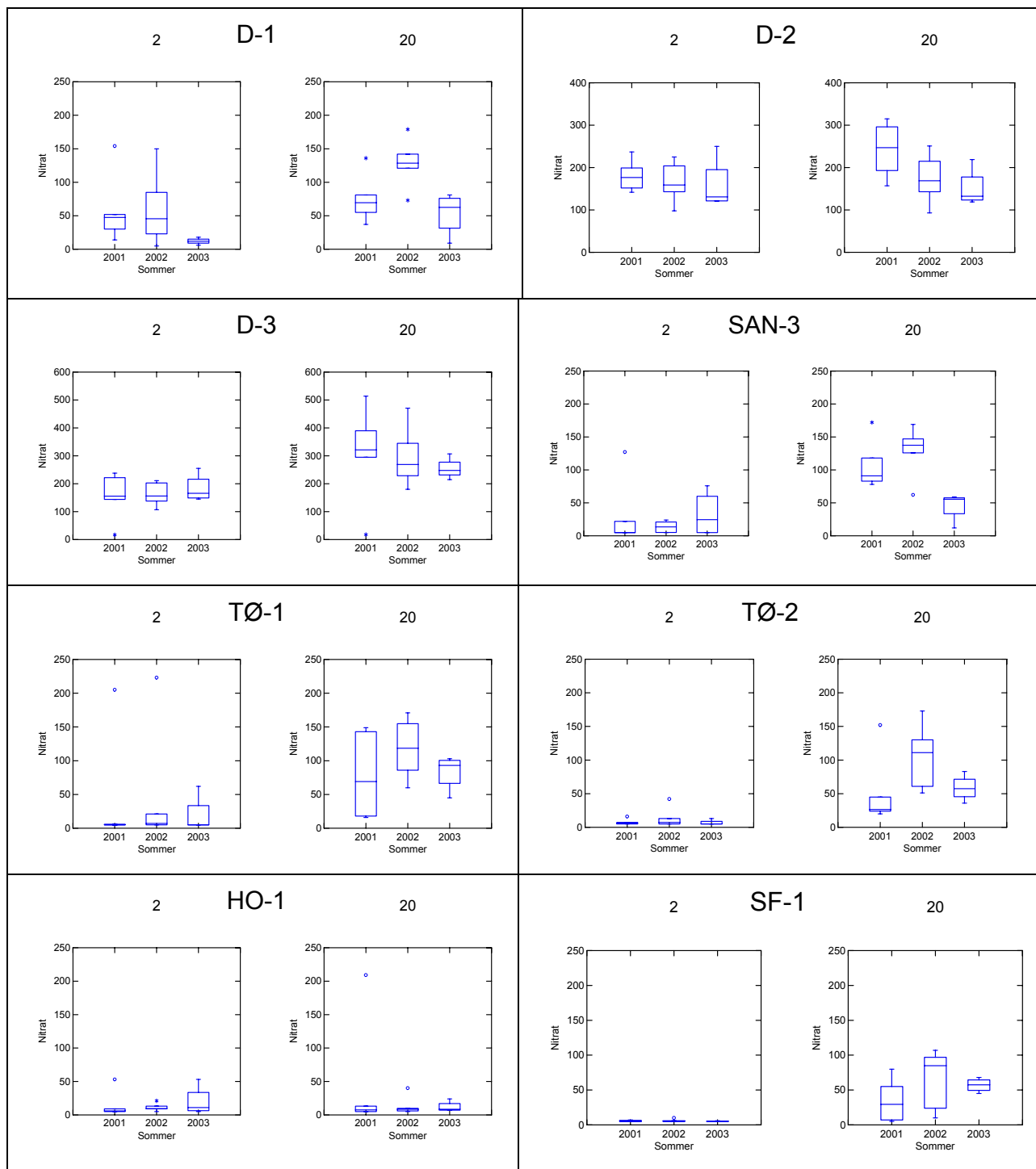


Figur 8-2 fortsetter.





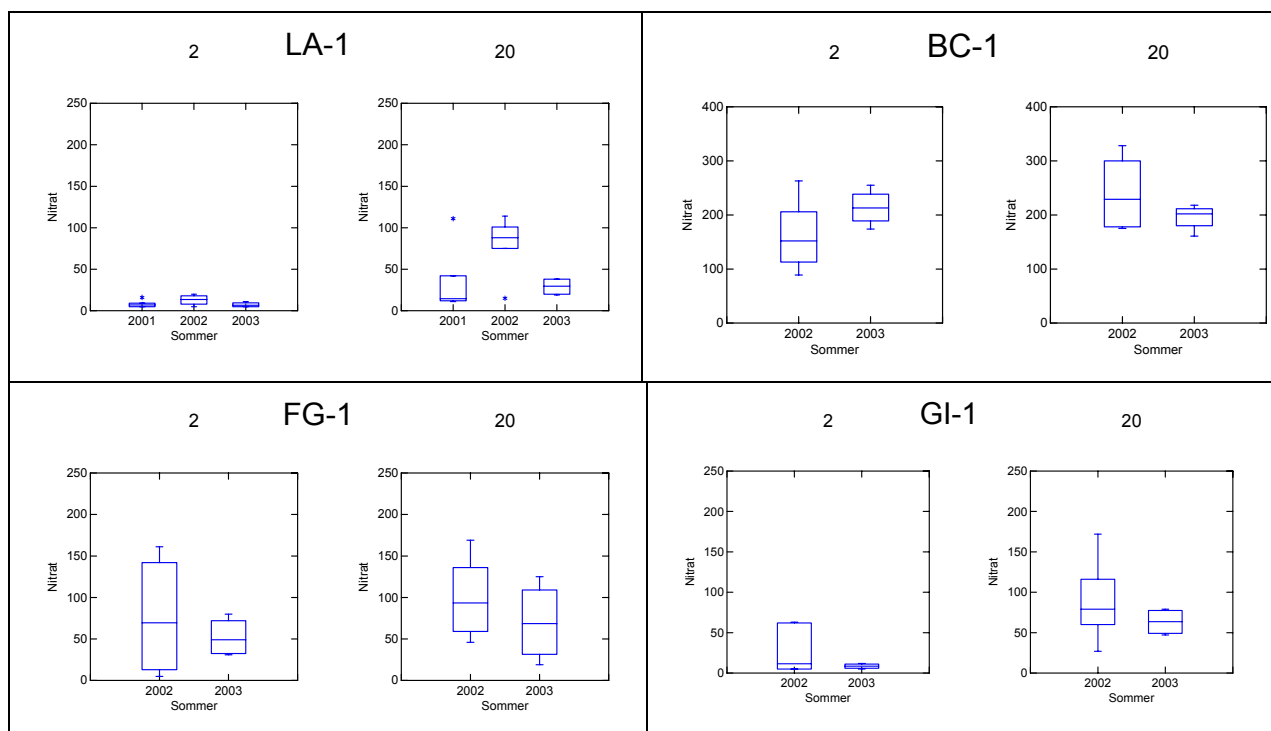
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 8-2 fortsetter.

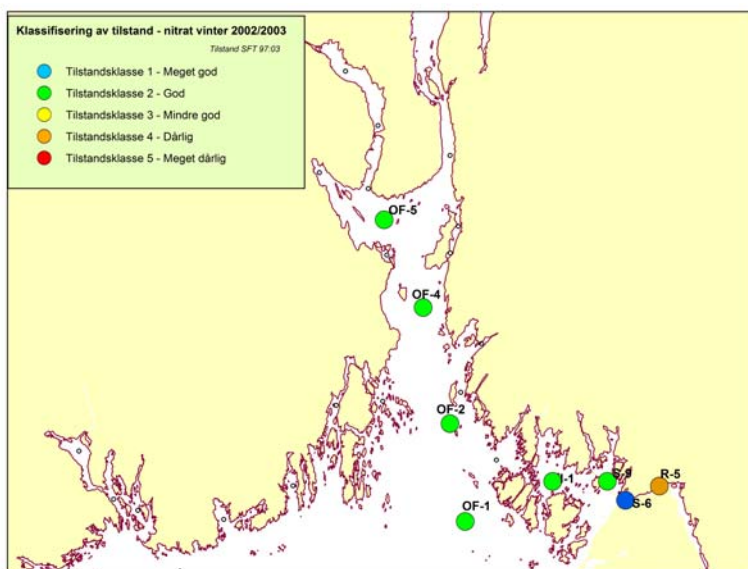


DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 8-2 fortsetter.

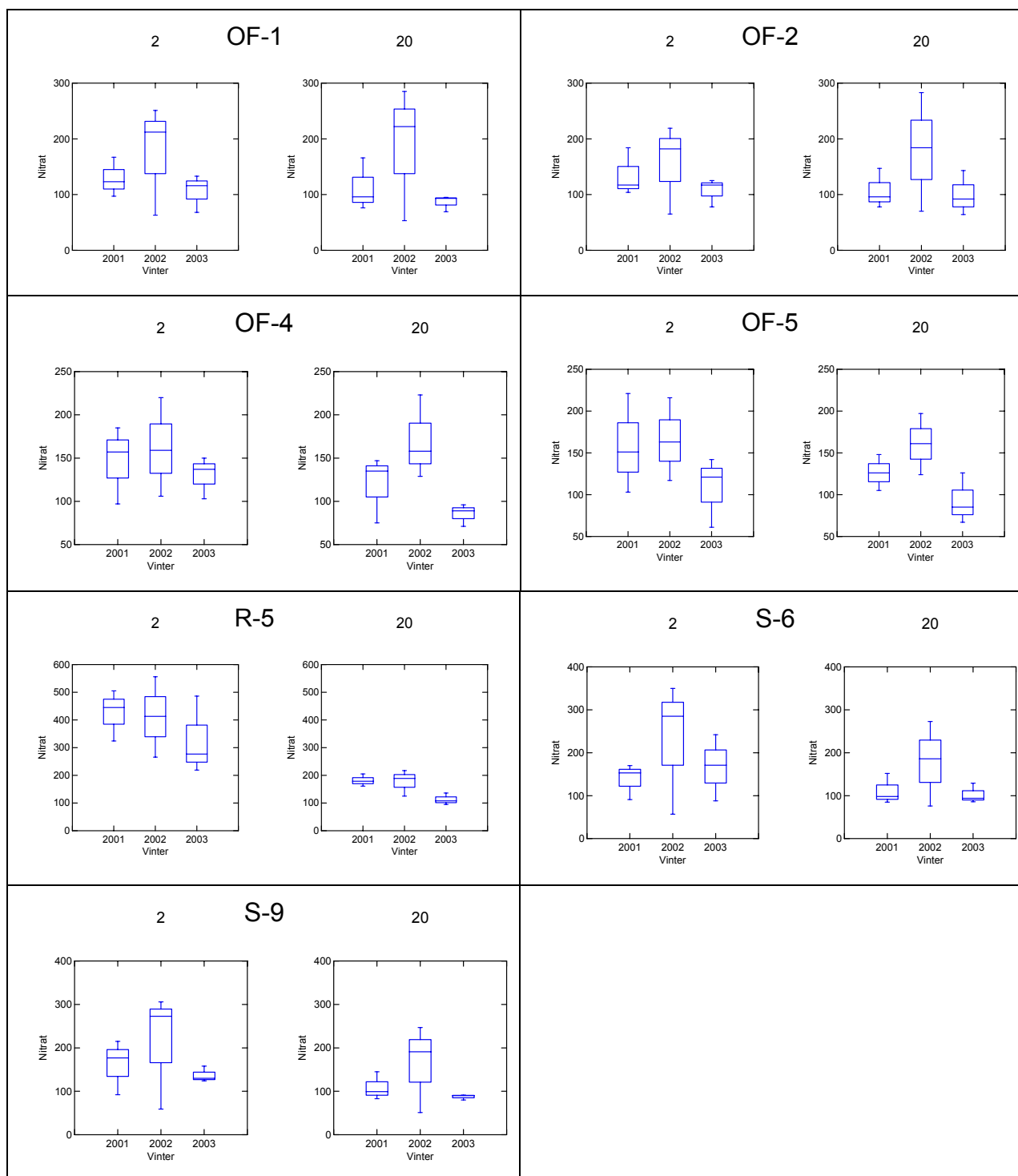
I vinterperioden 2002/2003 er det betydelig endring i tilstandsklassifiseringen sammenlignet med 2001/2002. De fleste stasjonene er karakterisert i en til to tilstandsklasser bedre (Figur 8-3). Konsentrasjonen var lavere både i 2 m og 20 m dyp (Figur 8-4).



Figur 8-3 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av nitrat fra tre vannprøver tatt i løpet av vintersesongen 2002/2003 (desember - februar)



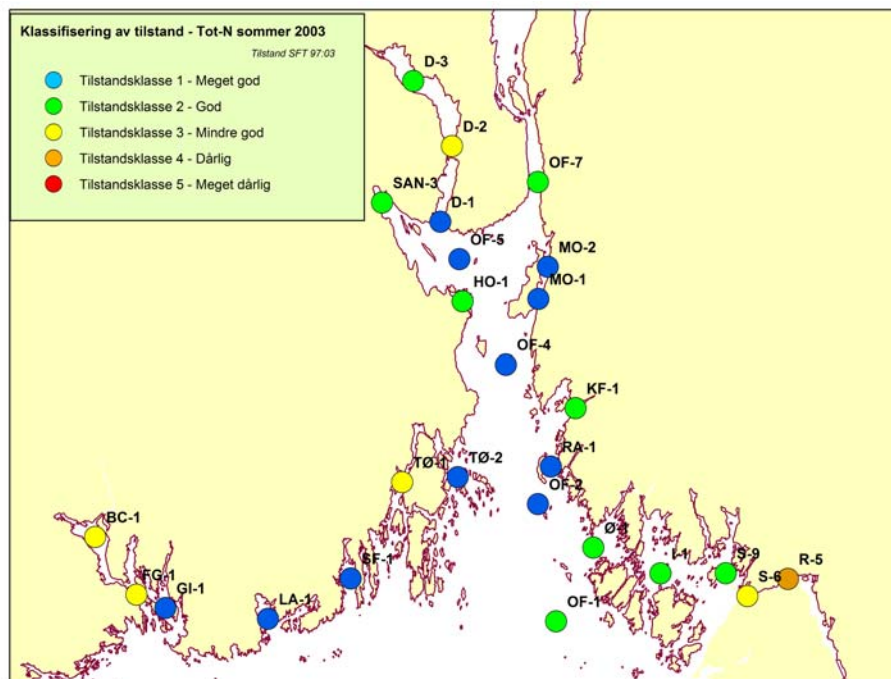
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



**Figur 8-4** Boksplott av nitratkonsentrasjonen i 2 og 20m dyp på stasjoner i ytre Oslofjord for tre vintersesonger.

## 8.2 Totalnitrogen

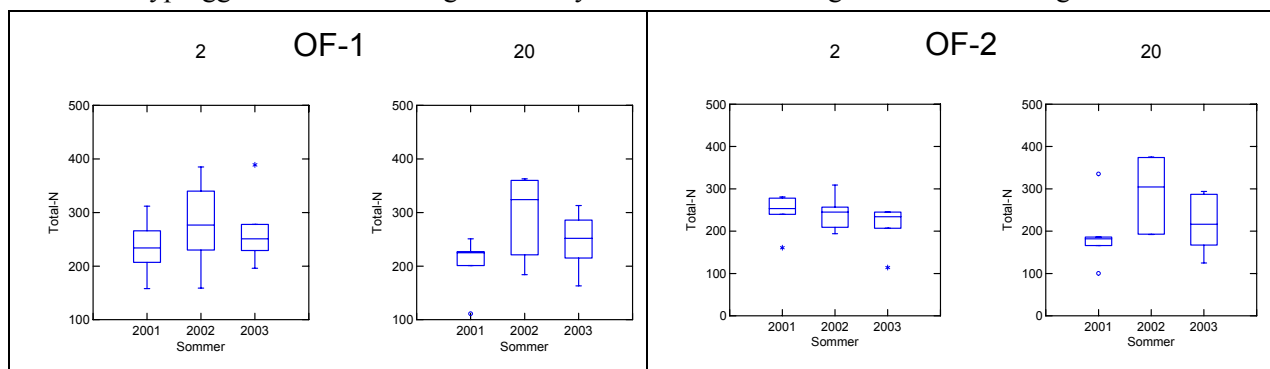
Medianverdien for totalnitrogen viser samme trend som nitrat med betydelig bedre tilstandsvurdering sammenlignet med 2002 (Figur 8-5). Generelt fremstår ytre Oslofjord med tilstanden I-Meget god til II-God.



**Figur 8-5** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av totalnitrogen fra fire til seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september)

Det er små endringer i medianverdien fra det ene året til det andre (Figur 8-6). Sommer 2002 var det større variasjoner sammenlignet med de to andre år på de fleste stasjonene i hovedfjorden. Konsentrasjonen på de lokale stasjonene varierer i stor grad i forhold til ferskvannspåvirkningen.

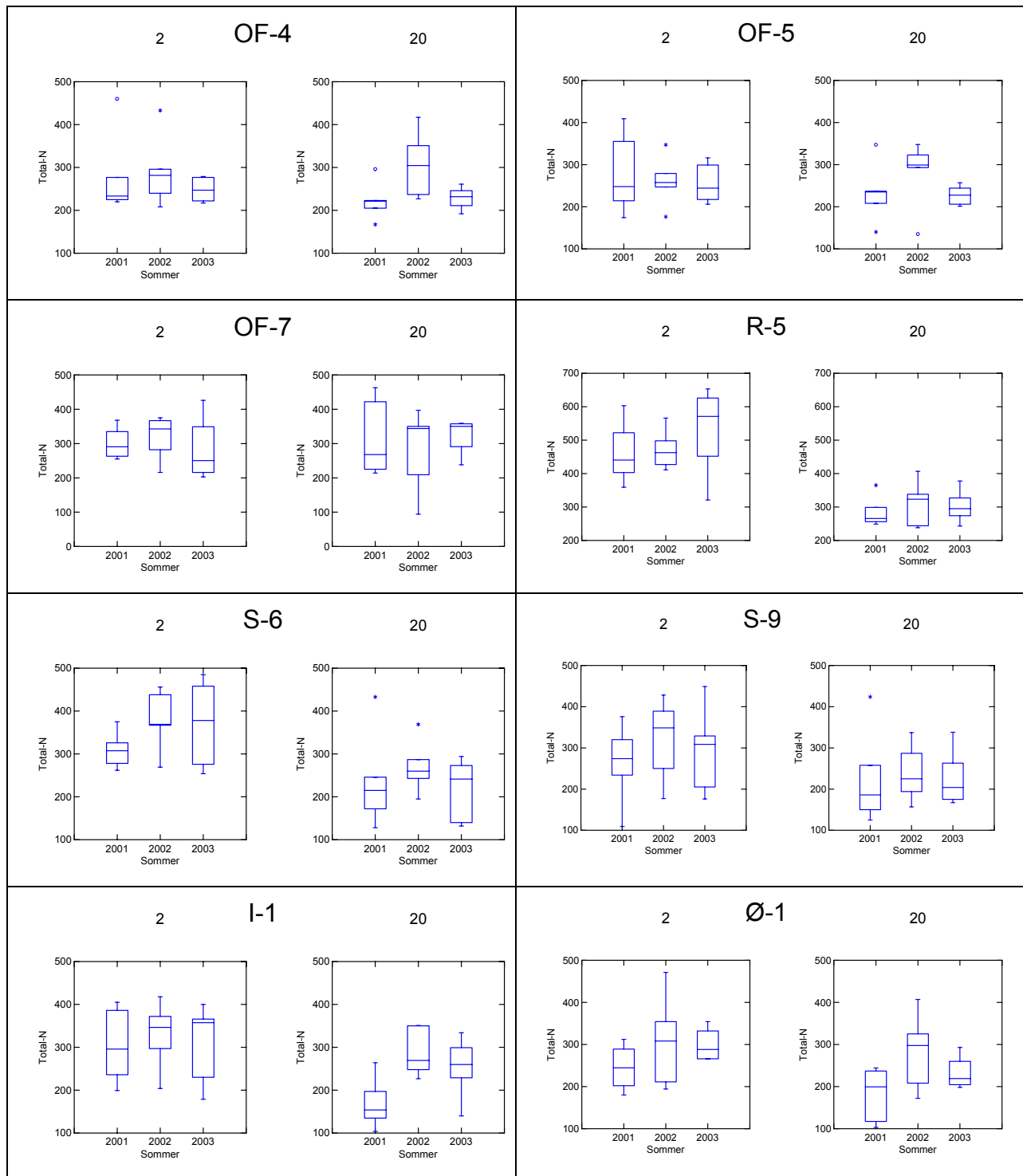
PÅ 20 m dyp ligger medianverdien generelt høyere i 2002 sammenlignet med de to øvrige år.



**Figur 8-6** Totalnitrogen i 2 og 20 m dyp på samtlige stasjoner benyttet sommer 2003.



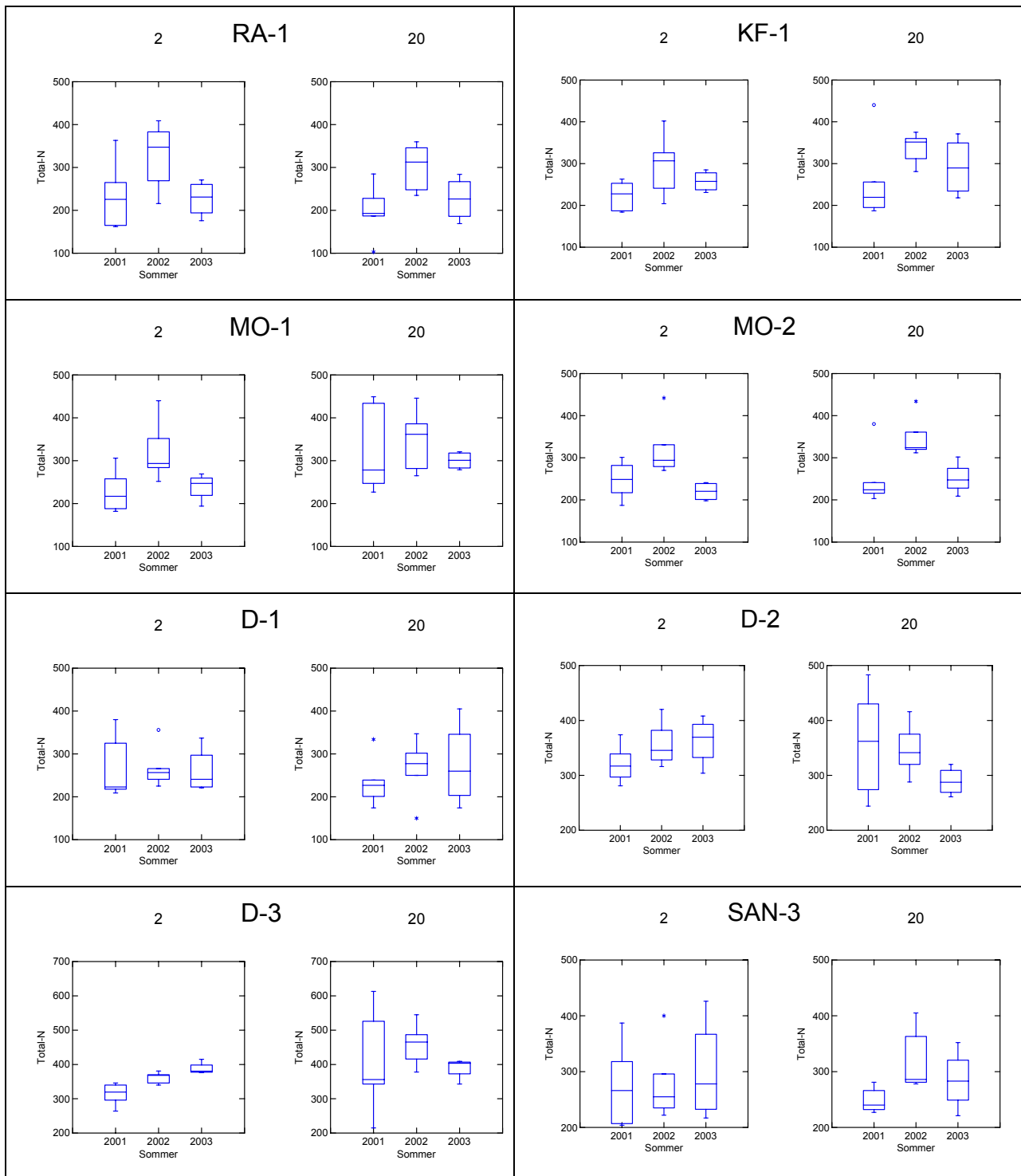
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 8-6 forts.



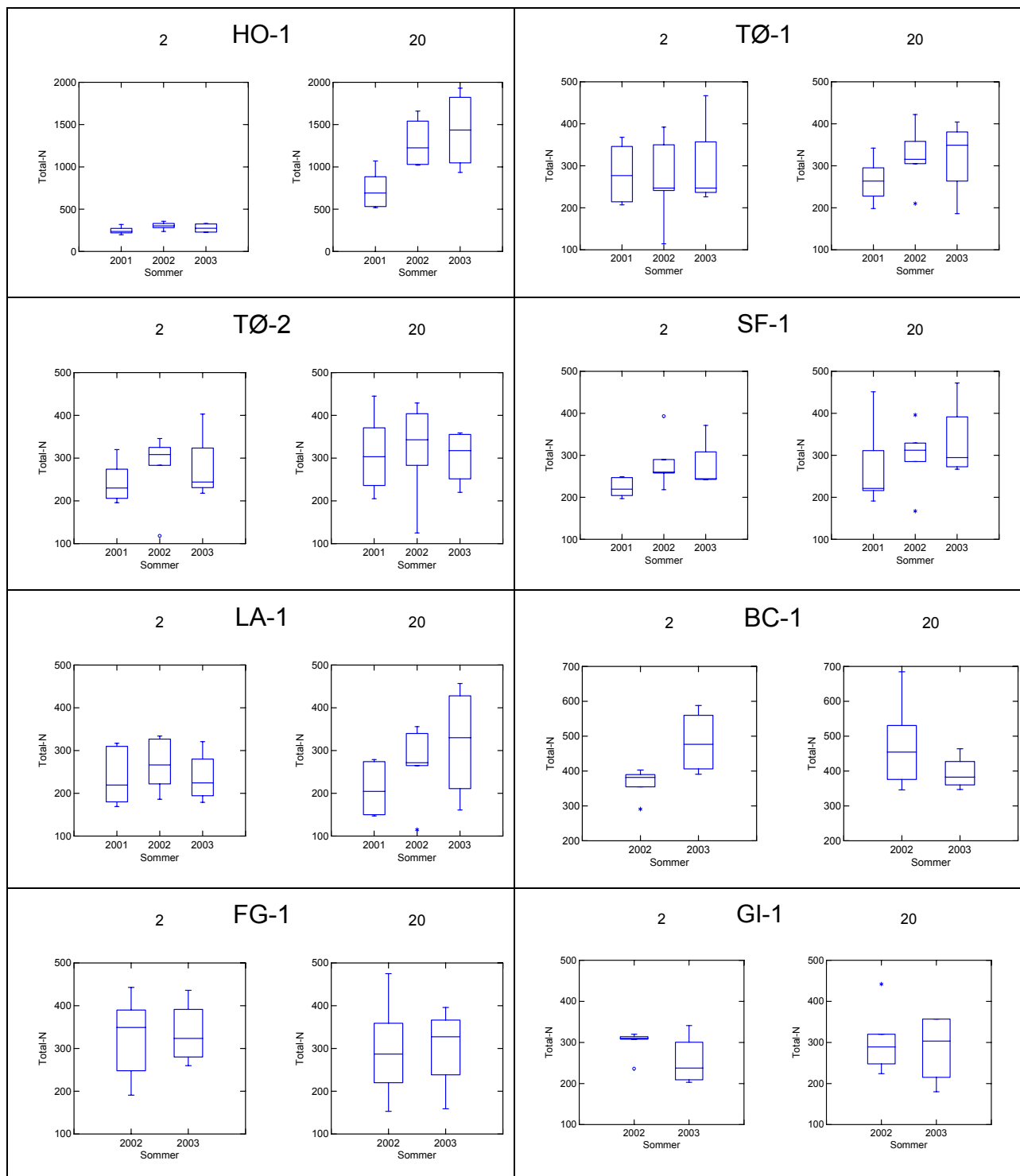
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 8-6 forts.

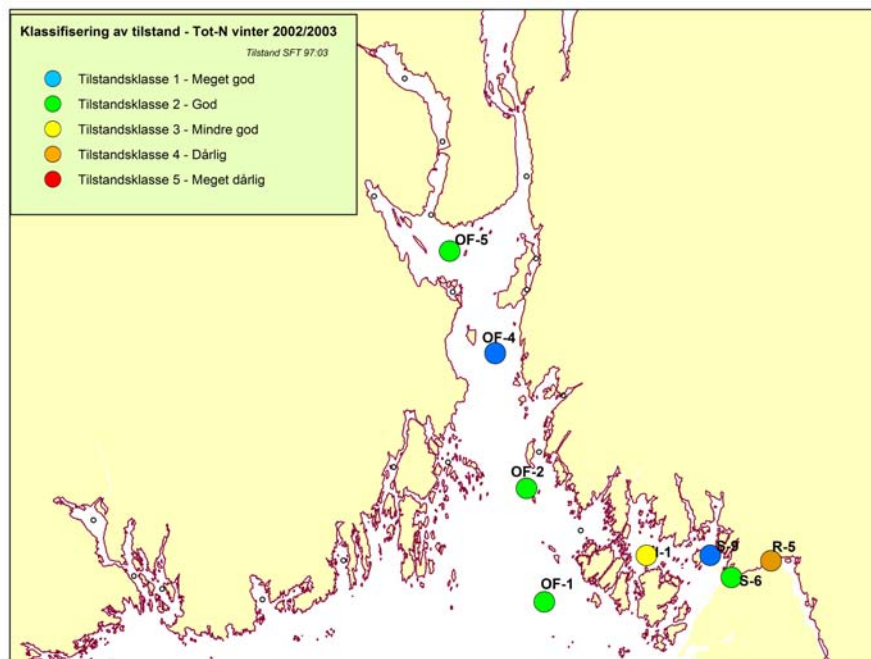


DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



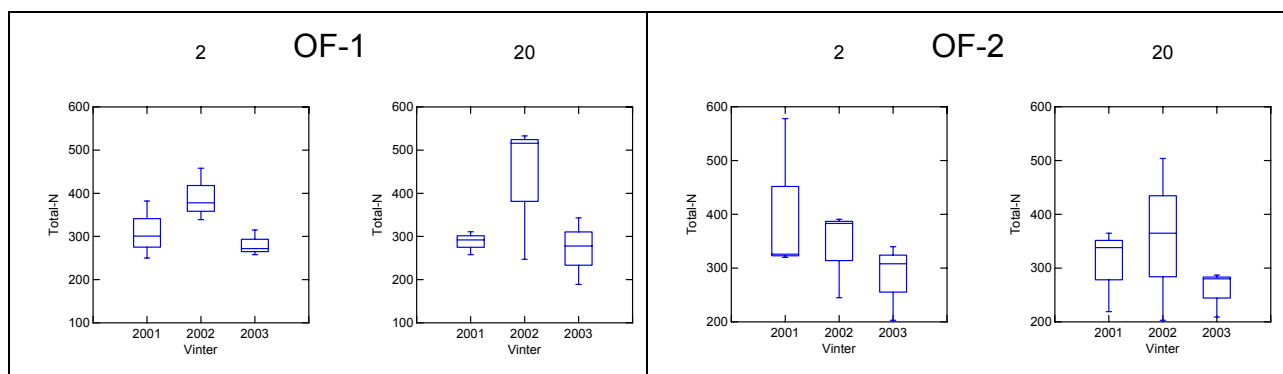
Figur 8-6 forts.

Tilstanden til området basert på konsentrasjonen av totalnitrogen i 2 m dyp på vinteren 2002/2003 kan generelt karakteriseres som II-God til I-Meget god. Ringdalsfjorden (R-5) skiller seg ut sammen med Løperen (I-1).



**Figur 8-7 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av total nitrogen fra tre vannprøver tatt i løpet av vintersesongen 2002/2003 (desember - februar).**

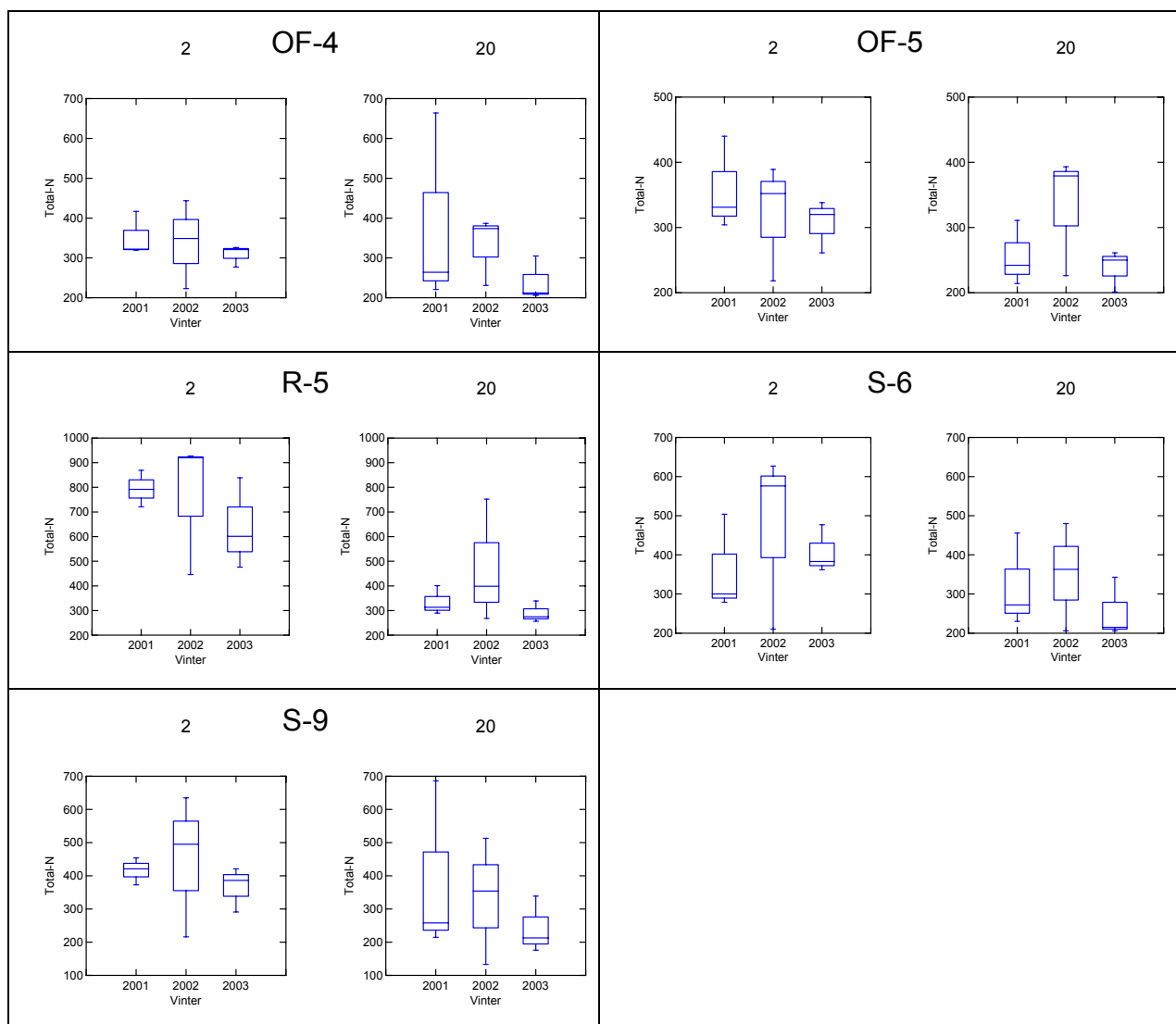
Figur 8-8 viser at medianverdien generelt var høyere i 2002 sammenlignet med 2003 og 2001. På de fleste stasjonene var også variasjonen større i 2002 enn i de to øvrige år.



**Figur 8-8 Boksplott av totalnitrogen i 2 og 20m dyp på stasjoner i ytre Oslofjord for tre vintersonger.**



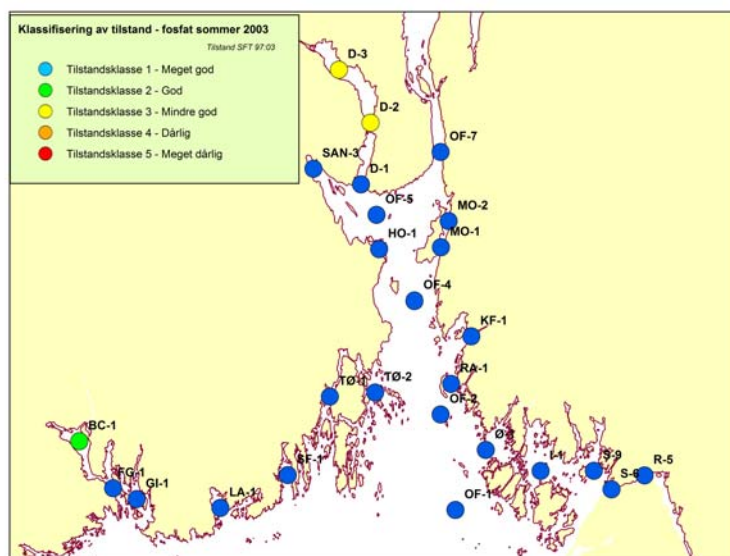
## DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



Figur 8-9 forts.

### 8.3 Fosfat

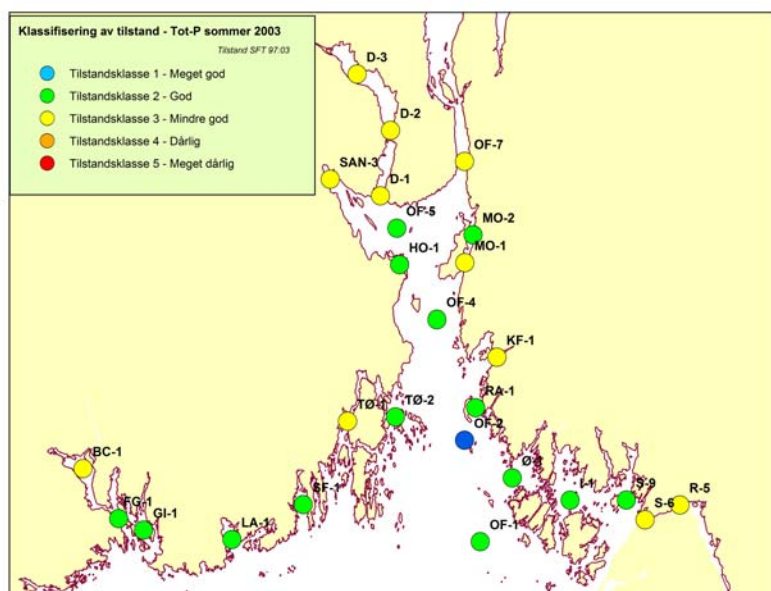
I likhet med sommerverdiene for nitrat kan tilstanden til området generelt karakteriseres som Meget god – God i forhold til fosfat (Figur 8-9). Tilstandsklassifiseringen til Sandebukta, Singlefjorden/Ringdalsfjorden, Drammensfjorden og Frierfjorden har blitt betydelig bedret sammenlignet med 2002.



**Figur 8-9** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av fosfat fra fire til seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september)

#### 8.4 Total fosfor

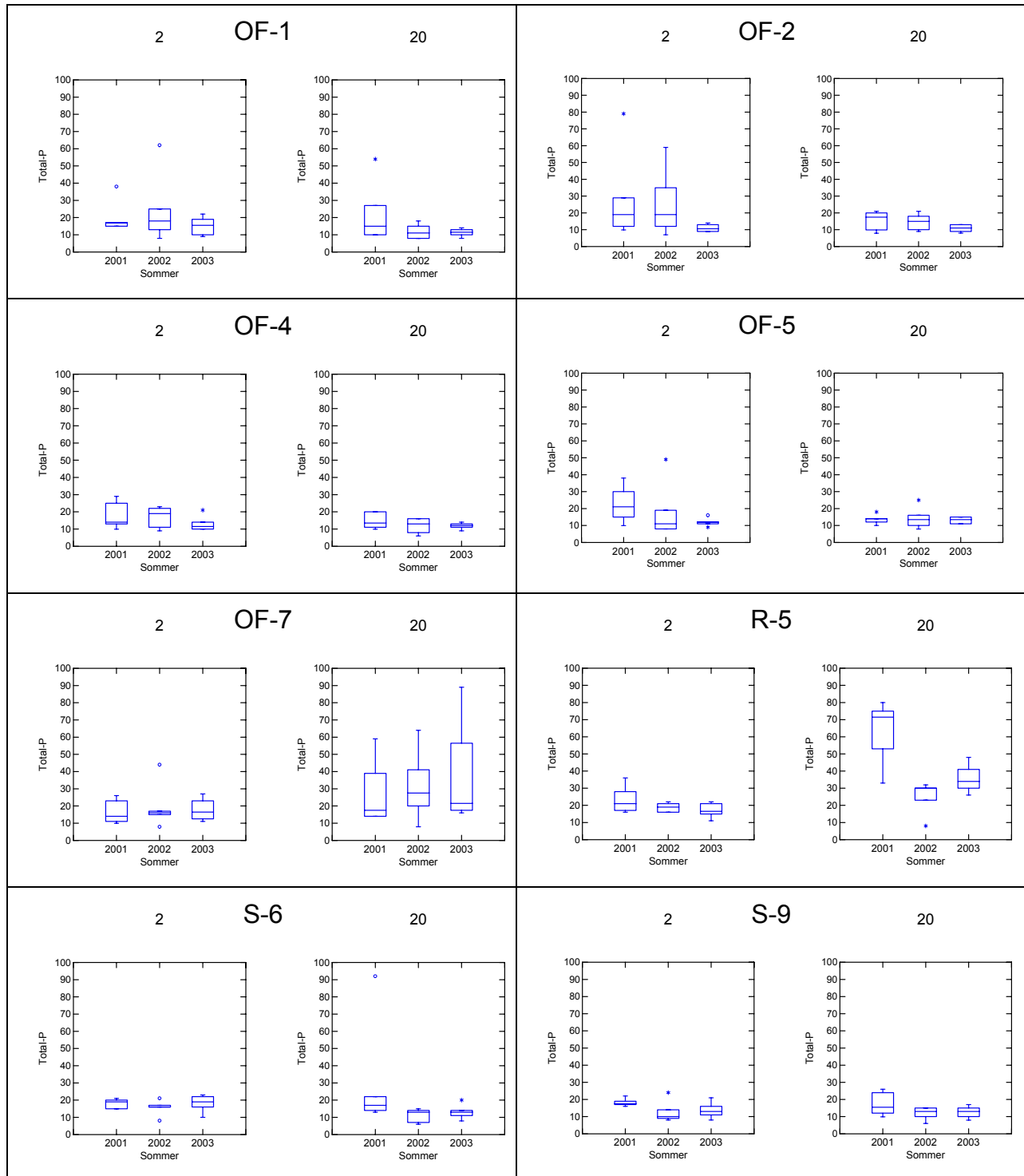
I forhold til de totale konsentrasjonene av fosfor kan tilstanden til området generelt karakteriseres som II *God* til III *Mindre god* (Figur 8-10). I enkelte ferskvannspåvirkede områder som Drammensfjorden er konsentrasjonen noe høyere i 2003 sammenlignet med 2002 (Figur 8-11). Dette har ført til at tilstandsklassen er endret fra II-God til III-Mindre god.



**Figur 8-10** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av totalfosfor fra fire til seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september)



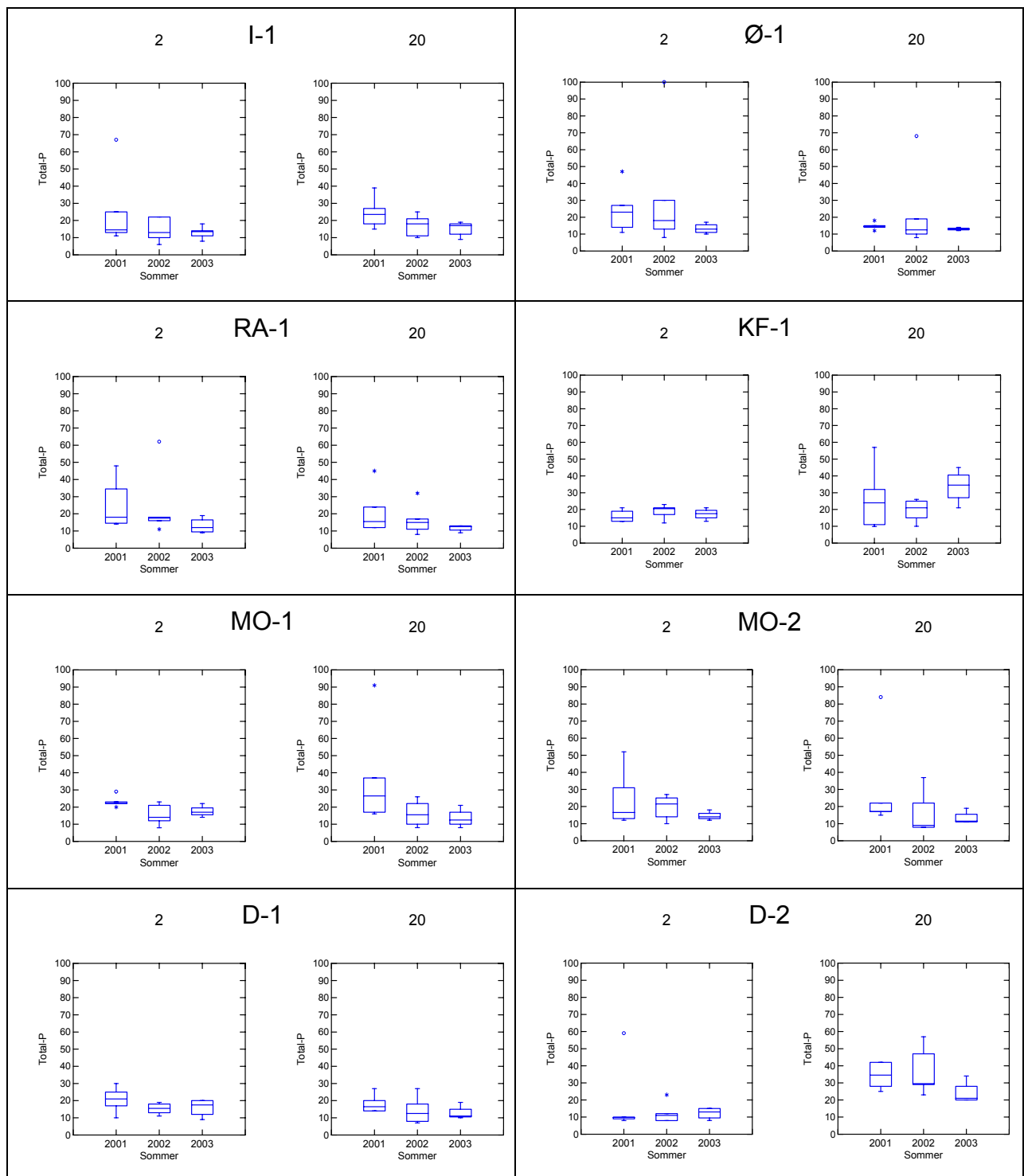
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



**Figur 8-11** Boksplott av totalfosfor i 2 og 20m dyp på stasjoner i ytre Oslofjord for tre sommersesonger



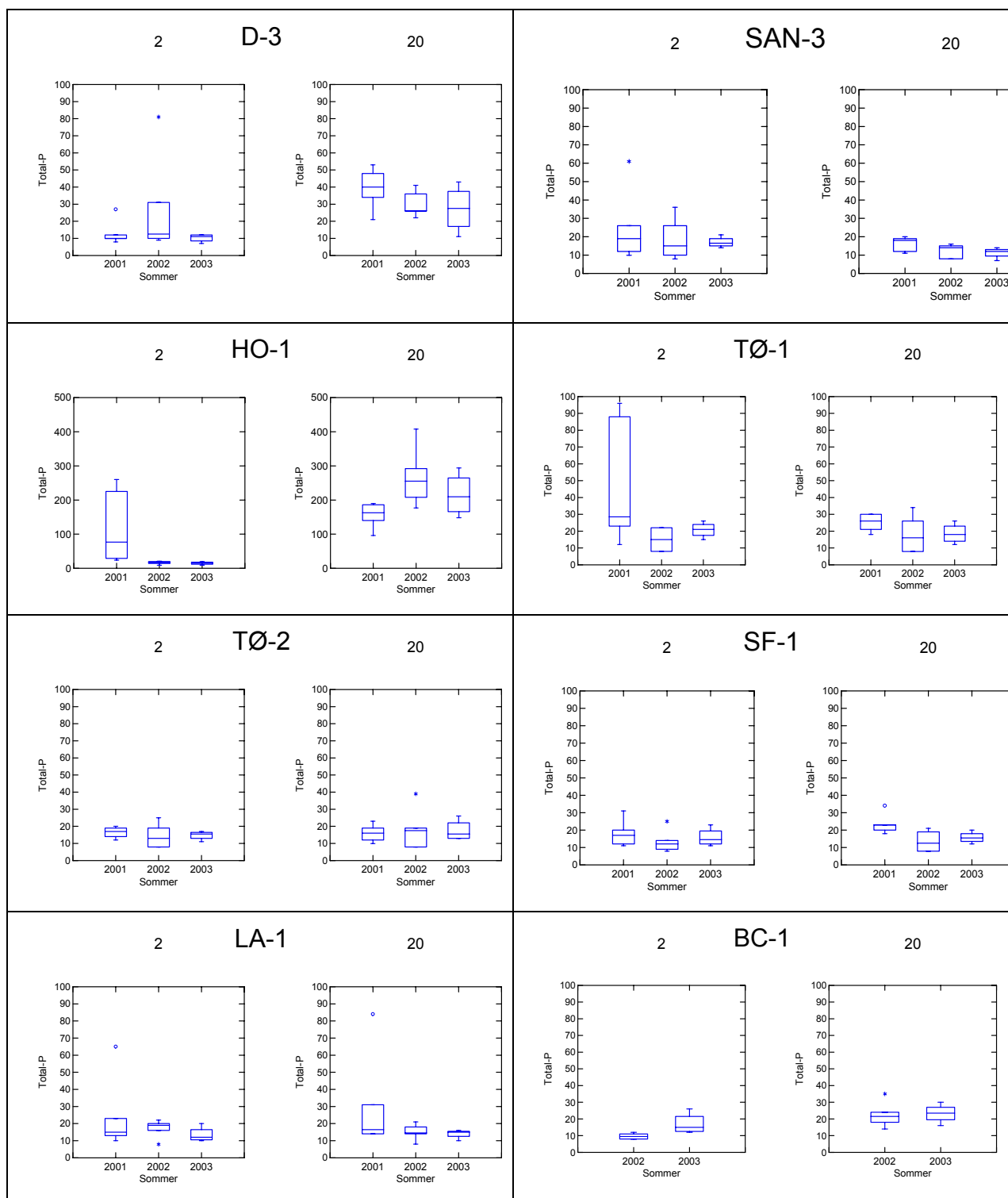
DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



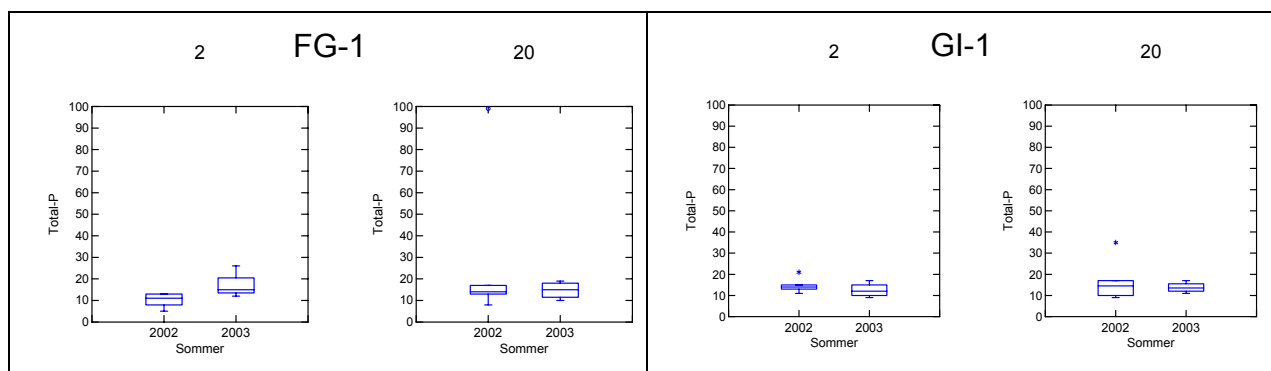
Figur 8-11 forts.



DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

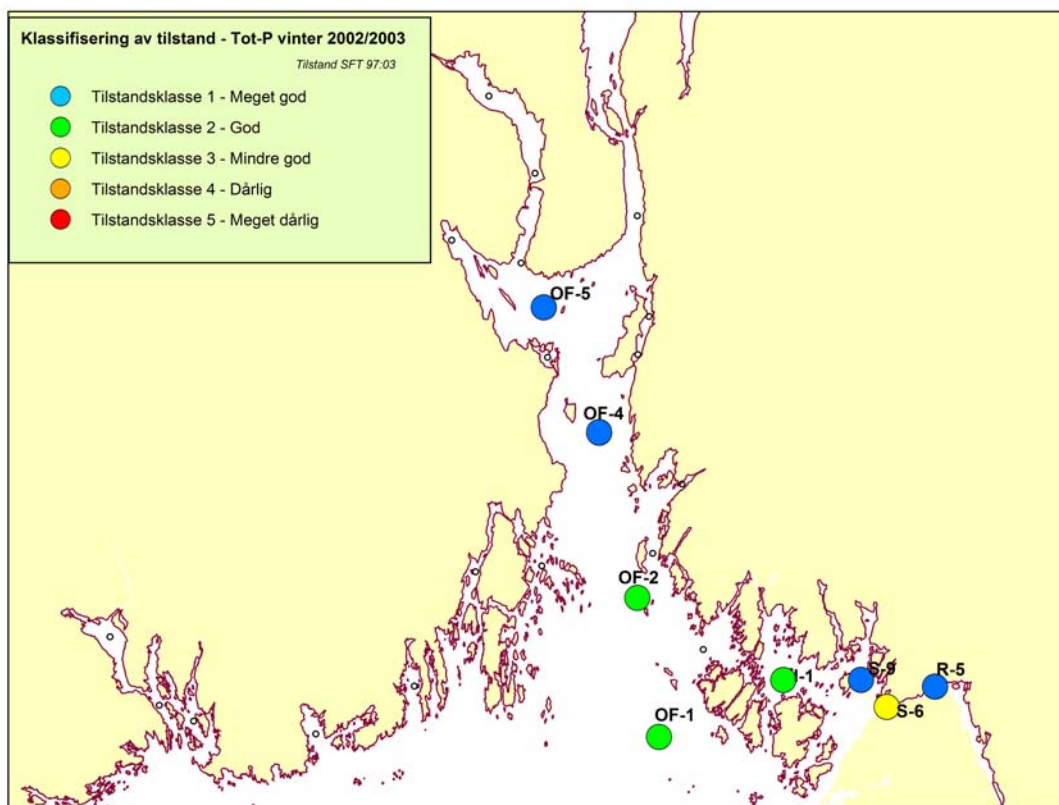


Figur 8-11 forts.



**Figur 8-11 forts.**

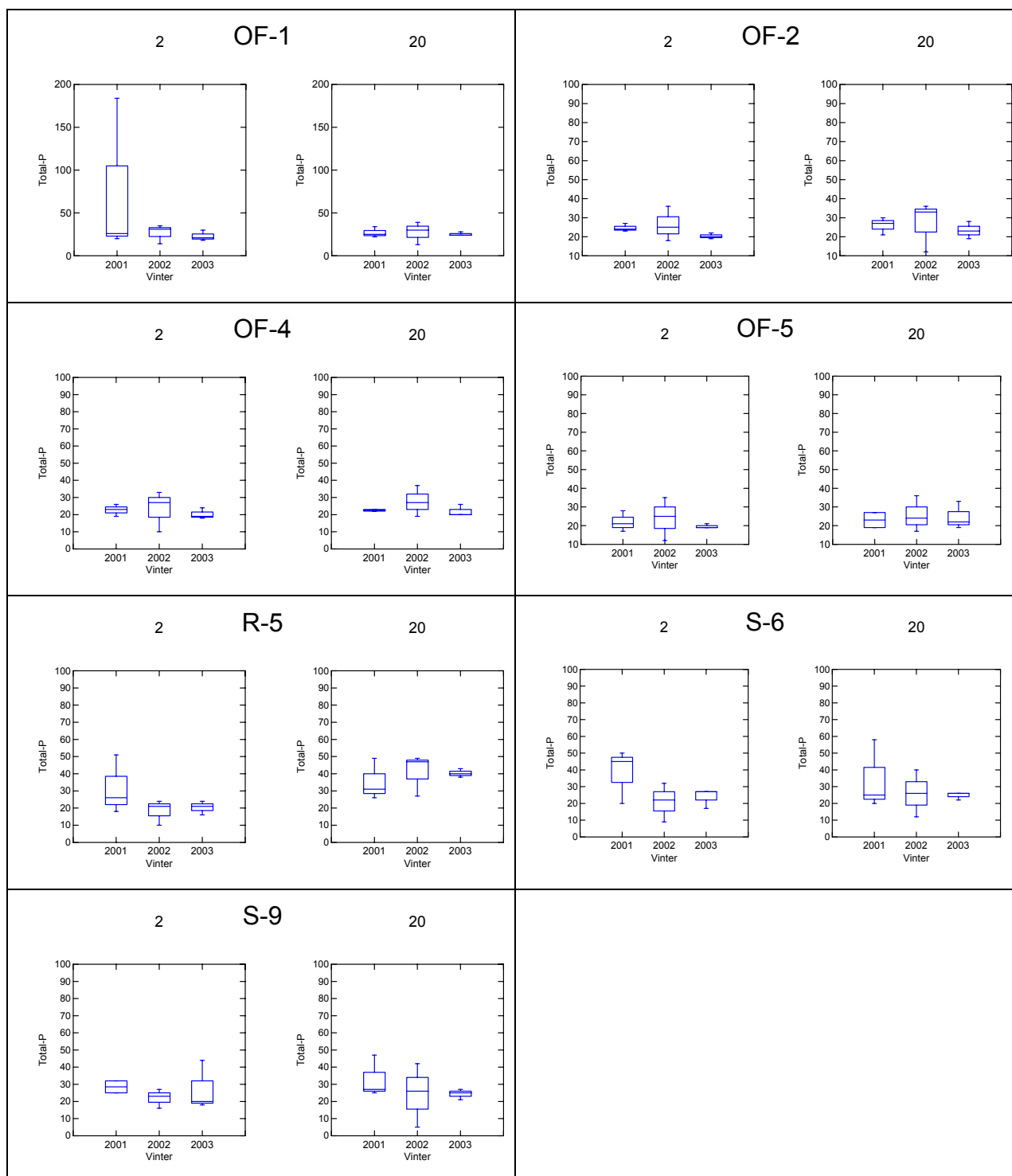
Tilstandsklassifiseringen av området basert på vinterperioder for totalfosfor er I-Meget god til II-God (Figur 8-12). Dette er en betydelig forbedring sammenlignet med vinter 2001/2002. Dette skyldes små endringer i medianverdien (Figur 8-13). Variasjonen i konsentrasjonen var større i 2002 sammenlignet med 2003.



**Figur 8-12** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av totalfosfor fra tre vannprøver tatt i løpet av vintersesongen 2002/2003 (desember -februar).



DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003



**Figur 8-13** Boksplott av totalfosfor i 2 og 20m dyp på stasjoner i ytre Oslofjord for tre vintersesonger



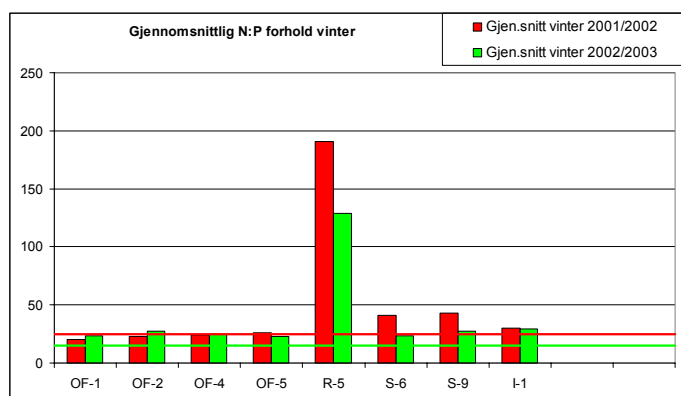
## 8.5 N:P forholdet

Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrogen- og fosfor-innholdet i planteplanktonet angis ved Redfield-forholdet. Uttrykt i atomer er dette N:P = 16:1. Forholdstallet mellom de tilsvarende næringssaltene i havet er totalt ca. 15:1. Store avvik fra dette forholdet, spesielt i vinterverdiene, kan tyde på lokale tilførsler eller andre lokale forhold som remineralisering i oksygenfattig dypvann.

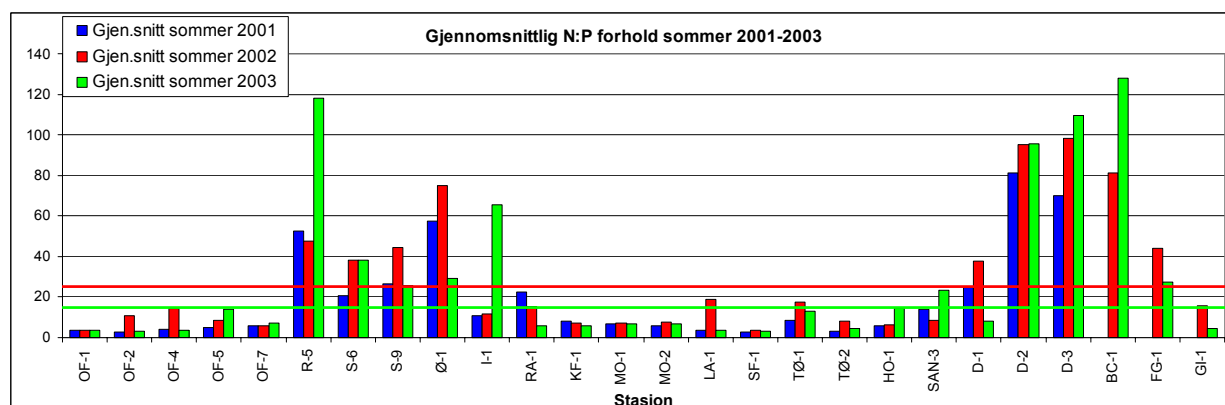
OSPAR arbeidsgruppe innen eutrofiering angir et forholdstall større enn 25 (50% økning) basert på vinterverdiene som kriterium for betydelig avvik fra normale verdier

### 8.5.1 N:P beregnet fra nitrat og fosfat

I likhet med tidligere år skiller de ferskvannspåvirkede områdene seg ut med høye forholdstall både i vinter og sommerperiodene (Figur 8-14 og Figur 8-15). Vinter 2002/2003 var noe lavere sammenlignet med foregående vinter. Dette skyldes sannsynligvis lavere avrenning sist vinter. På Torbjørnskjær (OF-1) var forholdstallet noe høyere slik at den tydelige trenden fra 2001/2002 med økende verdi innover hovedfjorden ikke var tydelig 2002/2003.



**Figur 8-14 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat i overflatevann fra prøver tatt i februar, november og desember 2001 og vinter 2001/2002. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn Redfield-forholdet 16.**

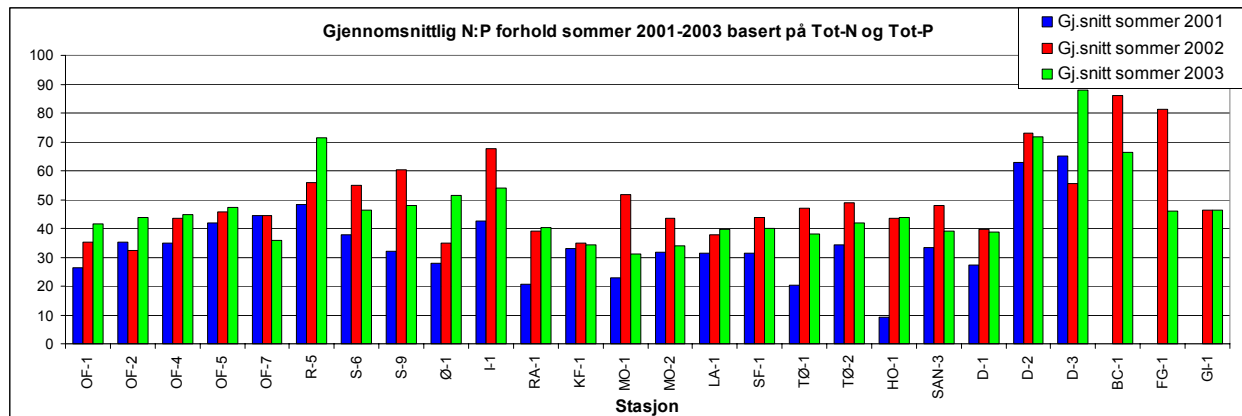


**Figur 8-15 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 2m dyp tatt på seks tokt sommer 2001 - 2003. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.**



### 8.5.2 N:P beregnet fra totalnitrogen og totalfosfor

Det er størst avvik fra 1:16 forholdstallet på de ferskvannspåvirkede stasjonene også hvis man benytter totalnitrogen og totalfosfor (Figur 8-16). Høyest verdier finner man i Ringdalsfjorden, Singlefjorden, Drammensfjorden og Grenland.



**Figur 8-16 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat basert på Tot-N og Tot-P. Beregnet fra prøver tatt på 2m dyp sommer 2001-2003.**

### 8.6 Foreløpige konklusjoner – næringsalter

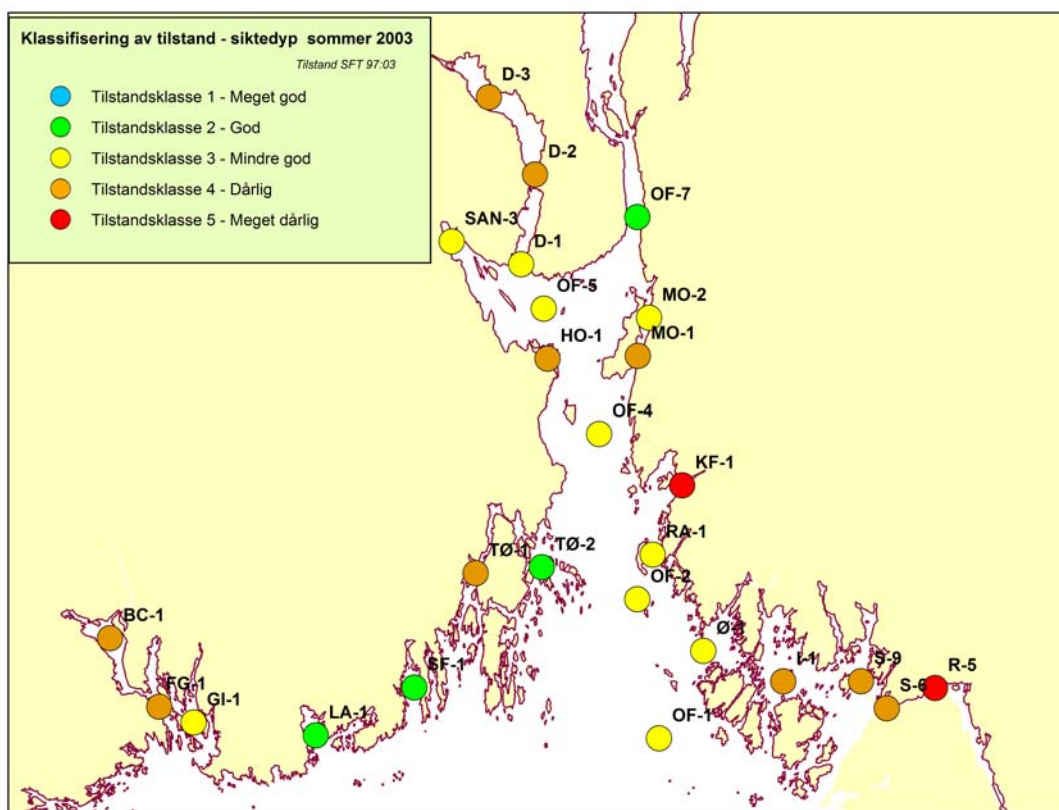
Tilstandsvurderingen av området basert på konsentrasjonen av næringsalter i vannmassene har endret seg til dels betydelig mellom de tre årene i undersøkelsesperioden. I de lokale resipientene kan dette i stor grad tilbakeføres til endret ferskvannstilførsel mellom år og sesonger.

## 9 SIKTEDYP

Medianverdien av siktedyp-observasjoner i løpet av sommeren er benyttet som grunnlag for å klassifisere tilstanden i fjorden (Figur 9-1). Hovedfjorden er karakterisert som *Mindre god* (God – OF-1), mens Moss og Hvaler-Singlefjorden er karakterisert som *Dårlig*. I Ringdalsfjorden som er sterkt påvirket av ferskvann fra Haldenvassdraget, tilsvarende forholdene IV-*Dårlig* til V-*Meget dårlig*.

Vestfold ble i 2002 karakterisert som III *Mindre god*, men er 2003 klassifisert som II-*God*.

Dårligst forhold er i ferskvannspåvirkede områder.



**Figur 9-1** Klassifisering av tilstand i henhold til SFT 97:03 basert på medianverdien seks observerte siktedyp i løpet av sommeren 2002 (juni-september).

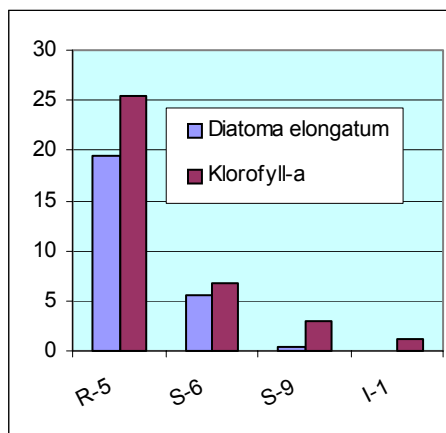
## 10 PLANKTONALGER

I rapporten om vannkvalitet for 2002 (Dragsund & Tangen 2003) var det en summarisk beskrivelse av rollen algeplanktonet har i vannmassene og hvordan forekomstene kan gi et bilde på graden av eutrofiering. Algene er primærprodusenter og står sentralt i forhold til eutrofiering. I vannmasser med et stabilt overflatelag vil tilførsel av næringssalter gi betingelser for økt algevekst i form av økt antall algeceller. Algene vil ikke være i stand til å skille mellom næringssalter, for eksempel nitrat, fra de forskjellige kildene, som kan være fra ferskvannsavrenning, kloakk, nedbrytning av alger og andre organismer, eller fra episodisk tilførsel til overflatelaget fra næringsrikt vann under dette. Erfaringene fra Norge og andre land er at områder med ekstra tilskudd av næringssalter i gjennomsnitt får høyere algekonsentrasjoner enn i upåvirkede områder. Dette registreres som økt biomasse, indirekte gjennom måling av klorofyllkonsentrasjonen i sjøen eller direkte ved algeanalyser som også gir et direkte bilde på biodiversiteten. Sammenliknet med mer næringsfattige områder er primærproduksjonen pr. mengdeenhet av alger også normalt høyere i overgjødlede områder, og det kan bli en endring i artssammensetningen. Som referert av Tangen (1974) er det for eksempel en rekke observasjoner internasjonalt av økt forekomst av små kiselalger i overgjødlede brakvannsområder. I rapporten om vannkvalitet i 2002 (Dragsund & Tangen 2003) ble det gjort forsøk på justere tidligere regionale inndelinger i Ytre Oslofjord basert på slike forskjeller.

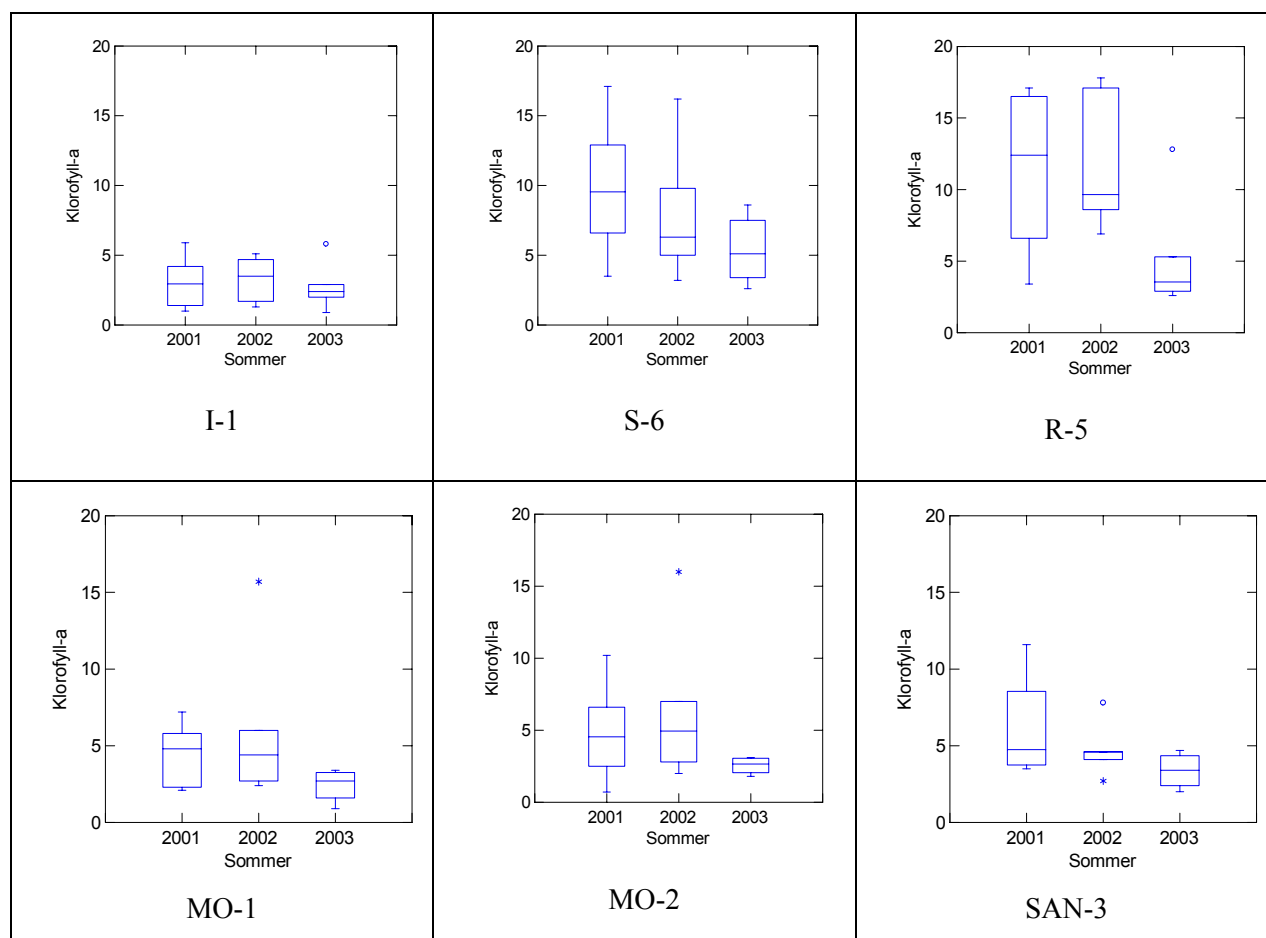
I SFTs veiledning i gjennomføring av resipientundersøkelser (SFT 2002) er algeproduksjonen nevnt som en målparameter som kan indikere stadier av eutrofiering. OSPAR-kommisjonens eutrofieringskomite (EUC) har lagt vekt på å vurdere planktonalgene, spesielt navngitte indikatorarter, i forbindelse med å identifisere primæreffektene av eutrofiering. Planktonalgematerialet fra Ytre Oslofjord er omfattende, men tidligere erfaringer fra mange års algeanalyser, blant annet fra to faste stasjoner på Østfoldsiden (Oceanor, upubliserte data), har vist at det er store forskjeller fra år til år i hvilke alger som gir oppblomstringer og når oppblomstringene kommer. Dette gjelder også biomassen målt som klorofyll-*a*, og et gjennomgående trekk fra foregående års målinger i Ytre Oslofjord er at stasjoner med omtrent samme biomasseverdier kan ha algesamfunn med nærmest totalt forskjellig artssammensetning.

### 10.1 Klorofyll-*a*

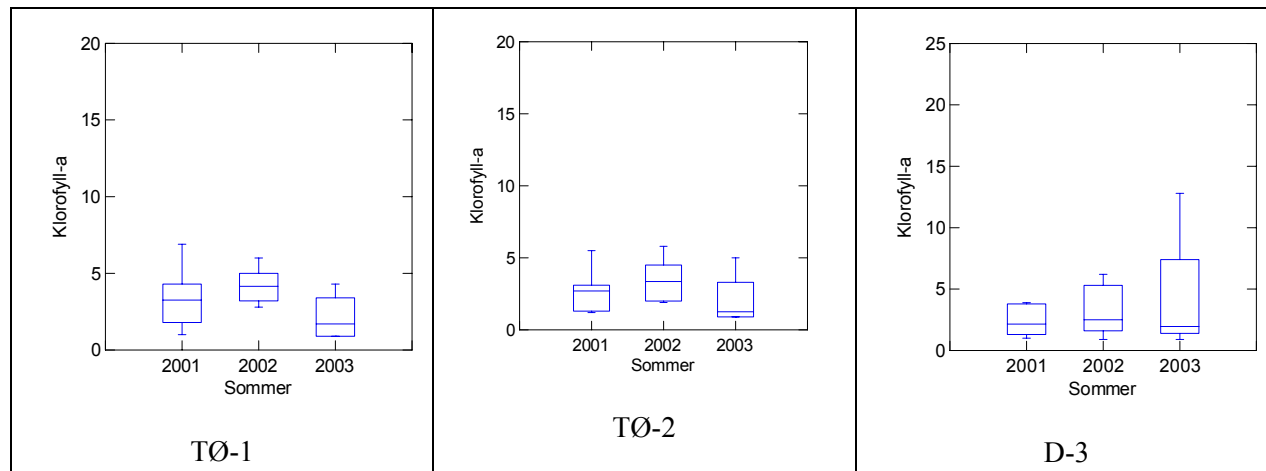
Biomasseverdiene (klorofyll-*a*) var gjennomgående lavere i 2003 enn i de to foregående årene (Figur 10-2). Den innerste stasjonen i Drammensfjorden (D-3) hadde høyere gjennomsnittlig klorofyllverdi enn året før, som hovedsakelig skyldtes en markert oppblomstring av kiselalgen *Chaetoceros throssenii* i september. Noe høyere saltholdigheter i overflaten innenfor Svelvik kan ha gitt bedre vekstbetingelser enn i 2001 og 2002 for denne arten og andre brakvannsalger som det også var høyere konsentrasjoner av i 2003. Den høyeste klorofyllverdien som ble observert i 2003 var i Iddefjorden (R-5, Ringdalsfjorden) i mai. Dette falt sammen med en kraftig oppblomstring av den relativt store kiselalgen *Diatoma elongatum* som også bredte seg utover i Singlefjorden (Figur 10-1).



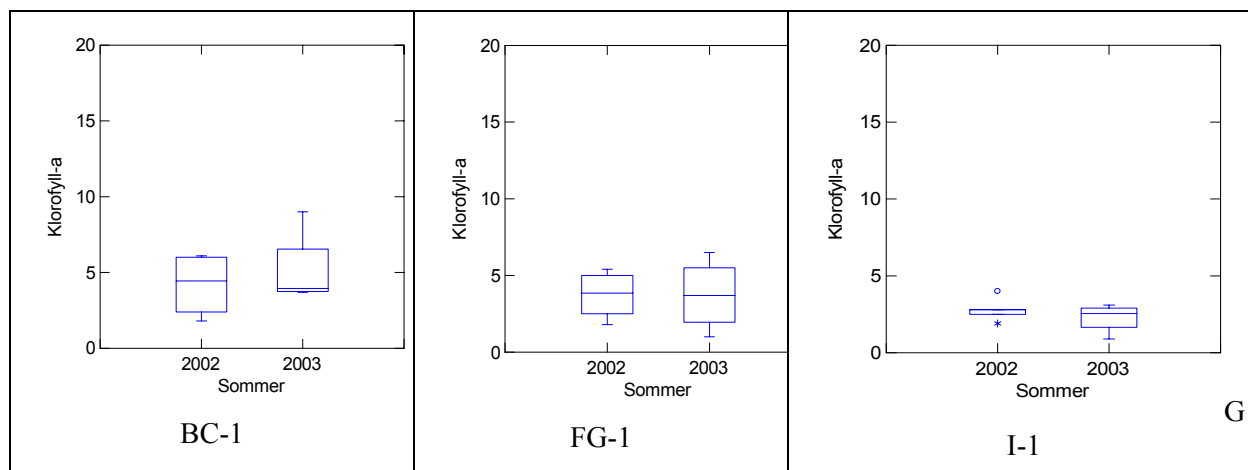
**Figur 10-1** Fordelingen av *Diatoma elongatum* (mill. celler/L) og klorofyll-a (µg/L) i overflatelaget 16. mai 2003.



**Figur 10-2** Mengde klorofyll-a i sommersesongen på noen stasjoner i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003.

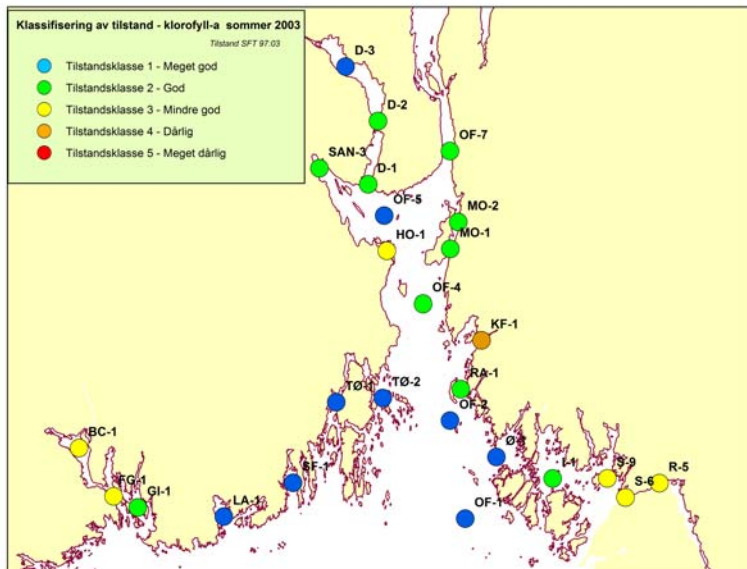


**Figur 10-3** Mengde klorofyll-a i sommersesongen på noen stasjoner i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003.



**Figur 10-4** Mengde klorofyll-a i sommersesongen på noen stasjoner i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003.

I Figur 10-2, Figur 10-3 og Figur 10-4 er klorofyll-verdiene i 2003 sammenlignet med de to foregående årene for hver enkelt stasjon. Klassifiseringen av miljøtilstand (SFT 1997) basert på sommerverdiene av klorofyll-a er vist i Figur 10-5.



**Figur 10-5** Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av klorofyll-a fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september). Det foreligger ikke kriterier for vannmasser med lav saltholdighet (< 20 PSU). Kriteriene for ferskvann avviker imidlertid lite og de aktuelle stasjonene (R-5, S-6, S-9, I-1, Grenlandsfjorden og Drammensfjorden) er klassifisert i henhold til sjøvannskriterier

## 10.2 Observasjoner av algesammensetningen

### 24.-25. februar

Det ble samlet inn prøver fra de åpne områdene fra Torbjørnskjær til Breiangen og fra Østfold. Det ble observert en godt utviklet våroppblomstring av kiselalger dominert av *Thalassiosira nordenskioeldii* og *Skeletonema costatum* på OF-2 og i Singlefjorden. På samme tid i 2002 var det fortsatt vinterminimum i hele området. I hele området var de konsentrerte prøvene (håvtrekkene) artsrike med en rekke dinoflagellater som regnes som overvintre fra algeplanktonet høsten før. Blant andre ble igjen dinoflagellaten *Amphidoma caudata*, som er relativt sjelden i Skagerrak, påvist også i 2003.

### 3. april

Algebstanden var relativt liten i hele området innenfor Hvalermen med rester av en tidligere oppblomstring dominert av kiselalger og gelealgen *Phaeocystis pouchettii*. Andre data (Oceanor) viste at det senere i april utviklet seg moderate oppblomstringer av kiselalger (*Chaetoceros* spp. o.a.) både utenskjærs og innenfor Hvaler. Den massive oppblomstringen av *Diatoma elongatum* som ble registrert mai, startet omkring midten av april.

### 16. mai

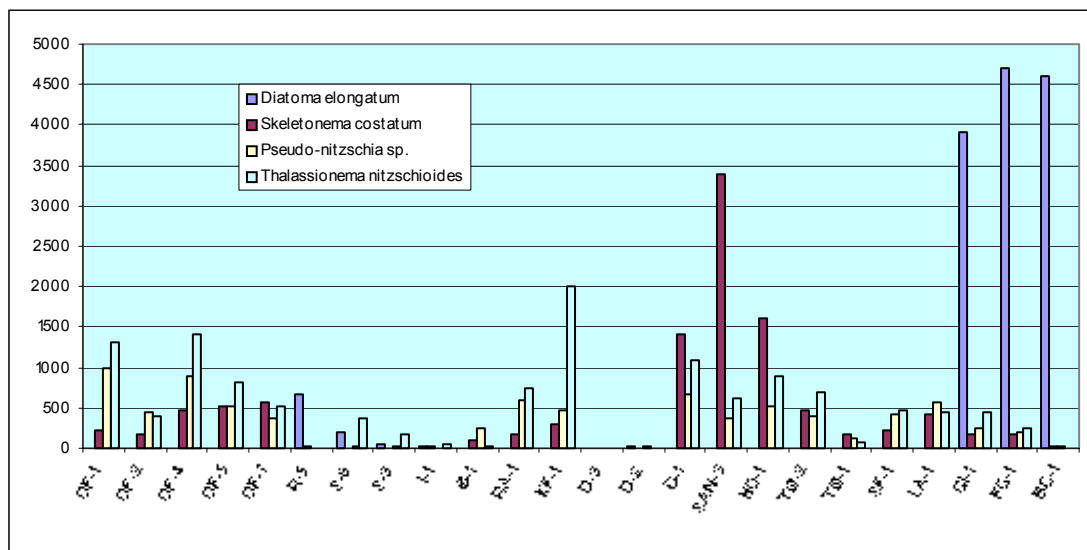
Foruten en massiv oppblomstring av *Diatoma elongatum* (Fig. 10-1) ble det observert relativt store følgeartsfunn av flagellater (*Eutreptiella*, *Chrysochromulina*, Cryptophyceae o.a.). *Diatoma elongatum* er en klassisk brakkvannsart som er velkjent fra tidligere oppblomstringer innenskjærs i Ytre Oslofjord,

f.eks. i 2002. Celletallene (maksimum på nesten 20 mill./L) er såvidt vites de høyeste som er registrert i Oslofjord-området.

### 10.-12. juni

I første halvdel av juni utviklet det seg relativt kraftige oppblomstringer av kiselalger (*Skeletonema*, *Pseudo-nitzschia*, *Thalassionema* og *Diatoma* o.a.) i hele området med unntak av Drammensfjorden innenfor Svelvik (Figur 10-6). Klorofyll-verdiene var relativt høye.

- I de åpne områdene var det en blandet oppblomstring av *Skeletonema costatum* med maksimum fra Breiangen til Sandebukta og *Pseudo-nitzschia calliantha* (= *P. Pseudodelicatissima* i tidligere rapporter) og *Thalassionema nitzschioides* fra Ytre fjord til Drøbaksundet.
- I Iddefjorden var det fortsatt oppblomstringsmengder av *Diatoma elongatum* og en kraftig oppblomstring av denne kiselalgen også i Telemarksområdet med celletall på 4-5 mill/L der.
- Høy klorofyll-verdi i Krokstadfjorden (KF-1) skyldtes høye celletall (1,1 mill/L) av *Thalassionema nitzschioides*.
- Innenskjærs i Vestfold og i Singlefjorden i Østfold ble det observert lokale oppblomstringer av dinoflagellaten *Heterocapsa triquetra*.

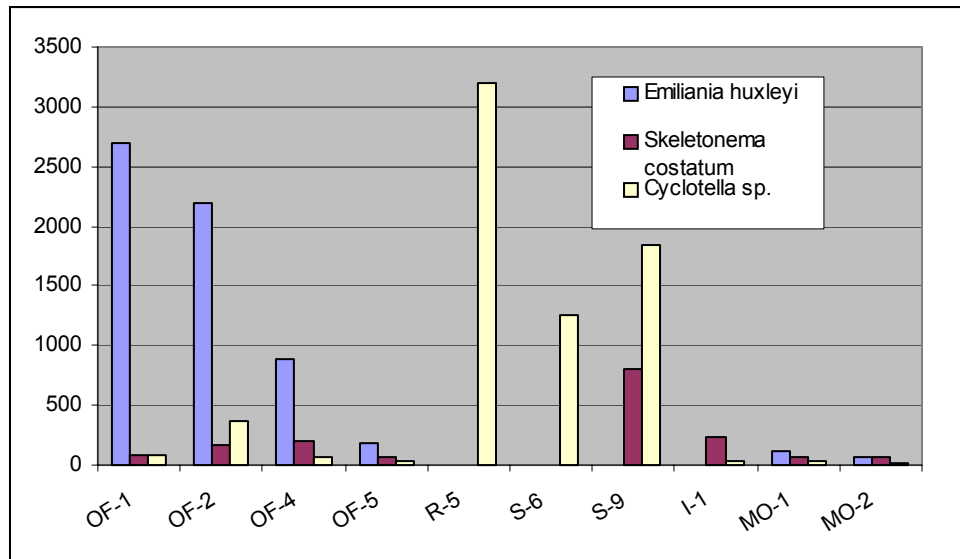


Figur 10-6 Fordelingen av dominerende kiselalger 10-12. juni 2003 (celler/Lx1000).

### 24.-25. juni

I løpet av juni utviklet det seg en massiv oppblomstring av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* som farget sjøen turkis til irrgønn over store deler av Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat. 24-25. juni ble det funnet celletall på 2-3 mill/L i de åpne områdene av Ytre Oslofjord. I områdene innenfor Hvaler og i Iddefjorden var det samtidig en kraftig oppblomstring av kiselalgen *Cyclotella* sp. med celletall på 1-3 mill/L og av *Skeletonema* i Singlefjorden (Figur 10-6 og Figur 10-7). *Cyclotella*-arten som er vanlig i Oslofjorden har tidligere blitt kalt *Cyclotella caspia*, men skal nå kalles *Cyclotella choctawhatcheana* (!) etter en

taksonomisk revisjon (se Throndsen & al. 2003). I teksten her vil vi bruke betegnelsen *Cyclotella* sp. Klorofyllkonsentrasjonene var omtrent halvert siden 10-12. juni, som skyldes at oppblomstringene mot slutten av juni var dominert av arter med betydelig mindre cellevolum.

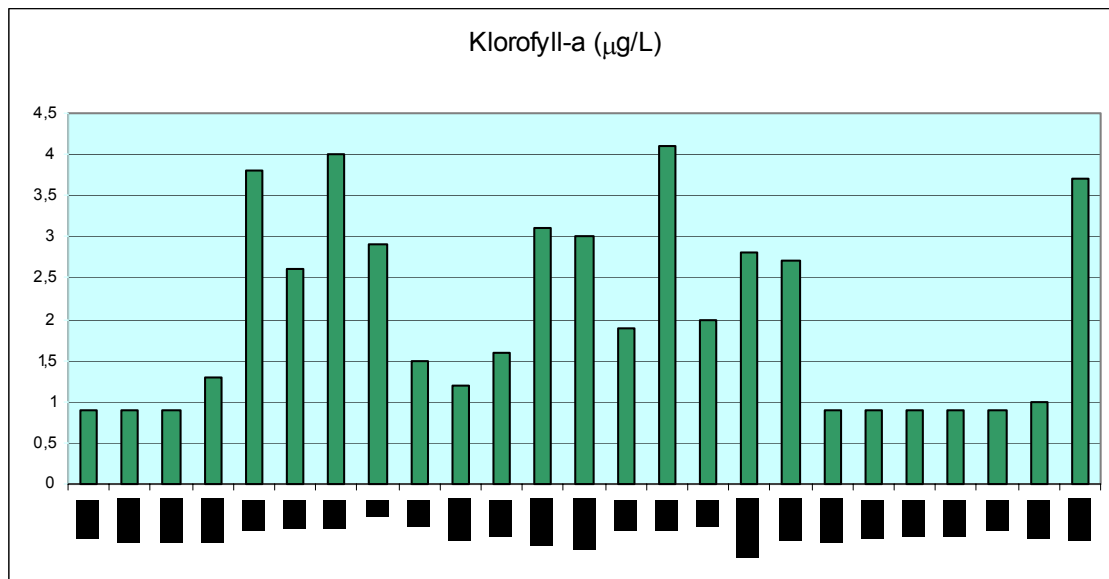


**Figur 10-7 Fordeling av de dominerende planktonalgene 24-25. juni 2003 (celler/Lx1000).**

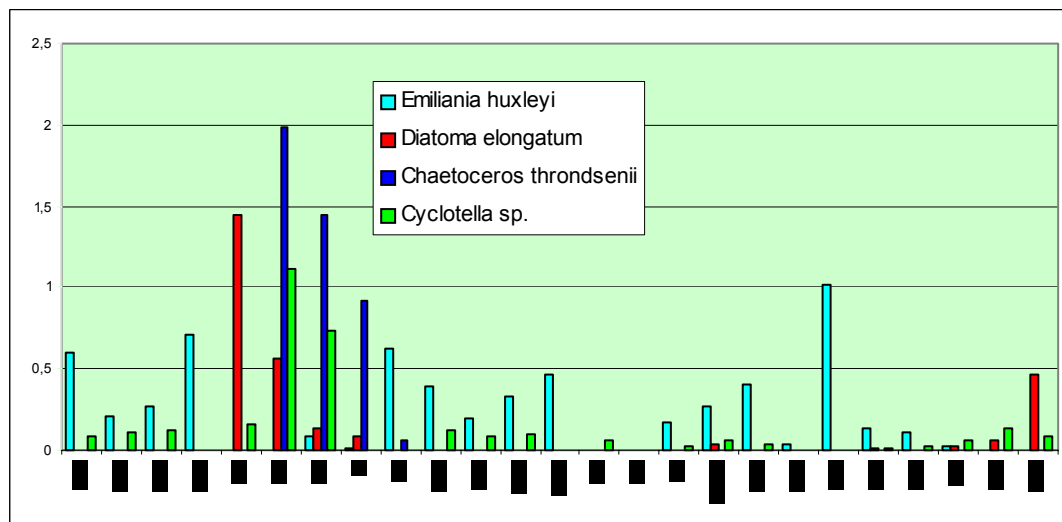
#### 7-10. juli

Dette materialet dekker alle målepunktene og representerer en tilnærmet minimumssituasjon i de åpne områdene av fjorden med gjennomgående lave klorofyllkonsentrasjoner (Figur 10-8) og restbestander etter oppblomstringen av *Emiliana huxleyi* i juni (Figur 10-9). Oppblomstringen av kiselalger fortsatte i Østfold med store celletall av *Chaetoceros throndsenii*, *Diatoma elongatum* og *Cyclotella* sp. I de to andre brakkvannsområdene var planktonet dominert av henholdsvis kiselalger (*Diatoma elongatum*) (Grenland) og brakkvanns/ferskvannsflagellater (*Dinobryon* sp.) og kiselalger (*Asterionella gracillima*) i Drammensfjorden.





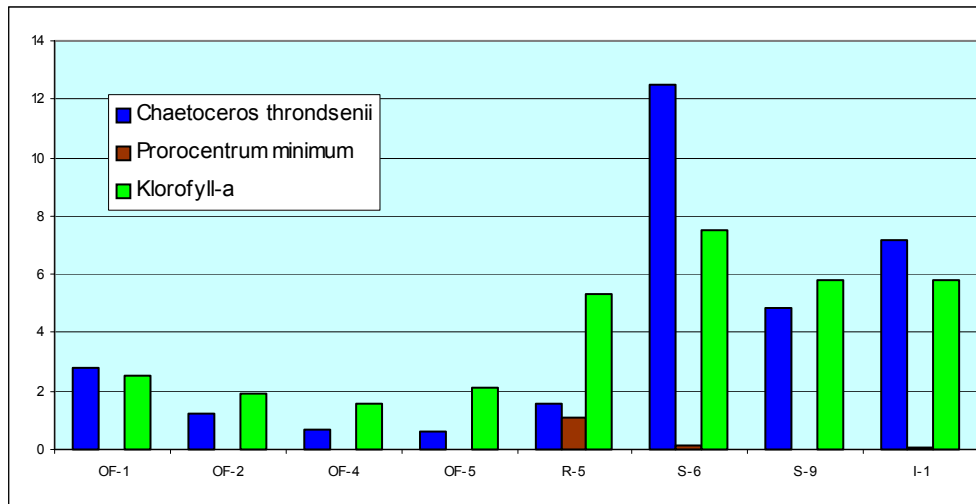
**Figur 10-8** Konsentrasjoner av klorofyll-a 7-10. juli 2003.



**Figur 10-9** Forekomsten av dominerende algeplankton 7-10. juli 2003 (celler/Lx1000).

#### 4-5. august

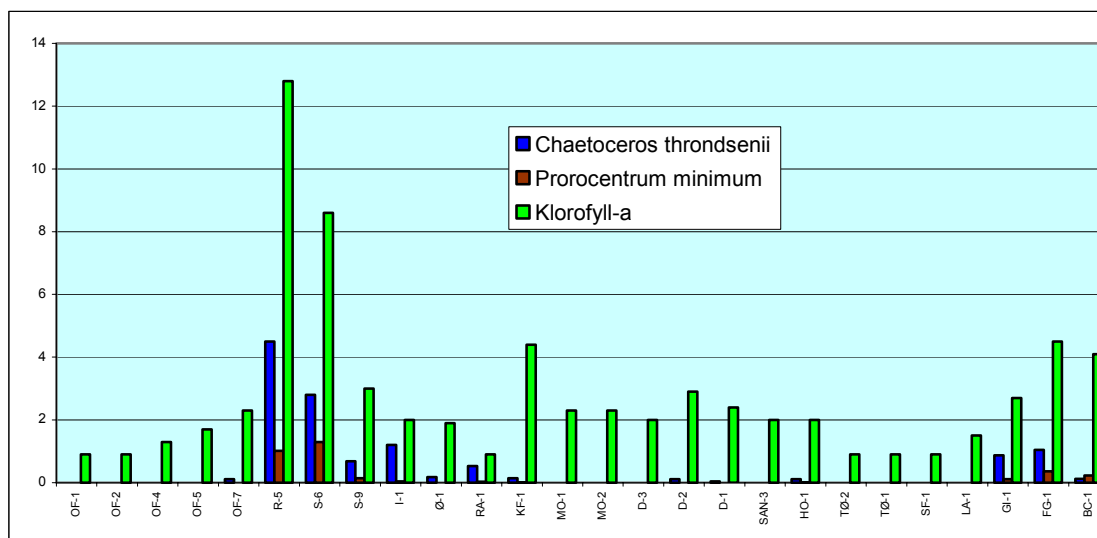
Materialet begrenser seg til de åpne områdene fra Breiangen (OF-5) til Torbjørnskjær (OF-1) og innenskjærs målepunkter innenfor Hvaler. Oppblomstringen av *Chaetoceros throssenii* hadde utviklet seg videre fra begynnelsen av juli og hadde spredt seg til de åpne delene av Ytre Oslofjord (Tabell 10-10). Celletallene fra Kjeøy innenfor Hvaler (S-6) (12,5 mill/L) er de høyeste som hittil er observert i Oslofjordområdet. Dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* som er en karakterart innenskjærs i Østfold om høsten, hadde relativt høye celletall i Iddefjorden (over 1 mill/L). Biomassetallene (klorofyll-a) viser mer enn doble verdier i de indre områdene hovedsakelig på grunn av de større bestandene av *Chaetoceros throssenii* og *Prorocentrum minimum*.



**Figur 10-10** Fordelingen av planktonalger (mill. celler/L) og klorofyll-a (µg/L) i overflatelaget 4-5. august 2003.

#### 18-21. august

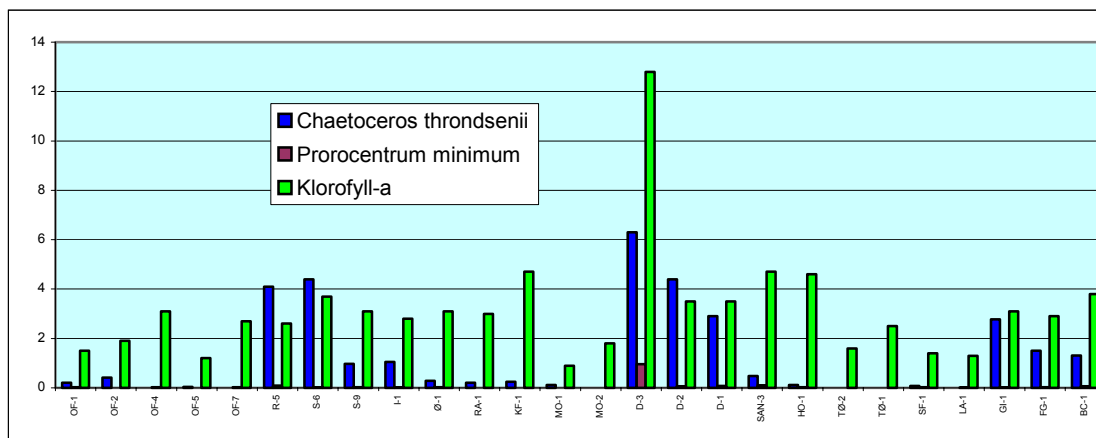
Den langvarige oppblomstringen av *Chaetoceros thronsdensei* fortsatte i Østfold og påvirket delvis de østre delene av hovedfjorden (Figur 10-11). *Procoentrum minimum* hadde økt innenfor Hvaler og bidro til høye klorofyllverdier på R-5 og S-6. I Grenlandsområdet var det de samme dominerende artene som innenfor Hvaler, men biomassen var lavere. Situasjonen i siste halvdel av august var ellers preget av relativt stor artsdiversitet over hele området.



**Figur 10-11** Fordelingen av planktonalger (mill. celler/L) og klorofyll-a (µg/L) i overflatelaget 18-21. august 2003.

22-25. september

*Chaetoceros thronsdensei* fortsatte den usedvanlig kraftige og langvarige oppblomstringen og dekket tilnærmet hele området som er undersøkt. Høye celletall ble registrert i brakkvannsområdene innenfor Hvaler og i Grenlandsområdet. I Drammensfjorden hadde det utviklet seg bestander med celletall på over 6 mill/L fra relativt små forekomster tidligere. Mens *Prorocentrum minimum*-oppblomstringen i Østfold nærmest var borte, hadde det kommet opp en oppblomstring på rundt 1 mill/L innerst i Drammensfjorden (D-3) av denne dinoflagellaten, som sammen med *Chaetoceros thronsdensei* ga en for området svært høy klorofyllverdi (Figur 10-12). I tillegg til disse artene var det et stort antall følgearter, blant andre *Chaetoceros radians* som hadde maksimum på KF-1 med 0,7 mill. celler/L.



**Figur 10-12 Fordelingen av planktonalger (mill. celler/L) og klorofyll-a (µg/L) i overflatelaget 22-25. september 2003.**

4. november, 27. november, 15-16. desember

Utover høsten ble det innsamlet prøver på de fire stasjonene innenfor Hvaler. Algeforekomstene avtok til tilnærmet vinterminimum i midten av desember. I denne perioden utviklet det seg en senhøstopplomstring av kiselalgen *Pseudo-nitzschia calliantha* (tidligere kalt *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*) (se Tabell 10-1). Artsdiversiteten i hele området var svært stor som normalt i Oslofjorden om høsten.

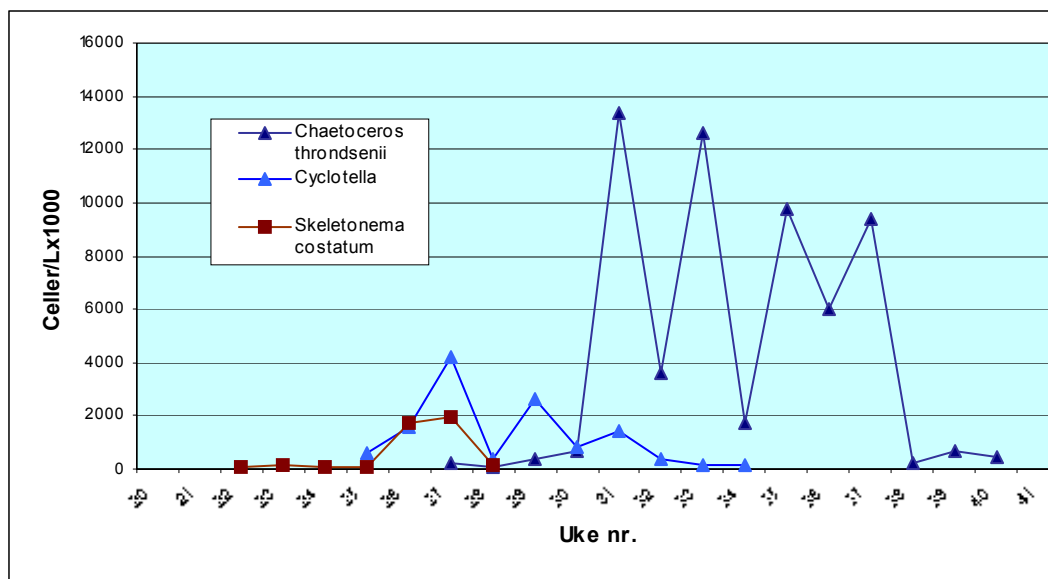
**Tabell 10-1 *Pseudo-nitzschia calliantha* (celler/Lx1000) høsten 2003.**

	22-25. september	4. november	27. november	15-16. desember
R-5	-	2950	250	10
S-6	70	190	210	-
S-9	-	110	-	-
I-1	30	170	-	-

### 10.3 Kvantitativt viktige oppblomstringer

#### Årsvekslingene i Singlefjorden i 2003

Variasjonen i Singlefjorden i Østfold av de tre kvantitativt viktige artene *Chaetoceros thronsdensii*, *Cyclotella* sp. og *Skeletonema costatum* er vist i Figur 10-13. Dataene er fra Oceanors ukentlige prøvetaking gjennom vekstsesongen og utfyller informasjonen en får fra toktprogrammet i overvåkingen. *Chaetoceros thronsdensii* var den mest markante algarten med den uvanlig lange og kraftige oppblomstringen som vekslet i intensitet gjennom en tomåneders periode fra midtsommers og utover. De to andre artene hadde sine maksimumsbestander tidligere, slik de vanligvis opptrer i Oslofjorden.



**Figur 10-13** Vekslingene mellom dominerende arter i Singlefjorden gjennom 2003 (data fra Oceanor). Stasjonen tilsvarer omtrent posisjonen til S-9.

#### *Chaetoceros thronsdensii*

Denne lille kiselalgen kom inn som et markant trekk i algeplanktonet i Oslofjorden i 2002 etter å ha vært observert sporadisk med små bestander tidligere. I 2003 har den markert seg ytterligere som den dominerende algen, både ved den langvarige oppblomstringen og utbredelsen i hele området. Spesielt er denne algen nå en karakterart i brakkevannsområdene innenfor Hvaler, i Drammensfjorden og i Grenlandsområdet. I overgjødslende brakkevannsområder er det en rekke steder internasjonalt observert at små kiselalger kan utvikle uvanlige oppblomstringer, slik det også ble observert i Nordåsvannet i Bergen før kommunalt avløpsvann ble sanert bort fra overflaten inne i selve fjorden (Tangen 1974). Tabell 10-2 gir et inntrykk av utviklingen slik det kommer frem fra de enkelte toktene. Utviklingen ser ut til å ha startet innenfor Hvaler med senere spredning til hovedfjorden og innenskjærs farvann på begge sider av fjorden.

**Tabell 10-2 Forekomsten av *Chaetoceros thronsdonii* i Ytre Oslofjord i 2003.**

	7-10. juli	4-5. august	18-21. august	22-25. september
OF-1	-	2770	-	210
OF-2	-	1220	-	410
OF-4	-	680	-	-
OF-5	-	590	-	40
OF-7	-	-	110	-
R-5	780	1580	4500	4100
S-6	1980	12500	2800	4400
S-9	1450	4820	680	970
I-1	920	7200	1200	1050
Ø-1	60	-	180	280
RA-1	-	-	530	210
KF-1	-	-	140	240
MO-1	-	-	-	120
MO-2	-	-	-	-
D-3	-	-	-	6300
D-2	-	-	110	4400
D-1	-	-	40	2900
SAN-3	-	-	-	480
HO-1	-	-	110	120
TØ-2	-	-	-	-
TØ-1	-	-	-	-
SF-1	-	-	-	80
LA-1	-	-	-	-
GI-1	-	-	870	2780
FG-1	-	-	1050	1500
BC-1	-	-	120	1310

Forhold som favoriserer karakterartene.

Det er lite vi vet om krav til voksebetingelser for de enkelte artene som oppnådde oppblomstringskonsentrasjoner i 2003 (og tidligere år). Brakkvannsområdene, som fikk de spesielt kraftige oppblomstringene av *Diatoma elongatum*, *Chaetoceros thronsdonii* og *Cyclotella* med flere, viser seg å ha markert avvikende næringssaltforhold, i den forstand at N:P-forholdet i disse områdene er høyere (inntil 60-100) enn en mener er optimalt for de fleste alger (15-16). OSPARCOM anslår at et forholdstall på over 25 basert på vinterverdier som kriterium på betydelig avvik fra normaltilstanden. Figur 8-14, Figur 8-15 og Figur 8-16 viser at N:P-forholdstallet både i sommer- og vinterperioden på alle stasjonene innenfor Hvaler, de to innerste stasjonene i Drammensfjorden og de to innerste stasjonene i Grenland har svært høye N:P-forhold sammenlignet med hovedfjorden. Det er god grunn til å se på ferskvannsavrenningen fra land og muligens andre utslipp i overflaten som årsaken til dette avviket.

**10.4 Geografiske forskjeller i planktonalgeforekomstene – regional inndeling**

I de tidligere rapportene er det gjort forsøk på en regional inndeling basert på forekomstene av algeplankton. Avgrensingen av fjordavsnittene er kommentert i forhold til nye observasjoner i 2003. Etter at vi nå har to års data fra undersøkelser i Telemarksfjordene synes det klart at dette området skiller seg så mye fra hovedfjorden at det bør behandles som et separat avsnitt. I 2002 var forskjellene mindre, og området ble ikke skilt ut fra Avsnitt C basert på resultatene det året. I 2003 var det overraskende likheter mellom brakkvannsområdene i Østfold, Drammensfjorden og Telemarksfjordene, når den geografiske

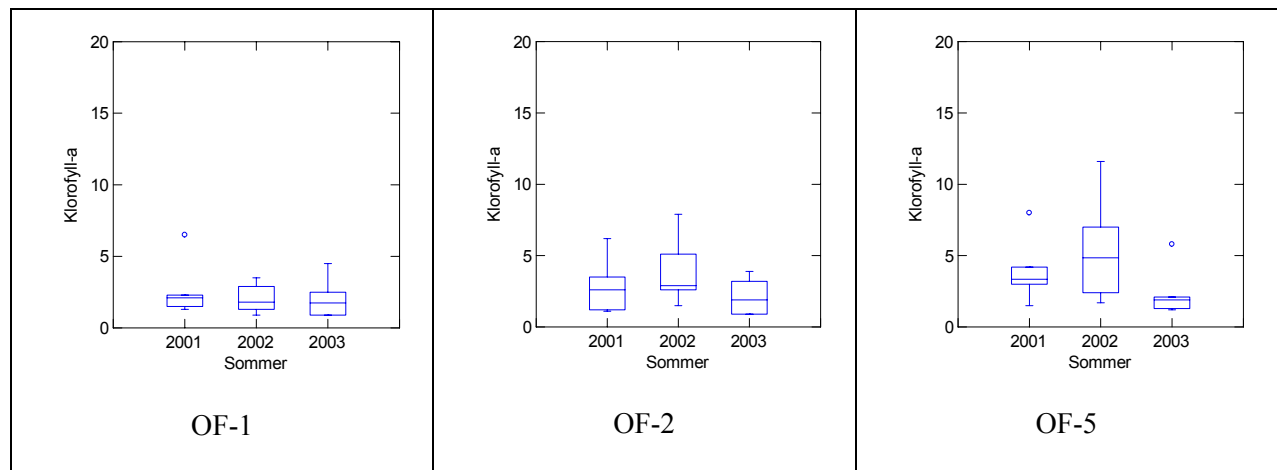
avstanden tas i betraktning. Dette gjelder spesielt hvilke arter som oppnår store oppblomstringskonsentrasjoner.

#### Avsnitt A. Indre fjord fra Drøbaksundet og innover.

Betingelsene for planktonalgevekst er spesielle i forhold til områdene utenfor Drøbaksundet, men vil ikke bli gjenstand for videre vurdering her.

#### Avsnitt B. Breiangen, mellom Drøbaksundet og snittet Moss-Horten, men ikke Drammensfjorden.

Allerede Braarud & Bursa (1939) stotte høye konsentrasjoner av *Skeletonema costatum* i dette avsnittet i 1933-34 i sammenheng med effekten av kloakkutslipp, men utslagene var mindre enn innenfor Drøbaksundet (Avsnitt A), antatt på grunn av fysiske faktorer. I materialet fra 1970-årene var det ingen vesentlig forskjell i konsentrasjonene av planktonalger mellom Drøbaksundet og de åpne områdene av Breiangen. Området kan i en viss grad regnes som et transittområde som periodevis tilføres relativt store planktonalgebestander fra indre fjord. Også de store oppblomstringene av *Karenia mikimotoi* med tyngdepunkt i Skagerrak kan i enkelte tilfeller omfatte Breiangen (Tangen & Bjørnland 1985). Oppblomstringene av enkelte kiselalger (*Skeletonema Chaetoceros*, *Dactyliosolen*) i 2002 indikerte at dette er et område med gunstige forhold for algevekst, som kan skyldes hydrografiske forhold som tilfører overflatelaget næringsalter, i kombinasjon med tilførsler fra indre fjord, Drammensfjorden og Glomma. I 2003 var algeforekomstene i Breiangen markert mindre enn i de foregående årene både når det gjelder klorofyll (Figur 10-14) og celletall, mens Sandebukta hadde noe større algeforekomster.



**Figur 10-14 Konsentrasjon av klorofyll-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) i sommersesongen i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003 fra Torbjørnskjær (OF-1) ytterst innover til Missingene (OF-2) og Breiangen (OF-5).**

#### Avsnitt C. Ytre fjord mellom snittet Moss-Horten og snittet Koster-Stavern, men ikke indre områder i Østfold og Vestfold.

Resultatene fra undersøkelsene i 1970-årene og 1990-årene ga ingen indikasjoner på store forskjeller mellom stasjonene innenfor dette avsnittet. I begge periodene var det endel lokale variasjoner, men hovedinntrykket er relativt høye konsentrasjoner av kiselalger, dinoflagellater og flagellater gjennom vekstsesongen. I 1970-årene var det likevel eksempler på karakteristiske arter (eks. *Thalassionema*

*nitzschioides*) som hadde en gradient fra gjennomsnittlig høyest celletall i Drøbaksundet til lavere i Breiangeren (Avsnitt B) og lavest i de ytre delene (Avsnitt C). Artssammensetningen i kvantitative prøver og håvtrekkmateriale viste både i 2002 og i 2001 at det periodevis kan være relativt store bestander i de åpne delene av fjorden av arter som samtidig har oppblomstringer i innenskjærs farvann i Østfold (eller Vestfold) (f. eks. *Cyclotella* sp, *Chaetoceros thronsdonii*), og dette avsnittet er som regel en del av oppblomstringsområdet for store oppblomstringer av dinoflagellater, f. eks. *Ceratium* spp. og *Karenia mikimotoi* som har utgangspunkt i Skagerrak.

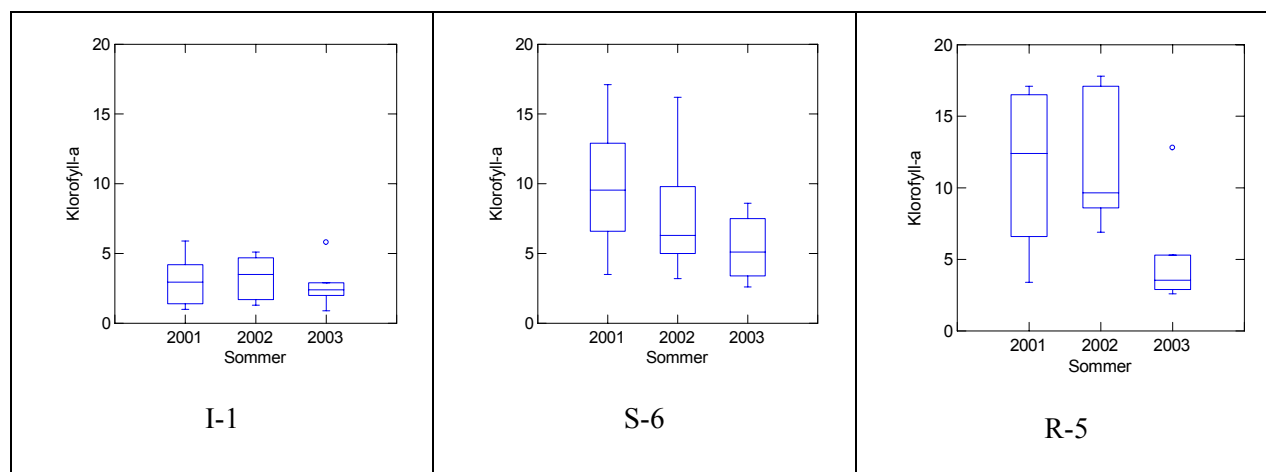
Dette inntrykket forsterkes av observasjonene i 2003. Her synes planktonforekomstene i stor grad å være påvirket av tilførsler utenfra. Eksempler på dette i 2003 var den massive oppblomstringen av *Emiliania huxleyi* i Nordsjøen og Skagerrak samt tilførslene fra Hvalerområdet av *Chaetoceros thronsdonii* og *Cyclotella* sp. som ga ganske høye celletall i hovedfjorden avtakende innover. Ser en bort fra slike tilførsler, kan det være grunn til å vurdere om hovedfjorden utenfor Moss-Horten skiller seg vesentlig fra kysten ellers når det gjelder området egeproduksjon av algeplankton.

#### **Avsnitt D.** Innenskjærs områder og skjærgården i Vestfold.

Det foreligger ingen sammenhengende måleserier fra dette avsnittet, men spesialundersøkelser under oppblomstringssituasjoner har vist at det kan utvikles misfarget sjø og store forekomster, spesielt av dinoflagellater (Tangen 1985, Paasche & al. 1984), også i ekstremt høye konsentrasjoner (Tangen 1980). Hvorvidt dette er unntakstilfeller eller om situasjonen har endret seg i de senere år, er ikke kjent. Materialet fra 2003 ga et bilde som ikke er særlig forskjellig fra observasjonene i 2001-2002. Stasjon TØ-2 (Hvalø) ligner mest på de åpne områdene og er noe forskjellig fra fjordene ved Tønsberg, Sandefjord og Larvik. I 2003 kom klorofyllkonsentrasjonene i samme tilstandsklasse som de åpne områdene (I-Meget god), med stort sett ganske like algeforekomster.

#### **Avsnitt E.** Innenskjærs områder og skjærgården i Østfold.

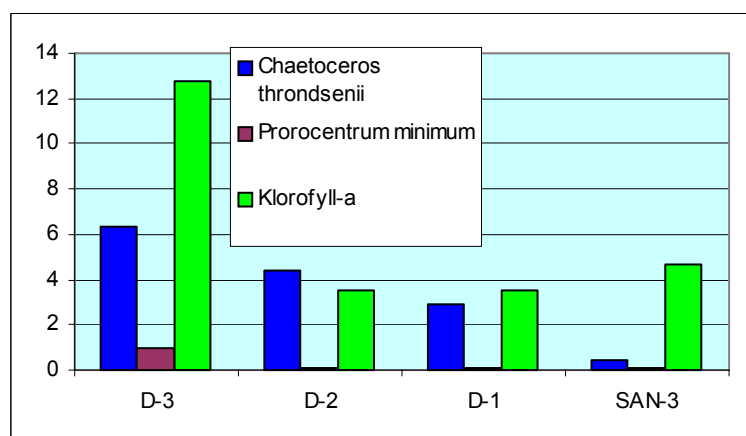
Dette avsnittet ble ikke inkludert i undersøkelsene i 1970-årene, men resultatene fra senere undersøkelser og det omfattende materialet fra 1990-årene som er referert ovenfor, viser at dette avsnittet skiller seg markert ut som den delen av ytre Oslofjord som har de gjennomgående største planktonalgebestandene. Dette ble bekreftet av resultatene fra 2001 og igjen i 2002. Det er her omtrent hvert år en serie av oppblomstringer der alle hovedgrupper av planktonalger kan være representert. Etter den første dokumenterte oppblomstringen av *Prorocentrum minimum* i Nord-Europa, som fant sted i innenskjærs områder i Østfold og Vestfold i 1979 (Tangen 1980), har Østfold blitt et kjerneområde for denne arten, med tildels massive oppblomstringer omtrent hvert år. Også i 2003 ble det observert moderate oppblomstringsmengder av denne arten. Resultatene fra 2003 bekrefter antakelsene fra 2001 og 2002 som tydet på at Ringdalsfjorden/Iddefjorden har en annen algestatus enn Singlefjorden, og at nærområdet til Glommas utløp (Ramsø – I-1) skiller seg ut med gjennomgående noe mindre algebestander. Ved siden av forskjellene i algebestandenes artssammensetning og celletall er dette også bekreftet i klorofyllkonsentrasjonene (Figur 10-15). Sammenlignet med 2001-2002 var det vesentlig mindre algebiomasse i Ringdalsfjorden gjennom sommeren i 2003, til tross for en høy enkeltverdi i mai.



**Figur 10-15** Konsentrasjon av klorofyll-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) i sommersesongen i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003 fra Ramsø i Hvaler (I-1) innover til Kjeøy (S-6) og til Ringdalsfjorden/Iddefjorden (R-5).

#### Avsnitt F. Drammensfjorden innenfor Svelvikterskelen.

Algematerialet fra dette kystavsnittet er forholdsvis sparsomt. I en undersøkelse fra mars til desember 1951 beskrev Braarud & al. (1958) forekomsten av algeplankton i Drammensfjorden og kommenterte også komponenten av ferskvanns- og brakkvannsarter. I perioden 2001-2003 har det generelt vært dominans av brakkvannsarter som *Diatoma elongatum* og *Dinobryon* sp. med innslag av ferskvannsalger. I 2002 og spesielt i 2003 ble det observert store oppblomstringer av kiselalger (*Chaetoceros thronsenii*, *Cyclotella caspia*) og for første gang en markert oppblomstring av *Prorocentrum minimum* i indre deler av Drammensfjorden (1 mill/L på D-3 i slutten av september 2003) (Figur 10-16). Her ser det ut til å være den noe høyere saltholdigheten i overflatelaget antakelig noe lenger oppholdstid innenfor Svelvik i 2003 som har gitt disse forekomstene, som en eutrofieringseffekt under disse forholdene.

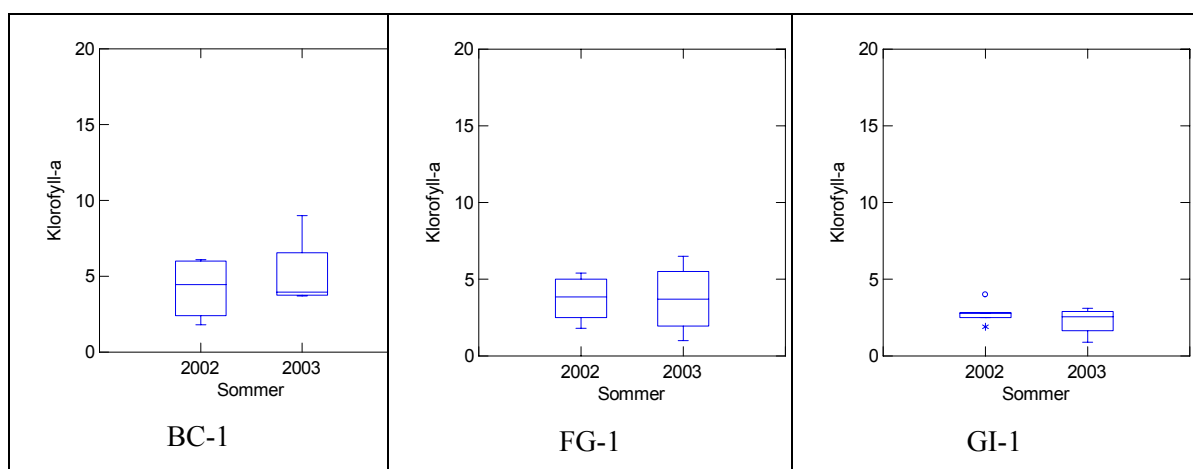


**Figur 10-16** Fordelingen av de dominerende planktonalgene (mill. celler/L) og klorofyll-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) i overflatelaget 22-25. september 2003 i Drammensfjorden (D-3 innerst) og i Sandebukta..

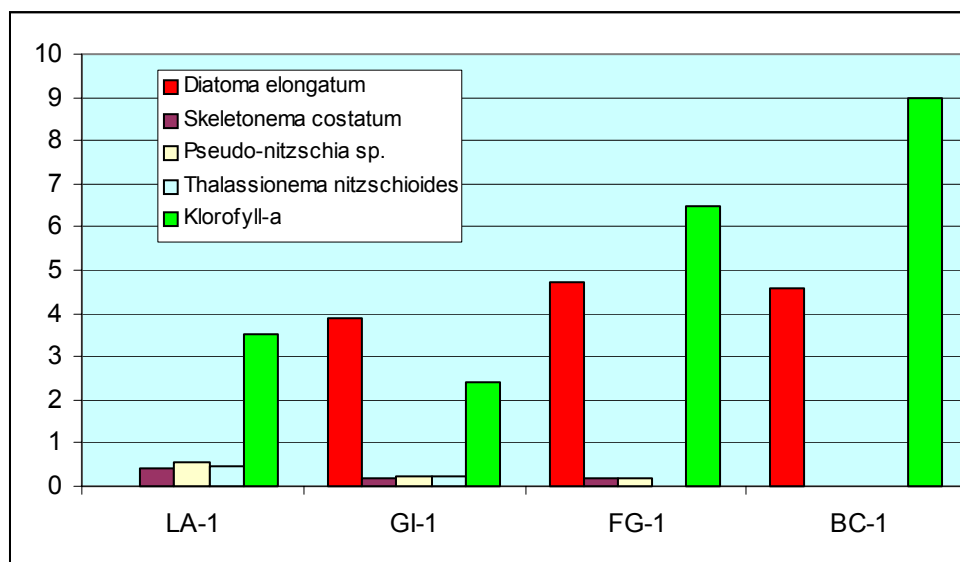


**Avsnitt G. Grenlandsfjordene.**

Det foreligger data fra to års undersøkelser i 2002 og 2003. En foreløpig vurdering er at avsnittet kjennetegnes på evnen til å utvikle store lokale forekomster av algeplankton som skiller seg fra hovedfjorden i artssammensetning og biomasse. Gjennomsnittlige klorofyllverdier var omtrent de samme i de to årene på alle de tre undersøkte målestasjonene, med lavest gjennomsnittsverdi i Håøyfjorden (Figur 10-17). I begge årene er det observert situasjoner med høye celletall som skiller Grenlandsfjordene fra områdene utenfor. Figur 10-18 viser en slik situasjon i juni 2003 med en kraftig oppblomstring av brakkvannsalgen *Diatoma elongatum* i Grenlandsfjordene og moderate oppblomstringer av andre kiselalger i det samme området og i hovedfjorden og Larviksfjorden.



**Figur 10-17** Konsentrasjon av klorofyll-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) i sommersesongen i 0-3m dyp for årene 2001 – 2003 i Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1) og Håøyfjorden (GI-1).



**Figur 10-18** Fordelingen av de dominerende planktonalgene (mill. celler/L) og klorofyll-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) i overflatelaget 22-25. september 2003 i Frierfjorden (BC-1), Langesundsfjorden (FG-1), Håøyfjorden (GI-1) og Larviksfjorden (LA-1).

## 10.5 Sammendrag og foreløpige konklusjoner

Planktonalgeforekomstene i ytre Oslofjord er beskrevet på grunnlag av et relativt omfattende materiale fra 2001, 2002 og 2003 og resultater som har vært tilgjengelige fra tidligere undersøkelser. Fjorden er inndelt i avsnitt som hvert enkelt har særtrekk som har betydning for algevekst. Avsnittet som omfatter innenskjærs områder og skjærgården i Østfold skiller seg ut ved å ha gjennomsnittlig betydelig høyere konsentrasjoner av kiselalger enn de andre avsnittene. Også de to andre brakkvannsområdene, Drammensfjorden innenfor Svelvik og Grenlandsfjordene i Telemark kan ha høye konsentrasjoner av kiselalger og en artssammensetning som skiller seg fra hovedfjorden. De åpne områdene i ytre fjord, begrenset av snittet Moss-Horten i nord og snittet Koster-Stavern i sør, synes å ha noe høyere konsentrasjoner av algeplankton enn områdene lenger sør, men dette er ikke like klart alle år. Dette avsnittet av fjorden ser ut til å være påvirket av tilførsler av algebestander fra større oppblomstringer i Skagerrak og fra innenskjærs oppblomstringer i Østfold. Det er ikke klart at hovedfjorden utenfor Moss-Horten skiller seg vesentlig fra kysten ellers når det gjelder områdets egenproduksjon av algeplankton.

Enkelte av avsnittene har karakteristiske oppblomstringer av arter fra flere algegrupper i sommerperioden. Områdene som er sterkest influert av avrenning fra Glomma, synes også å ha de relativt høyeste konsentrasjonene av kiselalger.

Spesielt innenskjærs områder i Østfold, tildels også i Grenlandsfjordene og Drammensfjorden, har trekk ved planktonalgeforekomstene som man andre steder knytter til økt tilførsel av næringssalter til overflatelaget. Dette gjelder ved siden av relativt høye celletall for kiselalgene, store oppblomstringer av dinoflagellater, spesielt karakterarten *Prorocentrum minimum* og enkelte (små) kiselalger som globalt sett er kjent for å ha oppblomstringer i eutrofierte brakkvannsområder. Vekstforholdene i brakkvannsområdene er karakterisert ved avvikende næringssaltforhold og spesielt høye N:P-forhold som kan antas å innvirke blant annet på artssammensetningen og hvilke arter som oppnår høye konsentrasjoner under oppblomstringssituasjoner.

## 11 REFERANSER

Abdullah, M.I. & M. Danielsen, 1989. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.6b. Hydrokjemiske observasjoner i ytre Oslofjord. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 421/90.

Afzelius, Lars, 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. NIVA-rapport O-38/75 VII, 25/1 1979, 52 s.

Anon, 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutrofi forhold i fjorder og kystfarvann. SFT 1996.

Anon, 2000. Forum Skagerrak. Miljøstatus og fremtidig miljøovervåking. En populærrapport. <http://www.forumskagerrak.com>

Anon, 2001. The Skagerrak – environmental state and monitoring prospects. Forum Skagerrak. <http://www.forumskagerrak.com>

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1996. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Oksygenforbruk, organisk belastning og vannutskiftning. Havforskningsinstituttet Prosjektrapport 17-1996.

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1998. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Vannutskiftning, oksygen og næringssalter 1995 – 1998. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 725/98 (TA-1529/1998).

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1999. Ytre Oslofjord. Hydrografi og næringssalter over terskeldyp. Prosjektrapport, Havforskningsinstituttet. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 785/99 (TA-1696/1999). ISSN 0071-5638.

Aure, J. & Didrik Danielssen, 2001. Ytre Oslofjord. Overvåking av eutrofitilstanden 1999 - 2000. Fisken og Havet nr. 3 2001.

AQUATEAM, 2001. Riverine Inputs and Direct discharges to Norwegian Coastal Waters - 2000. OSPAR Commission. B: Data report. Report number: 01-031.

AQUATEAM, 2002. Riverine Inputs and Direct discharges to Norwegian Coastal Waters - 2001. OSPAR Commission. B: Data report. Report number: 02-016 B.

Baalsrud, K. & J. Magnusson, 1990. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Hovedrapport. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport nr. 427/90.

Braarud, T., Bursa, A. 1939. The phytoplankton of the Oslo Fjord 1933-1934. - Hvalråd. Skr.19:1-63.

DNV, 1991. Resipientundersøkelser i Mossesundet, 1990. Del I. Sammendrag og Hovedrapport. Del II Datatrapport. P90-525.

DNV, 1996a. Resipientundersøkelser av Mossesundet. DNV-rapport 96-3285.

DNV 1996b. Resipientundersøkelse i Sandebukta 1995. Det Norske Veritas. Rapportnr. 96-3177.

DNV 1998. Vurdering av utslippsforhold til Sandebukta. DNV rapport nr. 98-3310.

DNV 1999a. Miljøovervåking av Sandebukta 1998/1999, delrapport 2. DNV-rapport nr. 99-3414.

- DNV 1999b. Miljøovervåking av Sandebukta 1998, delrapport I. DNV-rapport nr. 99-3145.
- DNV 2000a. Miljøovervåking av Sandebukta 1999, Delrapport III. DNV-rapport nr. 2000-3043.
- DNV 2000b. Miljøovervåking av Sandebukta 2000, Delrapport I. DNV-rapport nr. 2000-3382.
- DNV, 2001a. Biologisk rensing av avløpsvannet fra PLm. Konsekvenser av 50% reduksjon sammenlignet med 70% av KOF. DNV rapport 2001-0860.
- DNV, 2001b. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Bløtbunnsfauna og gruntvannsundersøkelse. DNV rapport 2001-0417.
- DNV, 2001c. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Vannkvalitet. DNV rapport 2001-1210.
- FMVAØ, 2000. Vannkvalitetsovervåking i Østfold 1980 – 1999. Fylkemannen i Østfold, Miljøvernavdelingen. Rapport 3/2000.
- ICG, 2001. Tilførlser – Kildeoversikt – 2001. Interconsult rapport.
- Interconsult, 1997. Resipientovervåking i Tønsbergfjorden. Sammenstilling av måleverider fra perioden 1976 – 1996. Tønsbergfjordens Avløpsutvalg (TAU). Interconsult rapport.
- Iversen, P.E. 1981. ”Benthosalgelvegetasjonen i Sandfjordsfjorden og Mefjorden, søndre Vestfold”. Hovedfagsoppgave i marin botanikk. Universitetet i Oslo.
- Magnusson, J. & K. Sørensen, 1996. Overvåking av Hvaler – Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 – 1994. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i dypvannet. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 653/96.
- Magnusson, J. & J. Skei, 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskifting og hydrokjemi. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 170/84.
- Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Del I, Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill A/S. Del II: Marinbiologiske undersøkelser. Rapport nr. P82-020.
- Miljøplan, 1984. Forurensningssituasjonen i Sandefjordsfjorden og Mefjorden belyst gjennom forekomst av fastsittende alger. Fremdriftsrapport 1977 – 1983.
- Miljøplan, 1990. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Miljøplan rapport.
- NIVA 1971. Forurensningsproblemene i Sandebukta. Rapport 59/69.
- NIVA, 1978. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i juli 1978. Rapport nr. 1. O-74095.
- NIVA, 1989. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.15. Mossesundet. Rapport 353/89.
- NIVA, 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter fra Sandefjordsfjorden. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 586/94. ISBN 82-577-2645-1.
- NIVA, 1996. Mossesundet. Virkning av vannkvaliteten ved dyputslipp fra Peterson Moss AS. NIVA rapport Lnr. 3553-96.
- NIVA, 1996. Brukerveiledning og dokumentasjon for TEOTIL. Modell for teoretiske



- beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. O-94060. L.nr. 3426-96. NIVA rapport.
- NIVA, 1997. Vannutskiftning og nærings saltbudsjetter i ytre Oslofjord. NIVA Rapport LNR. 3593-97.
- NIVA, 1998. Resultatkontroll jordbruk 1998 – Effekt av tiltak mot forurensninger. Målte og modellerte tilførsler av næringsalter. Vannkvalitet i hovedvassdrag. NIVA rapport 3799-98.
- NIVA, 1999. Grenlandsfjordene 1994-1997. Undersøkelser av vannkjemiske forhold og vannutskiftning. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 756-99. TA-1626-99.
- NIVA, 1999b. Grenlandsfjordene. En vurdering av kystvannets innflytelse på overflatelaget. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport 757/99.
- NIVA, 2000a. Overvåking av Ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Singlefjorden/Hvaler og Ringdalsfjorden 1999. NIVA Rapport 4237-2000.
- NIVA, 2000b. Oksygenforholdene i Drammensfjorden oktober 2000. NIVA Rapport LNR. 4311-2000.
- NIVA, 2000c. Overvåking av Grenlandsfjordene 1998 – 99. Badevannskvalitet og oksygenforhold. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport 794/00.
- NIVA, 2001a. Overflateobservasjoner i ytre Oslofjord juli og august 2000. NIVA rapport L.nr 4345-2001.
- NIVA, 2001b. Overvåking av ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Hvaler og Singlefjorden i 2000. NIVA Rapport LNR 4367-2001
- Paasche, E., Bryceson, I., Tangen, K. 1984. Interspecific variation in dark nitrogen uptake by dinoflagellates. - J. Phycol. 20:394-401.
- SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03.
- Stigebrandt, A., 1999. Grenlandsfjordene. En vurdering av kystvannets innflytelse på overflatelaget. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 757-99. TA-1627-99.
- Tangen, K. 1985. *Gyrodinium aureolum* og andre dinoflagellater i Oslofjorden, 1966-1982. - Flødev. Meld. 3:33-54.
- Tangen, K., Bjørnland, T. 1985. *Gyrodinium aureolum* høsten 1981. Observasjoner i Oslofjorden i oktober. – Flødev. Meld. 3:55-64.
- Tangen, K. 1980. Brunt vann i Oslofjorden i september 1979, forårsaket av den toksiske *Prorocentrum minimum* og andre dinoflagellater. Blyttia 38:145-158

## 12 EN DEL TIDLIGERE UNDERSØKELSER - YTRE OSLOFJORD

### 12.1 Ytre Oslofjord

- Abdullah, M.I. & M. Danielsen, 1989. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.6b. Hydrokjemiske observasjoner i ytre Oslofjord. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 421/90.
- Anon, 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutroforhold i fjorder og kystfarvann. SFT 1996.
- Aure, J. & Didrik Danielssen, 1996. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Oksygenforbruk, organisk belastning og vannutskiftning. Havforskningsinstituttet Prosjektrapport 17-1996.
- Aure, J. & Didrik Danielssen, 1998. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Vannutskiftning, oksygen og næringssalter 1995 – 1998. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 725/98 (TA-1529/1998).
- Aure, J. & Didrik Danielssen, 1999. Ytre Oslofjord. Hydrografi og næringssalter over terskeldyp. Prosjektrapport, Havforskningsinstituttet. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 785/99 (TA-1696/1999). ISSN 0071-5638.
- Aure, J. & Didrik Danielssen, 2001. Ytre Oslofjord. Overvåking av eutrofitilstanden 1999 - 2000. Fisken og Havet nr. 3 2001.
- Baalsrud, K. & J. Magnusson, 1990. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Hovedrapport. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport nr. 427/90.
- Braarud, T., Bursa, A. 1939. The phytoplankton of the Oslo Fjord 1933-1934. - Hvalråd. Skr.19:1-63.
- Magnusson, J., 1988. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Forprosjekt. Oksygenforholdene i Ytre Oslofjord. Resultater av tokt 19.-21.10. 1987. NIVA rapport nr. 1957.
- Magnusson, J., 1990. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 4.4.b. Studier av eldre data. Vurdering av oseanografiske data. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport 420/90.
- Magnusson, J., 1990. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.4.c og 3.5.d. Hydrografiske observasjoner i Drøbaksundet februar – november 1988. Ytre Oslofjord juni 1988, Ytre Oslofjord/Skagerrak NO august 1988. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport 400/90.
- NIVA, 1997. Vannutskiftning og næringssaltbudsjetter i ytre Oslofjord. NIVA Rapport L.nr. 3593-97.
- NIVA, 2001a. Overflateobservasjoner i ytre Oslofjord juli og august 2000. NIVA rapport L.nr 4345-2001.
- Tangen, K. 1985. *Gyrodinium aureolum* og andre dinoflagellater i Oslofjorden, 1966-1982. - Flødev. Meld. 3: 33-54.
- Tangen, K., Bjørnland, T. 1985. *Gyrodinium aureolum* høsten 1981. Observasjoner i Oslofjorden i oktober. – Flødev. Meld. 3:55-64.
- Tangen, K. 1980. Brunt vann i Oslofjorden i september 1979, forårsaket av den toksiske *Prorocentrum minimum* og andre dinoflagellater. Blyttia 38:145-158

Tangen, K., 1983. Shellfish poisoning and the occurrence of potential toxic dinoflagellates in Norwegian waters. *Sarsia*, 68: 1-7.

## 12.2 Østfold

FMVA, 2000. Vannkvalitetsovervåking i Østfold 1980 – 1999. Fylkemannen i Østfold, Miljøvernavdelingen. Rapport 3/2000.

## 12.3 Hvaler – Singlefjorden - Iddefjorden

Afzelius, Lars, 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. NIVA-rapport O-38/75 VII, 25/1 1979, 52 s.

DNV, 1991. Resipientundersøkelser Iddefjorden 1991. Rapport til Saugbruksforeningen. DNV rapport 91-.

DNV, 1992. Resipientundersøkelser Iddefjorden 1992. Rapport til Saugbruksforeningen. DNV rapport 92-3598.

Josefsson, B., 1977. Tracing of discharges from pulp and paper industries in recipient water bodies. In: Proceedings, IV Soviet-Swedish Symposium on Protection of the Baltic from pollution, Riga 1977.

Knutzen, J., 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbruksforeningen. NIVA-rapport O-86055, 88s.

Knutzen, J. & J. Skei, 1984. Analyse og karakterisering av belegg på strender i Løperen – Hvalerområdet. NIVA-rapport nr. 2107, 31 s.

Magnusson, J. & J. Skei, 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 170/84.

Magnusson, J. & K. Sørensen, 1993. Overvåking av Hvaler – Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990 – 1991. Overflatevannets vannkvalitet. Hydrografi, hydrokjemii, tungmetaller i vann og fjernanalyse. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 517/93.

Magnusson, J. & K. Sørensen, 1996. Overvåking av Hvaler – Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 – 1994. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i dypvannet. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 653/96.

NIVA, 2000a. Overvåking av Ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Singlefjorden/Hvaler og Ringdalsfjorden 1999. NIVA Rapport 4237-2000.

NIVA, 2001b. Overvåking av ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Hvaler og Singlefjorden i 2000. NIVA Rapport LNR 4367-2001

Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden 1980-83. Konklusjonsrapport. Rapport 171/84. NIVA rapport nr. 1688.

## 12.4 Mossesundet

Bjørkman, F. & C.G. Gøransson, 1974. Resipientundersøkelse i Mossesundet. Samfunnsteknikk VBB A/S, 1974.

DNV, 1991. Resipientundersøkelser i Mossesundet, 1990. Del I. Sammendrag og Hovedrapport. Del II Datatrapport. P90-525.

DNV, 1996a. Resipientundersøkelser av Mossesundet. DNV-rapport 96-3285



DNV, 2001a. Biologisk rensing av avløpsvannet fra PLm. Konsekvenser av 50% reduksjon sammenlignet med 70% av KOF. DNV rapport 2001-0860.

DNV, 2001b. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Bløtbunnsfauna og gruntvannsundersøkelse. DNV rapport 2001-0417.

DNV, 2001c. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Vannkvalitet. DNV rapport 2001-1210.

Hovind, S., 1983. Foraminiferfaunaen langs en forurensingsgradient i Mossesundet. Hovedsagsoppgave ved institutt for marinbiologi avd. mar. zool. Og kjemi Universitetet i Oslo.

Hovind, S., 1983. Hydrografiske undersøkelser i Mossesundet i perioden 11.5. til 15.9. 1983. Stensil.

Johansen, Ø., 1986. M. Peterson & Søn A/S. Prosessvann til Mossesundet. Utslippsvurderinger. Rapport nr. 320.002 Østlandskonsult.

NIVA, 1989. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.15. Mossesundet. Rapport 353/89.

NIVA, 1996. Mossesundet. Virkning av vannkvaliteten ved dyputslipp fra Peterson Moss AS. NIVA rapport Lnr. 3553-96.

## 12.5 Tofte – Hurum - Breiangen

Aarefjord, J. & P. Liseth, 1979. Marinbiologiske undersøkelser. Tofte. En fotodokumentasjon. Rapport – Miljøplan.

Miljøplan, 1979. Hydrografiske undersøkelser og strømmålinger ved Tofte, Oslofjorden. Rapport.

Miljøplan, 1981. Marinbiologiske overvåkingsundersøkelser – Tofte. 1981. Rapport.

Miljøplan, 1985. Resipientundersøkelser ved Tofte, Hurum. Marinbiologiske undersøkelser, 1984. Miljøplan rapport 90-84.

## 12.6 Drammensfjorden

Beyer, F., 1954. Studies of a threshold fjord – Dramsfjord – in southern Norway. I Hydrography and II. Zoology. Master thesis. Univ. Oslo.

Hetland, A., 1988. Undersøkelser av kvikksølv og enkelte klorerte hydrokarboner i fisk fra Drammensfjorden. Rapp. Byveterinæren i Drammen, NMK.

Hvoslef, S., L. Kirkerud, J. Knutzen, K. Kvalvågnes, J. Magnusson, M. Mjelde, K. Næs, A. Pedersen, B. Rygg & Ø. Wiik, 1987. Baisiumundersøkelser i Drammensfjorden 1982 – 1984. Konklusjonsrapport. Overvåkingsrapport nr. 266/86. Statlig program for forurensningsundersøkelser. NIVA rapport 2045.

NIVA, 2000b. Oksygenforholdene i Drammensfjorden oktober 2000. NIVA Rapport LNR. 4311-2000.

## 12.7 Sandebukta

Bakke, S. M. 1994. Effekter av organisk belastning i Sandebukta, Larviksfjorden og Mossesundet. Hovedsagsoppgave i marin zoologi ved UiO.

Driftsassistansen i Vestfold 1998. Årsrapport for Lersbryggen Renseanlegg. Aquateam – Norsk Vannteknologisk Senter A/S.





- DNVI 1995. Hydrografi og oksygenforhold i Sandebukta 1993/1994. Det Norske Veritas Industry. Rapport nr. 95-3139.
- DNV 1996b. Resipientundersøkelse i Sandebukta 1995. Det Norske Veritas. Rapportnr. 96-3177.
- DNV 1998. Vurdering av utslippsforhold til Sandebukta. DNV rapport nr. 98-3310.
- DNV 1999a. Miljøovervåking av Sandebukta 1998/1999, delrapport 2. DNV-rapport nr. 99-3414.
- DNV 1999b. Miljøovervåking av Sandebukta 1998, delrapport I. DNV-rapport nr. 99-3145.
- DNV 2000a. Miljøovervåking av Sandebukta 1999, Delrapport III. DNV-rapport nr. 2000-3043.
- DNV 2000b. Miljøovervåking av Sandebukta 2000, Delrapport I. DNV-rapport nr. 2000-3382.
- DNV 2001a. Miljøovervåking av Sandebukta 2000 – Delrapport II. DNV rapp.nr. 2001-0141.
- DNV 2001b. Miljøovervåking av Sandebukta 2001/2002, rev. 02. Revidert programforslag. Sano-01aaaa2v.doc, 5.07.2001.
- DNV 2001c. Oksygenforhold i Sandebukta – Bidraget fra Sande Paper Mill. DNV Rapp.nr. 2000-3434.
- Fylkesmannen i Vestfold 1994. Forurensningsregnskap for Vestfold 1993. Beregning av fosfor- og nitrogenutslipp til vassdrag og sjøområder. Rapport nr. 3/94.
- Jensen, T., Syvertsen, E., Olsgard, F. 1990. Gruntvannsundersøkelser i Sandebukta, 1989 og 1990.
- Liseth P. & Kolstad, S. 1984. Resipientundersøkelse i Sandebukta, Del III; Misfarging av sjøen ved overflateutslipp. Miljøplan 1984. Rapp. 37/79-83. 16 s.
- Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Del I, Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill A/S. Del II: Marinbiologiske undersøkelser. Rapport nr. P82-020.
- Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. P89-032. Del I; Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill. Del II: Marinbiologiske undersøkelser. Rapp. P-82-020.
- Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Del III Misfarging av sjø ved overflateutslipp.
- Miljøplan, 1990. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Miljøplan rapport.
- NIVA 1971. Forurensningsproblemene i Sandebukta. Rapport 59/69.
- NIVA 1997. Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breiangen. NIVA rapp.nr. 3657-97.
- Scan-Dykk AS, 1998. Brev til Sande kommune, Teknisk Etat datert 10.08.1998.
- SFT 1996. Ytre Oslofjord - Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutrofi forhold i fjorder og kystfarvann.

## 12.8 Holmestrand

- Bokn, T., 1987. Biologiske undersøkelser omkring utslipp til Holmestrandsfjorden. Gruntvannssamfunn 1985 og 1986. NIVA rapport 1989.
- Rygg, B., 1986. Biologiske undersøkelser omkring utslipp til Holmestrandsfjorden. Bløtbunnsfauna 1985. NIVA rapport O-85127.

## 12.9 Horten

Liseth, P., F. Aarefjord & P.E. Iversen, 1983. Undersøkelse av bunnforholdene i sjøen utenfor hovedstasjonen for oljevern, Horten. Rapport 25-83. SI & Miljøplan.

McClimans, T., S. Tryggestad & A. Nitve, 1976. Lokalisering av utslipp ved Horten. Vassdrag og Havnelaboratoriet, Trondheim. Rapport STF 60 F.

## 12.10 Slagentangen

Bakke, T., J. Knutzen & K. Kvalvågnes, 1986. Syrebek-deponi ved raffineriet på Valløy. Effekter av deponiet på sjøområdet utenfor og vurdering av aktuelle tiltak. NIVA rapport nr. 1840.

Siljeholm, J., 1985. Vannforurensing og tiltak mot vannforurensing ved ESSO raffineriet på Slagentangen. En miljøkjemisk analyse og "kost/nytte" vurdering. Hovedfagsoppgave i miljøkjemi, Univ i Oslo.

Siljeholm, J., 1985. Rapport om olje, syrebek og undervannsbibliologi utenfor raffineriet på Valløy. Rapport til ESSO Norge.

## 12.11 Tønsbergregionen

Badski, T., 1971. Algevegetasjonen i Ytre Oslofjord øst for Tønsberg. Hovedfagsoppgave i marin botanikk, Univ. i Oslo.

Bokn, T., J. Knutzen, K. Kvalvågnes & B. Rygg, 1979. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i juli august 1975. NIVA- Rapport nr. 1. O-95/74.

Bokn, T., K. Kvalvågnes & B. Rygg, 1982. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i 1981. NIVA- Rapport nr. 3. O-74095.

Bokn, T., 1986. Biologisk befarings i Vrengensundet, Tjøme. August 1986. NIVA.

Carlsson, P., J. Henriksson & M. Enell, 1987. Resipientundersøkelser ved Valløy i Sem og Vårnes i Stokke. Marinbiologiske undersøkelser 1987. Inst. För Vatten- og Luftvårdsforskning (IVL), Stockholm.

Johansen, Ø., 1976. Resipientundersøkelser i Tønsbergfjorden – 1976. Rapport fra Østlandskonsult.

Johansen, Ø., 1980. Resipientundersøkelser i Tønsbergfjorden 1978 og 1979. Rapport fra Østlandskonsult.

Interconsult, 1997. Resipientovervåking i Tønsbergfjorden. Sammenstilling av måleverdier fra perioden 1976 – 1996. Tønsbergfjordens Avløpsutvalg (TAU). Interconsult rapport.

Iversen, P.E. 1981. "Benthosalgevegetasjonen i Sandfjordsfjorden og Mefjorden, søndre Vestfold". Hovedfagsoppgave i marin botanikk. Universitetet i Oslo.

Kvalvågnes, K. & B. Rygg, 1979. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i 1978. NIVA - Rapport nr. 2. O-74095.

Miljøplan, 1984. Resipientundersøkelse ved Vårnes i Stokke. Marinbiologiske undersøkelser 1984. Rapport 1085/22-84.

TAU, 1975 til 1987. Resipientundersøkelser i Tønsbergfjorden. Årlige rapporter fra 1975 til 1987.

TAU, 1987. Resipientundersøkelser i Tønsbergfjorden. Utvikling av vannkvalitet i overflatelaget i målestasjonene beregnet som årsmiddel.

## 12.12 Sandefjord

Iversen, P.-E., 1981. Benthosalgvegetasjonen i Sandefjordsfjorden og Mefjorden, søndre Vestfold. Del I og II. Hovedfagsoppgave i marin botanikk. Univ i Oslo.

Iversen, P.-E., 1984. Forurensingssituasjonen i Snedefjordsfjorden og Mefjorden belyst gjennom forekomsten av fastsittende alger. Fremdriftsrapport 1977-1983. Miljøplan rapport.

NIVA, 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter fra Sandefjordsfjorden. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 586/94. ISBN 82-577-2645-1.

VIAK, 1970. Sandefjordsfjorden. En hydrografisk undersøkelse for utslipp av avløpsvann. Rapport fra VIAK.

## 12.13 Larviksfjorden

Bjønnes, T., 1986. Resipientundersøkelse i Larviksfjorden. Overvåking mai-september 1985. Rapport fra Hydroconsult.

## 12.14 Grenland

NIVA, 1979. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 8, Sluttrapport. NIVA-rapport nr. 1103.

NIVA, 1991. Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 3. Vannutskiftning i fjordene. Overvåkingsrapport nr. 450/91. NIVA rapport nr. 2588.

NIVA, 1991. Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 9. Konklusjoner. Overvåkingsrapport nr. 751/97. NIVA rapport nr. 2697.

NIVA, 1999. Grenlandsfjordene 1994-1997. Undersøkelser av vannkjemiske forhold og vannutskiftning. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 756-99. TA-1626-99.

NIVA, 1999b. Grenlandsfjordene. En vurdering av kystvannets innflytelse på overflatelaget. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport 757/99.

NIVA, 2000c. Overvåking av Grenlandsfjordene 1998 – 99. Badevannskvalitet og oksygenforhold. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport 794/00.

Stigebrandt, A., 1999. Grenlandsfjordene. En vurdering av kystvannets innflytelse på overflatelaget. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 757-99. TA-1627-99.

- o0o -