



DNV

OVERVÅKING AV EUTROFITILSTANDEN I YTRE OSLOFJORD

DELRAPPORT:
TILFØRSLER OG VANNKVALITET 2004

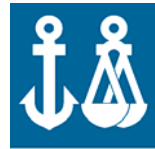


RAPPORT NR. 2006-0049

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS



DELRAPPORT: VANNKVALITET 2004

Dato for første utgivelse: 2005-05-28	Prosjekt nr.: 62504276	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: Error! No document variable supplied.	Organisasjonsenhet: DNV Consulting Service Area SHE Management	
Oppdragsgiver: Fagråd for Ytre Oslofjord / Statens forurensningstilsyn	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen / Tor Johannessen	
Sammendrag: 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 2004. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden. Undersøkelsene av vannkvalitet gikk over hele året, men med ulik intensitet i delområder. Totalt 28 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, næringsalter, oksygen, klorofyll og algeplankton inngikk som parametere.		

Rapport nr.: 2006-0049	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Delrapport: Tilførsler og Vannkvalitet 2004		
Utført av: Egil Dragsund, Karl Tangen		
Verifisert av: Tor Jensen		
Dato for denne revisjon: 2006-01-10	Rev. nr.: 01	Antall sider: 13

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



<i>Innholdsfortegnelse</i>	<i>Side</i>
1 INNLEDNING	1
2 VÆRFORHOLD	3
3 TILFØRSLER	5
3.1 Årlige tilførsler	5
3.2 Årsvariasjoner i tilførslene	6
3.3 Vannføring vassdrag	8
3.4 Oppsummering tilførsler	9
4 GJENNOMFØRING OVERVÅKING AV VANNKVALITET	10
4.1 Prøveinnsamling	10
4.2 Hydrografi	13
4.3 Næringssalter og klorofyll	14
4.4 Oksygen	14
4.5 Siktedyp	14
4.6 Innsamling og analyse av algemateriale	14
5 HYDROGRAFI	15
6 OKSYGEN	18
6.1.1 Oksygen i bunnvann	18
6.1.2 Oksygen i vannmassene	21
6.1.3 Oppsummering oksygenforhold og foreløpige konklusjoner	22
7 NÆRINGSSALTER	23
7.1.1 Sommerverdier	23
7.1.2 Vinterverdier	24
7.1.3 N/P forhold	25
7.1.4 Oppsummering næringssalter og foreløpige konklusjoner	26
8 SIKTEDYP	27
9 PLANKTONALGER	28
9.1 Bakgrunn	28
9.2 Innsamling og analyse av algemateriale.	29
9.3 Klorofyll-a	29
9.4 Observasjoner	30
9.5 Kvantitativt viktige oppblomstringer.	35
9.6 De spesielle forholdene ved Horten	37



9.7	Geografiske forskjeller i planteplanktonforekomstene – regional inndeling	38
9.8	Oppsummering planktonalger og foreløpige konklusjoner	41
10	REFERANSER	43



FORORD

Rapporten beskriver resultatene fra kjemiske og biologiske analyser av vannprøver fra 4 til 28 stasjoner i Ytre Oslofjord i løpet av 14 tokt i løpet av 2004. Prøvetakingen ble utført av Det Norske Veritas.

Medarbeidere

Feltarbeid: Tormod Hansen – DNV
Helene Østbøll - DNV
Tor Jensen – DNV
Sindre Holm – UiO

Kjemiske analyser av vannprøver

AnalyCen i Moss.

Algeplankton

Karl Tangen OCEANOR

Utarbeidelse av denne rapport:

Egil Dragsund
Karl Tangen

Prosjektleder:

Tor Jensen

Verifikatør:

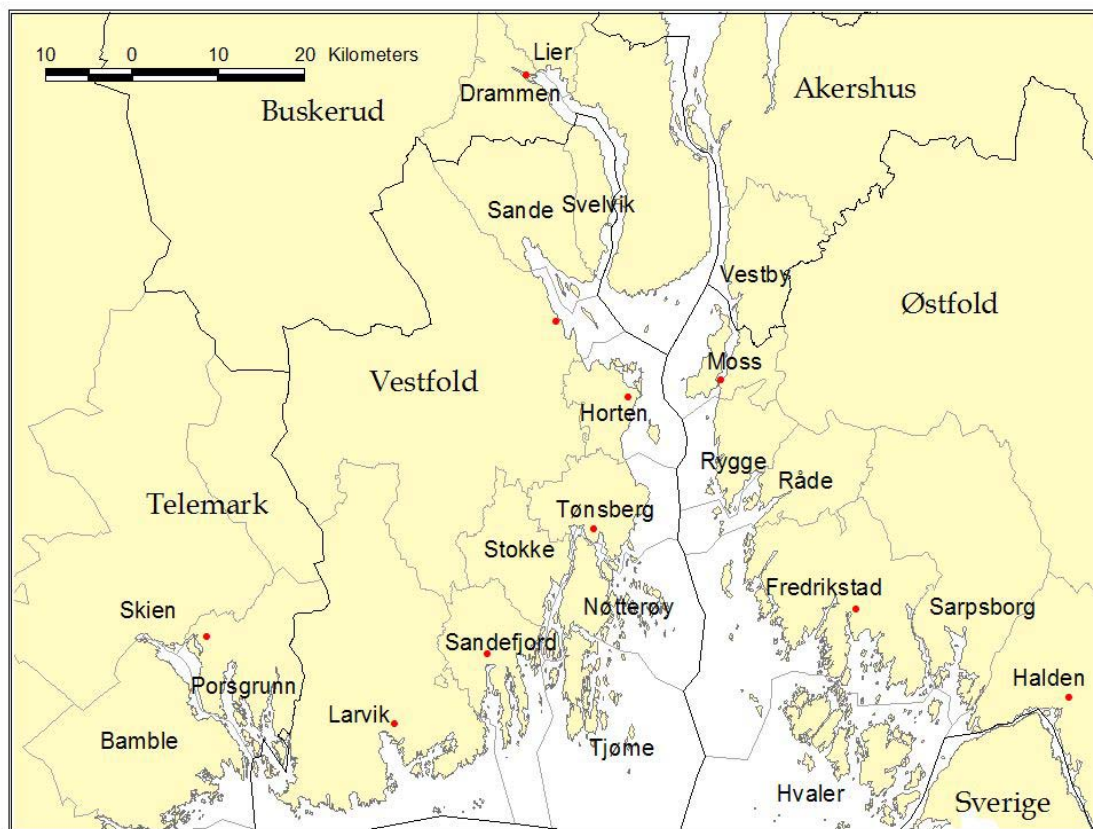
Sam Arne Nøland

De biologiske analysene er utført ved OCEANORs laboratorium i Trondheim.

1 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 2004. 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 1-1*).



Figur 1-1 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.



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
 - bløtbunnsamfunn
 - hardbunnsamfunn
- 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 2004 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:

DNV, 2006. Delrapport; Vannkvalitet 2004

DNV, 2005. Delrapport: Gruntvann 2004

DNV, 2005. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2004

Denne rapporten presenterer og diskuterer resultater fra undersøkelsen av vannkvalitet gjennomført i 2004. Det er tidligere gjennomført tilsvarende undersøkelser i 2001, 2002 og 2003. Data fra disse og tidligere undersøkelser er inkludert i rapporten. I tillegg omfatter rapporten en kort oppsummering av andre rapporter vedrørende tilførslene av næringsalter til området.

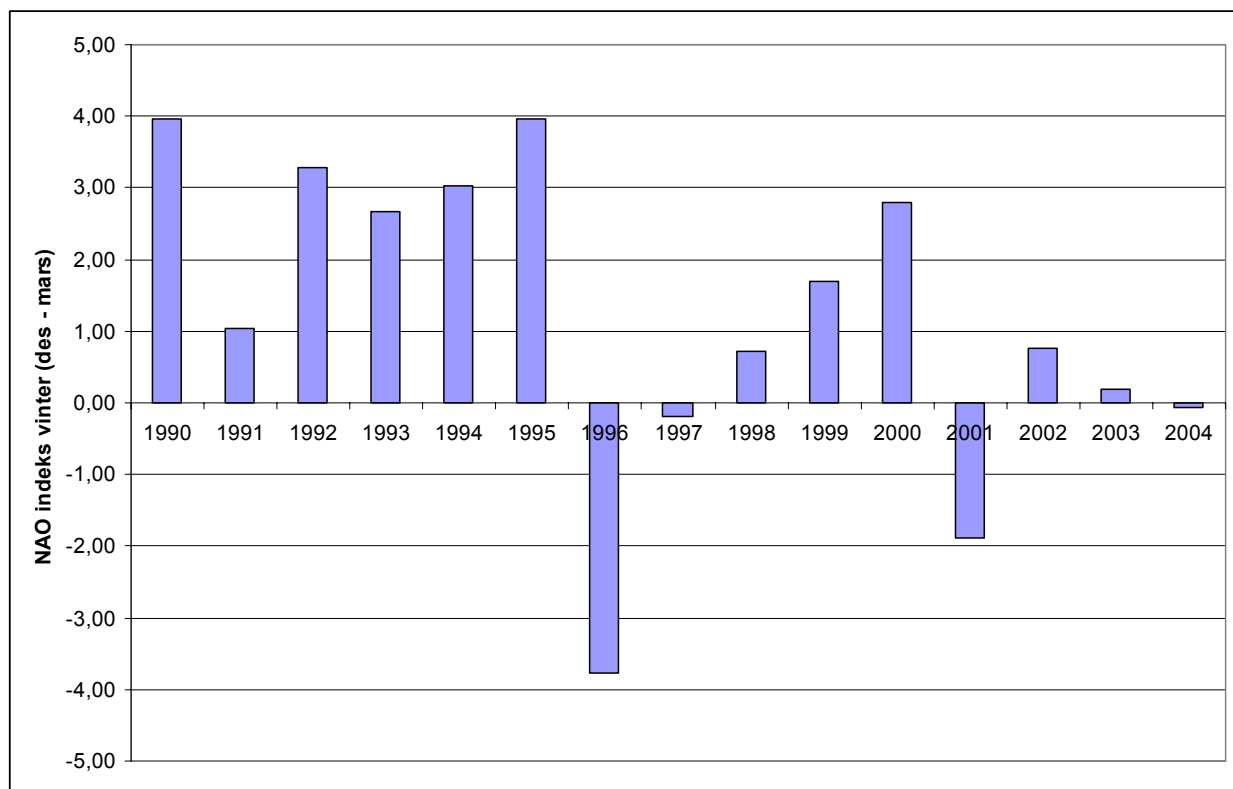
Tidligere er det utført en rekke undersøkelser i begrensede avsnitt av Ytre Oslofjord. Disse lokale undersøkelsene har hovedsakelig vært gjennomført på oppdrag for industri med utslipp til en lokal resipient eller som detaljstudier i forhold til overvåkingen av Ytre Oslofjord på oppdrag fra FYO og SFT. 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 til denne ekspertgruppen var en helhetlig vurdering av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord, utvikling og effekter av reduksjoner av lokale næringsalttilførsler (Anon, 1996). Dette materialet er også benyttet i deler av rapporten.

2 VÆRFORHOLD

Variierende klimaforhold som nedbørsmengder fører til en betydelig variasjon i de lokale tilførslene av næringsalter til ytre Oslofjord. I dette kapitlet er det gitt en kort oppsummering av værforholdene i 2004 basert på informasjon fra Met.no og andre kilder.

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 som innstrømming av atlantisk vann til Skagerrak, ferskvannstilførsler og overflatetemperaturer.

Figur 2-1 presenterer gjennomsnittlig indeks for vintersesongen årene 1990 til 2004.

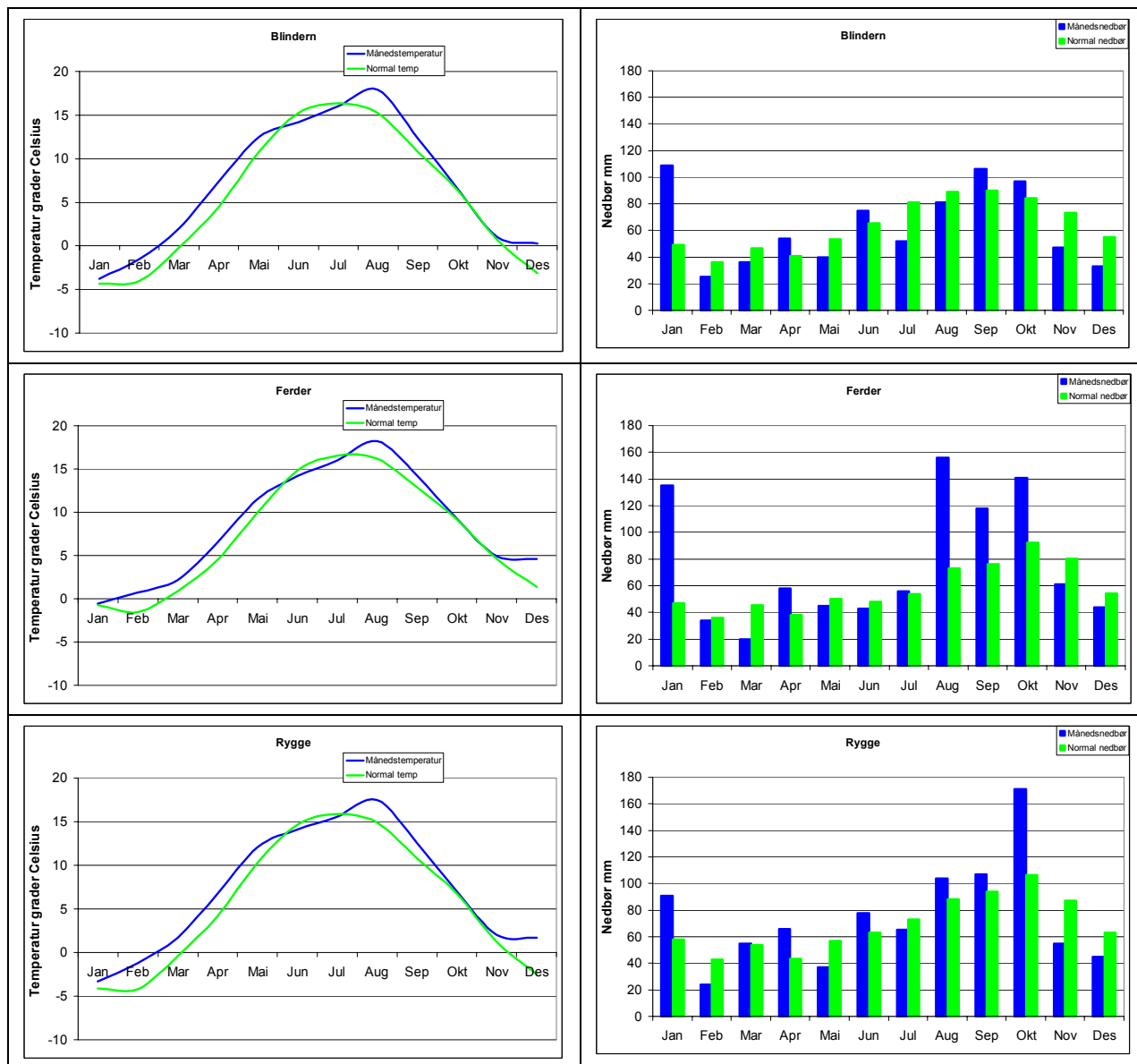


Figur 2-1 NAO indeks for vinterperioden (desember – mars). Verdien for vinter 2003/4 er foreløpige verdier (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.stat.winter.html#winter>)

Ved oppstart av dette prosjektet i 2001 var det høy negativ verdi, mens det i de etterfølgende vintre har vært positive verdier. Vinteren 2004 var avviket svakt negativt.

Temperaturen gjennom året lå mellom 1° og 1,6°C høyere enn normalt på de tre stasjonene vist i (**Figur 2-2**). De eneste månedene hvor temperaturen var lavere enn normalt var juni og juli hvor gjennomsnittet var knapt en grad kaldere enn normalt.

Nedbørmengdene over året var tilnærmet normal på Blindern, mens den var noe høyere enn normalt på Rygge og Ferder. Størst nedbør var det i januar og i perioden august til oktober.



Figur 2-2 Klimaoversikt for området rundt Ytre Oslofjord 2004. Data hentet fra DNMI (www.met.no)

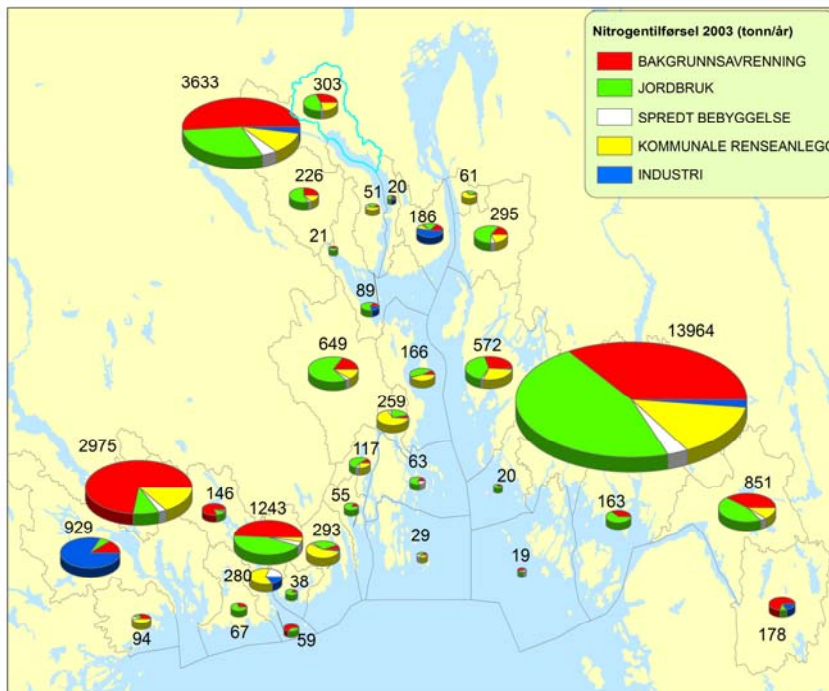
3 TILFØRSLER

Dette kapitlet inneholder en oppsummering av aktuelle data fra andre undersøkelser og beregninger. Grunnlagsdata er hentet fra NVE (målinger av vannføring i aktuelle vassdrag), målinger og beregninger fra vassdragsovervåkingen (Aquateam, 2004) og målte og beregnede tilførsler (TEOTIL) fra land (NIVA, 2004). Formålet er å gi en noe mer detaljert oversikt av tilførslene i forhold til grunnlagsdokumentene slik at en bedre kan vurdere tilførslene i forhold til tilstanden til de lokale resipientene i ytre Oslofjord.

3.1 Årlige tilførsler

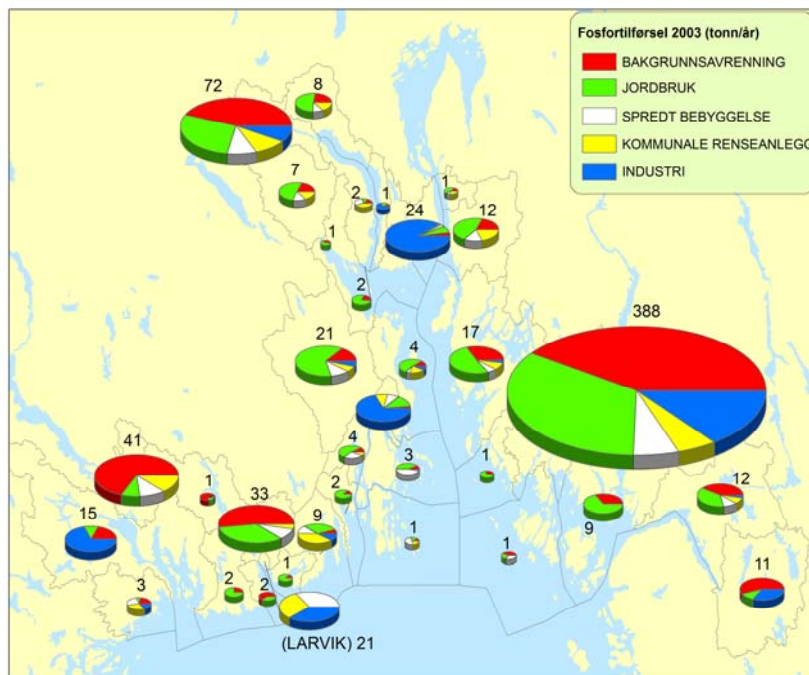
Modellen TEOTIL (NIVA, 1996) beregner på oppdrag fra SFT tilførsler fra kildene akvakultur, bakgrunn og landbruk, mens verdiene fra industri og kommunale avløp er rapporterte verdier. Resultatene kan benyttes som grunnlag for vurdering av tiltak i ulike kilder. TEOTIL modellen er primært satt opp for 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.

Siste tilgjengelige data pr. mars 2005 var for året 2003 (NIVA, 2004) (se **Figur 3-1** - nitrogen og **Figur 3-2** - fosfor).



Figur 3-1 Tilførsler av nitrogen til analyseområdet fordelt på mindre nedbørsfelt beregnet med modellen TEOTIL for året 2003.

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 3-2 Tilførsler av fosfor til analyseområdet fordelt på mindre nedbørsfelt beregnet med modellen TEOTIL for året 2003.

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

3.2 Årsvariasjoner i tilførslene

På oppdrag fra SFT og som grunnlag for rapportering til OSPAR av Norges tilførsler, overvåkes vannkvaliteten i en rekke vassdrag i Norge. 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 3-1** og tilførselsdata basert på sist tilgjengelige data som er 2003 (Aquateam, 2004), presentert i **Tabell 3-2**.

Tabell 3-1 Viktige elver med avrenning til ytre Oslofjord (data NVE)

Vassdrag	Nedbørsfelt (km ²)	Avrenning* (Langtids gj.sn.) 1000 m ³ /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

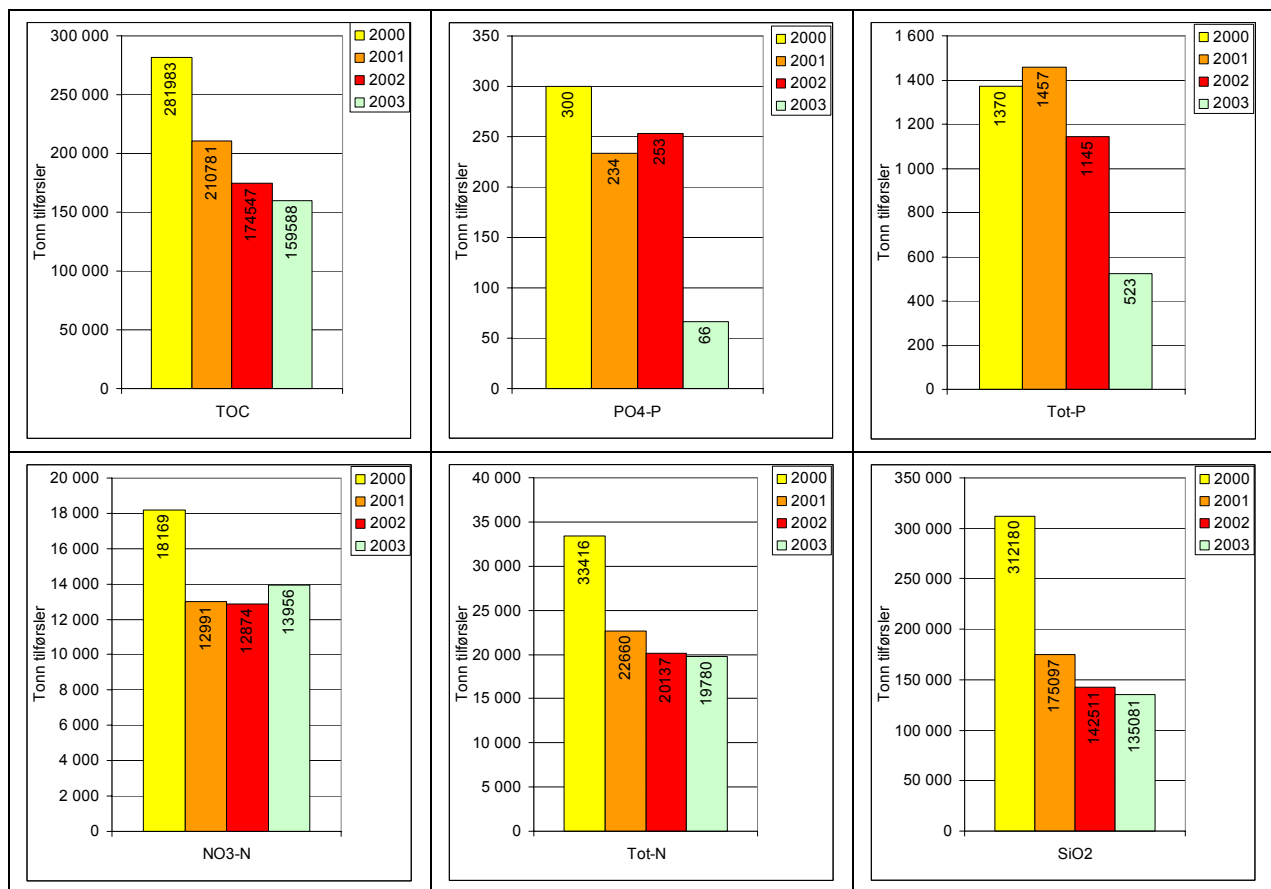
* - Avrenning ved nederste NVE målepunkt

Tabell 3-2 Beregnede totale tilførsler fra større vassdrag til ytre Oslofjord 2003 basert på målte vannkvalitetsdata og avrenning (Aquateam, 2004). * - Beregninger basert på et lite antall vannprøver.

Vassdrag	Årlige tilførsler 2003 (tonn)						
	TOC	PO ₄ -P	Tot-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Tot-N	SiO ₂
Tista*	5508	1,5	11,6	410	9,4	583	2174
Glomma	81698	34	311	8063	507	10870	84079
Mosseelva*	1981	<1,1	7,6	139	4,6	256	198
Drammenselva	31473	8,3	63	2498	279	3783	21921
Lierelva*	1420	2,3	23,7	369	2,7	429	1832
Sandeelva*	386	0,09	3,3	31	6,2	66	239
Aulielva*	949	1,6	9,9	133	9,1	188	576
Numedalslågen	14969	4,1	43	858	91	1357	10292
Farris*	1384	<0,3	1,7	111	2,6	150	927
Skienselva	19820	13	48	1344	127	2098	12843
Totalt	159588	66,3	522,8	13956	1038,6	19780	135081

I løpet av overvåkingsperioden for ytre Oslofjord har det vært en markert nedgang i tilførslene med elvene av organisk stoff og næringssalter (*Figur 3-3*).

DELRAPPORT: VANNKVALITET 2003

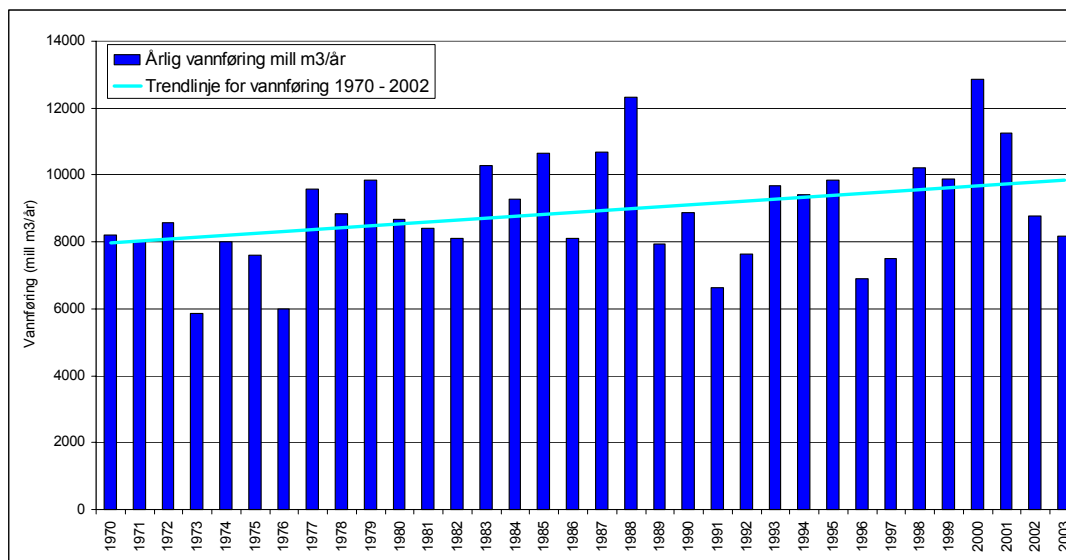


Figur 3-3 Totale elvetilførsler til ytre Oslofjord beregnet for de årene 2000, 2001, 2002 og 2003. Data fra Aquateam (2004a, 2004b, 2003, 2002).

Nedgangen i tilførsler av næringssalter har i stor grad sammenheng med redusert vannføring i elvene, men er til dels større enn nedgangen i vannføringen spesielt for fosfat og totalfosfor (Aquateam, 2004). Blant annet er det observert en nedgang i fosforkonsentrasjonen i elvene etter 2000. Dette kan skyldes mindre erosjon ved redusert vannføring og dermed en forsterket nedgang i partikkelbundede næringssalter. Det er også hevdet at tiltak i jordbruket har bidratt til nedgangen.

3.3 Vannføring vassdrag

Det foreligger i mars 2005 ikke kvalitetssikrede data for vannføringen i 2004 og de følgende figurer er derfor basert på informasjon fram til 2003. Vannføringen i vassdragene til ytre Oslofjord har generelt økt svakt de siste 30 årene (se Figur 3-4). Dette kan gi en naturlig økte tilførsler av næringssalter og spesielt fosfor til fjordområdene og bidra til reduserte effekter av tiltak for å redusere utslippene. Ser man imidlertid på perioden etter storflommen i 2000 har den årlige ferskvannsavrenningen gått markert tilbake i elvene til ytre Oslofjord.



Figur 3-4 Årlig vannføring i Drammenselva 1970 – 2003. Data fra NVE.

3.4 Oppsummering tilførsler

Generelt utgjør kommunale tilførsler 16 – 18% av de totale lokale tilførslene. I enkelte lokale resipienter kan dette forholdet variere noe, men landbruk er totalt den største bidragsyteren med ca 32% av fosfortilførslene og 38% av nitrogentilførslene. I enkelte lokale resipienter, spesielt i Vestfold, står landbruket for mer enn halvparten av de totale tilførslene.

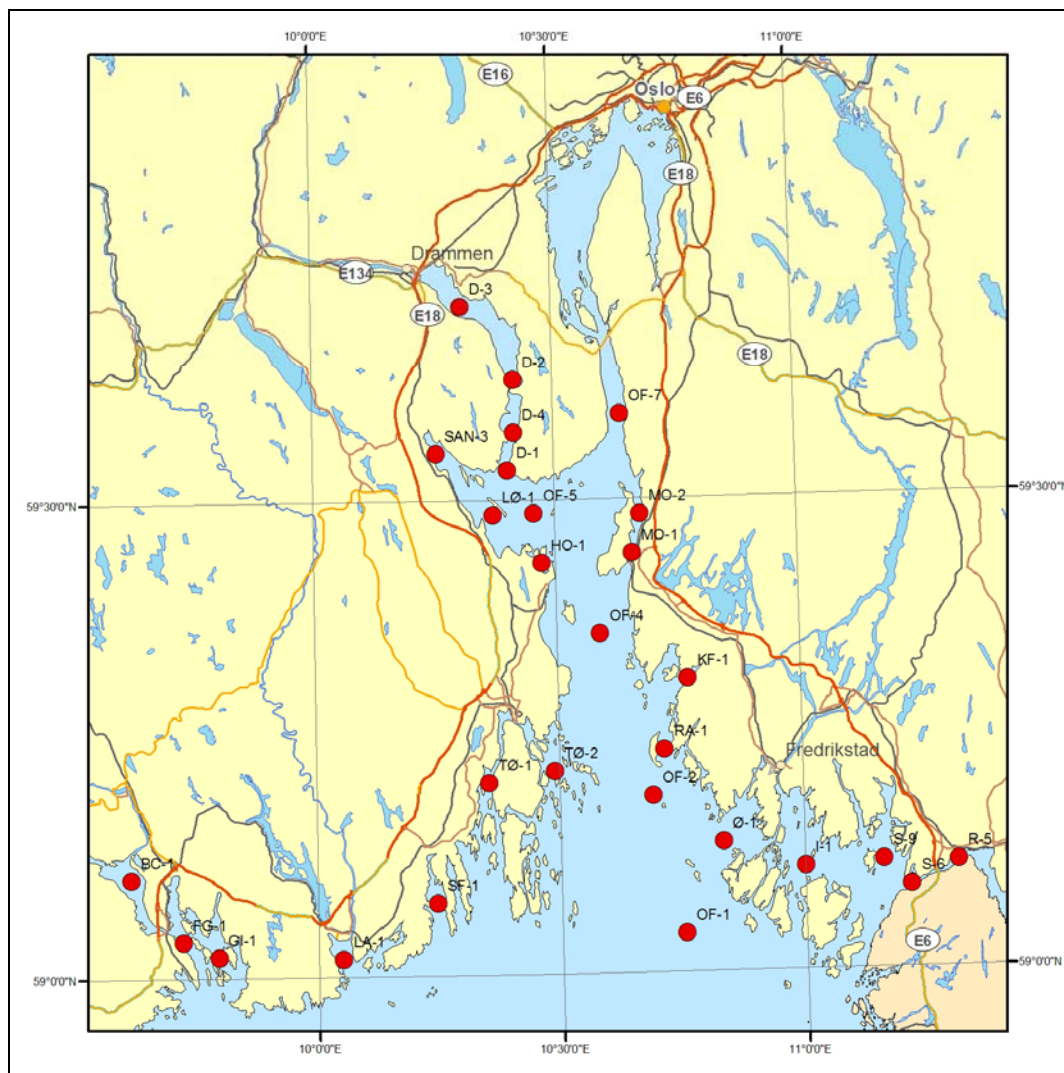
TEOTIL beregninger har vist at økt rensing av kommunale utslipp og industriutslipp har redusert de lokale tilførslene av fosfor med vel 40% og nitrogen med knapt 10% over en 20-årsperiode. Beregningene forutsetter konstant ferskvannsavrenning, mens de faktiske månedlige og årlige variasjonene i vannføringen fører til betydelig variasjon i tilførslene fra et år til et annet slik at det reduserte bidraget fra rensianlegg og industri ikke kan observeres i tilførslene fra elvene. I løpet av prosjektperioden fra 2001 har både ferskvannsavrenningen og tilførslene med elvene gått betydelig ned.

4 GJENOMFØRING OVERVÅKING AV VANNKVALITET

Overvåkingen av vannkvalitet går over hele året med hovedvekt på vinterperioden (desember – februar) og sommerperioden (juni – august/september). Overvåkingen omfatter hydrografi, næringsalter, oksygen og planktonalger.

4.1 Prøveinnsamling

Totalt ble det benyttet 28 stasjoner i løpet av 2004 (se *Figur 4-1*, *Tabell 4-1* og *Tabell 4-2*).



Figur 4-1 Kart med stasjonsoversikt benyttet i 2004. For detaljer om stasjonene og tidspunkt for prøveinnhenting, se **Tabell 4-1** og **Tabell 4-2**.

Tabell 4-1 Stasjonsoversikt Ytre Oslofjord undersøkelsen av vannkvalitet 2004

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, 6 tokt
D-1	59.531818	10.404866	85	Ytre Drammensfjorden	Drammen	Sommertokt, 6 tokt
D-2	59.627766	10.420983	119	Indre Drammensfjord	Drammen	Sommertokt, 6 tokt
D-3	59.705883	10.313517	97	Drammensfjorden	Drammen	Sommertokt, 6 tokt
D-4	59.57179	10.41874	22	Solbergbukta	Breidangen	Sommertokt, 6 tokt
LA-1	59.019299	10.051566	105	Larviksfjorden	Larvik	Sommertokt, 6 tokt
SF-1	59.077351	10.246067	60	Sandefjord	Sandefjord	Sommertokt, 6 tokt
TØ-1	59.202835	10.355416	46	Vestfjorden	Tønsberg	Sommertokt, 6 tokt
TØ-2	59.213818	10.490717	33	Hvalø	Tønsberg	Sommertokt, 6 tokt
HO-1	59.433949	10.473300	25	Horten Indre	Horten	Sommertokt, 6 tokt
SAN-3	59.55082	10.25745	45	Sandebukta	Sande	Sommertokt, 6 tokt
LØ-1	59.48482	10.37355	67	Langøya	Holmestrand	Sommer- og vintertokt, 10 tokt
MO-1	59.443333	10.659950	46	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt, 6 tokt
MO-2	59.484333	10.678083	102	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt, 6 tokt
RA-1	59.234852	10.717433	120	Rauerfjorden	Østfold	Sommertokt, 6 tokt
KF-1	59.310116	10.768900	16	Krokstadfjorden	Østfold	Sommertokt, 6 tokt
Ø-1	59.136501	10.833950	50	Leira	Østfold	Sommertokt, 6 tokt
I-1	59.109432	11.001966	52	Ramsø	Hvaler	Benyttes hele året, 14 tokt
S-6	59.087284	11.217633	55	Kjeøy	Hvaler	Benyttes hele året, 14 tokt
R-5	59.111717	11.314266	34	Ringdalsfjorden	Ringdalsfjorden	Benyttes hele året, 14 tokt
S-9	59.114334	11.161667	95	Haslau	Hvaler	Benyttes hele året, 14 tokt
BC-1	59.10437	9.61800	96	Frierfjorden	Telemark	Sommertokt, 6 tokt
FG-1	59.03908	9.72323	106	Langesundsfjorden	Telemark	Sommertokt, 6 tokt
GI-1	59.02265	9.79675	208	Håøyfjorden	Telemark	Sommertokt, 6 tokt

Det ble gjennomført 14 tokt i perioden fra januar til desember 2004 med et varierende antall stasjoner på hvert tokt (se Tabell 4-2).

Tabell 4-2 Dato for prøveinnhenting fra stasjoner i ytre Oslofjord 2004.

Stasjon	Toktdato													
	19.-20. januar	23.-24. februar	29.-31. mars	30. april, 2. mai	24.-27. mai	14.-15. juni	21.-24. juni	19.-22. juli	2.-5. august	23.-26. august	27.-30. september	27. oktober	17. november	6.-7. desember
OF-1	19.	23.			25.		22.	20.	3.	24.	29.			6.
OF-2	20.	23.			26.		23.	19.	4.	24.	28.			6.
OF-4	20.	23.			26.		23.	21.	4.	26.	28.			6.
OF-5	20.	23.			26.		23.	21.	4.	26.	28.			6.
OF-7					24.		21.	22.	2.	23.	27.			
D-1					27.		24.	21.	5.	23.	27.			
D-2			30.	2.5.	27.	15.	24.	22.	5.	23.	27.	29.		
D-3					27.		24.	22.	5.	23.	27.			
D-4					27.		24.	21.	5.	23.	27.			
RA-1					26.		23.	19.	4.	24.	24.			
KF-1					26.		23.	19.	4.	24.	24.			
LA-1					24.		21.	20.	2.	25.	25.			
SF-1					24.		21.	20.	2.	25.	25.			
TØ-1					24.		21.	20.	2.	25.	25.			
TØ-2					24.		21.	21.	2.	26.	26.			
HO-1					26.		23.	21.	4.	23.	23.			
SAN-3					26.		23.	21.	4.	23.	23.			
LØ-1	20.	23.			26.		23.	21.	4.	23.	23.			6.
MO-1					27.		24.	22.	5.	26.	26.			
MO-2					27.		24.	22.	5.	26.	26.			
Ø-1					26.		23.	19.	4.	24.	24.			
I-1	19.	24.	30.	30.4.	26.	14.	23.	19.	4.	24.	24.	27.	17.	7.
S-6	19.	24.	30.	30.4.	25.	14.	23.	19.	3.	24.	24.	27.	17.	7.
R-5	19.	24.	30.	30.4.	25.	14.	23.	19.	3.	24.	24.	27.	17.	7.
S-9	19.	24.	30.	30.4.	26.	14.	23.	19.	3.	24.	24.	27.	17.	7.
BC-1					25.		22.	20.	3.	25.	25.			
FG-1					25.		22.	20.	3.	25.	25.			
GI-1					25.		22.	20.	3.	25.	25.			

Toktene 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^m RIB benyttet på toktene vår og høst på fire stasjoner i Hvalerområdet.

Et identisk prøveprogram ble gjennomført på samtlige stasjoner, presentert i Tabell 4-3.

Tabell 4-3 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 fartøyets 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	

4.2 Hydrografi

Til profilering av konduktivitet, temperatur og oksygen benyttes CTD Seacat Profiler - Seabird Electronics inc. Saltholdighet¹ 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 fartøyets 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

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

konduktivitetmålinger fra de to CTDene kan sammenlignes. Instrumentene senkes med maksimum 1 m/s og bare målinger tatt på vei ned benyttes.

4.3 Næringsalter og klorofyll

Ved hjelp av vannprøvekarusell ble det tatt vannprøver (3-4 l) ved 2 m og ved 20 m dyp. Den øverste prøven representerer overflatelaget, og vil på de fleste stasjoner ligge i brakkvannslaget 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 4-4.

Tabell 4-4 *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.

4.4 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 (Winklers metode).

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.

4.5 Siktedyp

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

4.6 Innsamling og analyse av algemateriale

I planktonalgeprogrammet 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 µm, slik at celler som er mindre enn dette stort sett blir underrepresentert kvantitativt eller mangler i håvtrekkmaterialiet. Analysene gjøres i mikroskop ved identifisering og telling av celler i vannprøvene og identifikasjon av arter i håvtrekkprøvene. **Tabell 4-2** viser hvilke algeprøver fra 2003 som er analysert. I tillegg er det brukt opplysninger fra andre algeanalyser. Dette er prøver som

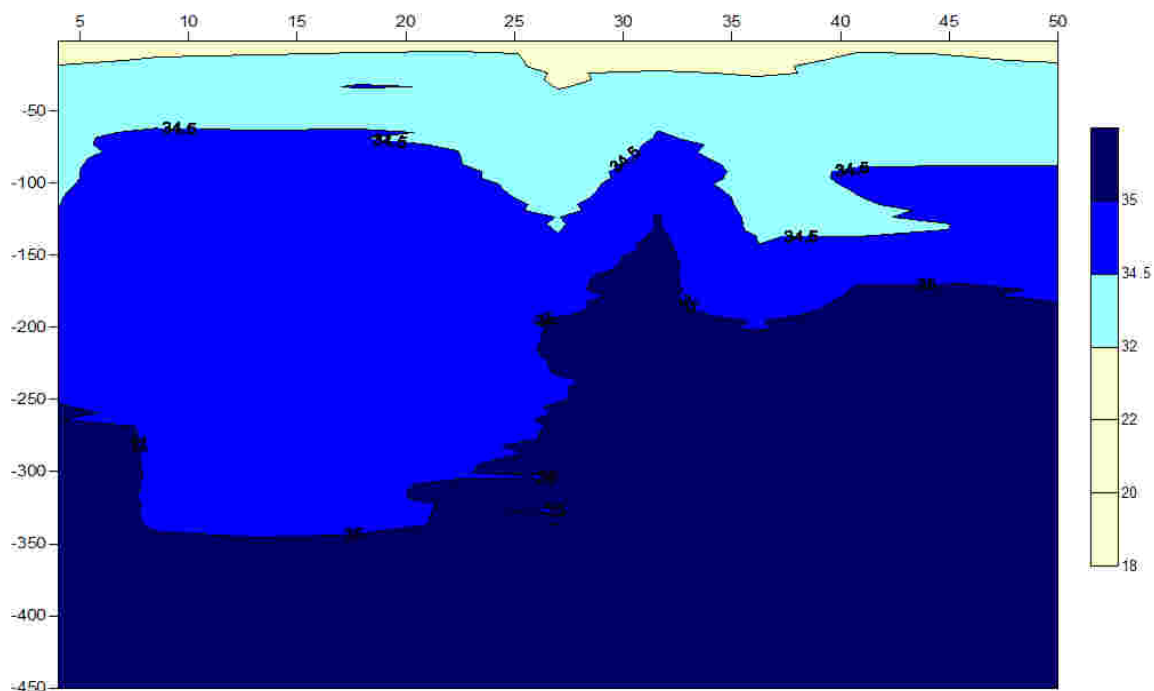
Oceanor har samlet inn og undersøkt i annen sammenheng (ukentlige prøver fra Haslau i Singlefjorden og Grensebøye 2 i åpent farvann), og det er brukt opplysninger fra Statens Næringsmiddeltilsyns (SNT) program for skjellovervåking.

5 HYDROGRAFI

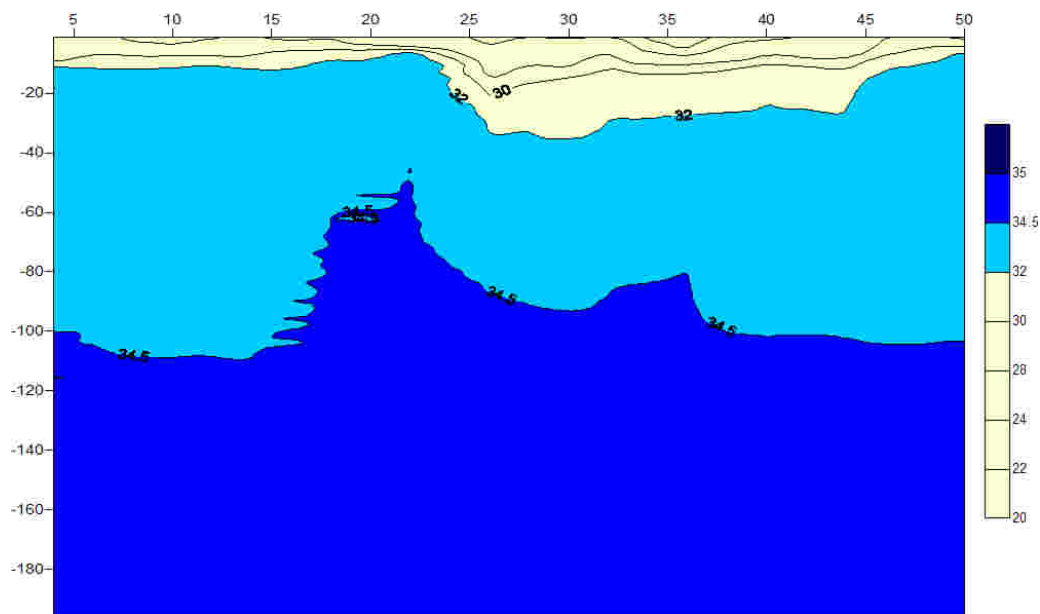
Vannmassene i Ytre Oslofjord er inndelt i fire hovedvannmasser (Anon, 1996):

- Brakkvann med saltholdighet lavere enn 25 psu og temperaturer mellom -1° og ca 23°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 Kattegat, 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/Kattegat og noe lokalt ferskvann.
 - Nedre: med saltholdighet mellom 34,5 og 35 psu. Opprinnelsen er hovedsakelig fra sørlige Nordsjøen.
- Atlantisk vann med saltholdighet over 35 psu.

Figur 5-1 viser utbredelsen av vannmassene på stasjon OF-1 Torbjørnskjær i 2004. Innstrømmingen av atlantisk vann i perioden mellom uke 20 og uke 30 kan observeres under ca 120 m dyp. Dominerende vannmasse i vertikal utbredelse i første halvår er nedre Skagerrakvann, mens atlantehavsvann dominerer i siste halvdel av 2004.



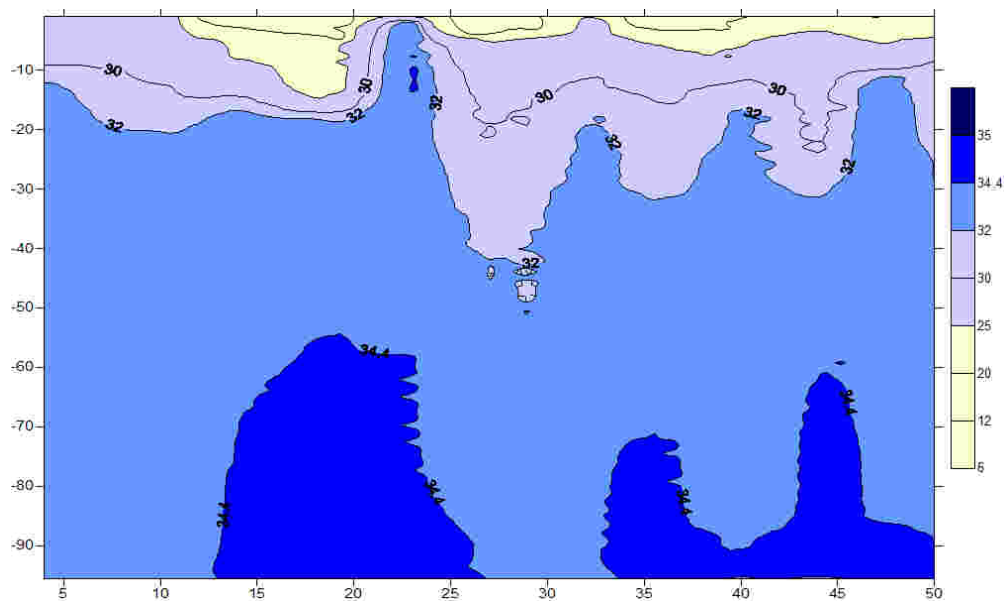
Figur 5-1 Utviklingen av saltholdighet på stasjon OF-1 Torbjørnskjær gjennom 2004. Horisontal akse angir ukenummer. Fargekode tilsvarer inndelingen i vannmasser beskrevet over.



Figur 5-2 Utviklingen av saltholdighet på stasjon OF-5 Breiangen gjennom 2004. Horisontal akse angir ukenummer. Fargekode tilsvarer inndelingen i vannmasser beskrevet over.

I Breiangen ble det ikke observert atlantisk vann i 2004 (Figur 5-2). Største dyp på terskelen inn til Breiangen ligger på ca 100 m, mens atlantisk vann i følge våre observasjoner lå dypere enn dette gjennom året. I løpet av året skjedde det en del innstrømninger av nedre Skagerrakvann.

Denne innstrømmingen kan man også observere på data fra de lokale resipientene som er atskilt fra hovedfjorden med terskler i ulike dyp (se **Figur 5-3**). På stasjon S-9 Haslau ser man at Skagerrak vannet når helt opp i overflaten i juni 2004.



Figur 5-3 Utviklingen av saltholdighet på stasjon S-9 Haslau i Singlefjorden gjennom 2004. Horizontal akse angir ukenummer. Fargekode tilsvareer inndelingen i vannmasser beskrevet over.

6 OKSYGEN

Oksygen tilføres sjøvannet fra atmosfæren og ved algenes fotosyntese. 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 eller organiske partikler som tilføres med vannmassene fra Nordsjøen eller Kattegat/Østersjøen.

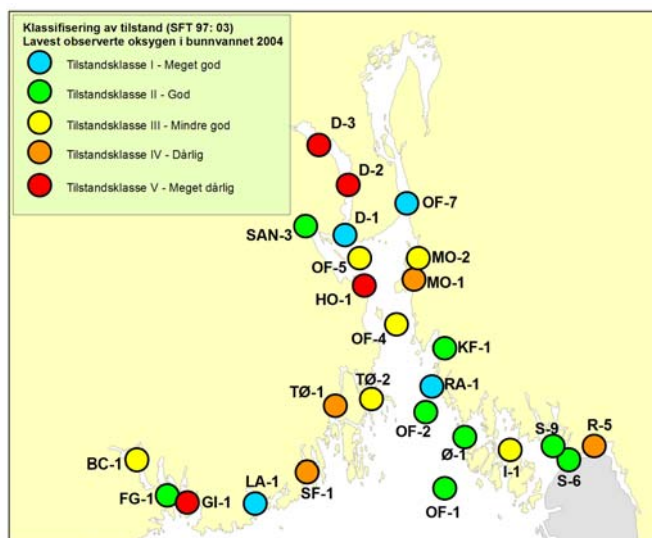
Lokale tilførsler fra land har økt som følge av økt vannføring de siste 10 år (RID data, Aquateam, div rapporter fra 2000 til 2004) og langtransporterte tilførsler har i følge Kystovervåkingen økt de siste 10 årene (NIVA, 2002). I enkelte lokale resipienter som for eksempel Mossesundet og Sandebukta er det store mengder organisk materiale i sedimentet fra eldre tilførsler som medfører et betydelig oksygenforbruk. Disse resipientene kan imidlertid betraktes som spesialtilfeller og forbruksraten av oksygen i en resipient er vanligvis en god indikasjon på lokale og langtransporterte tilførsler av organisk materiale.

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

6.1.1 Oksygen i bunnvann

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 26 faste stasjoner (Figur 6-1).

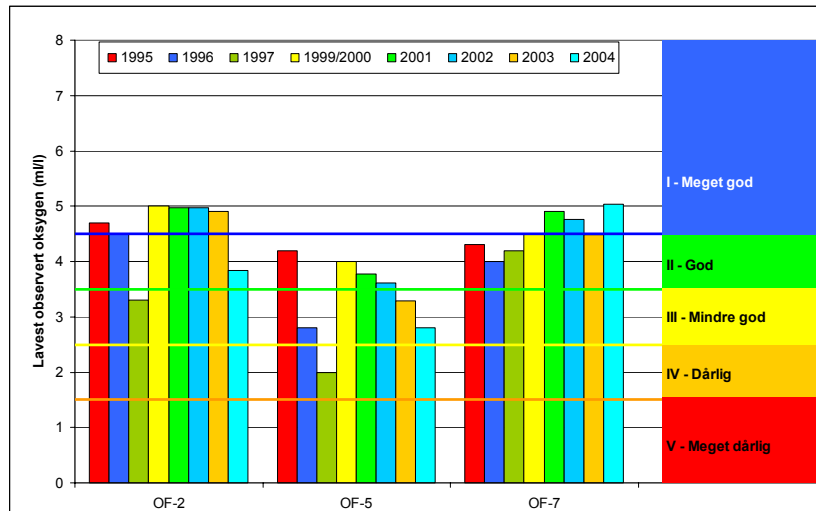
Tilstanden i 2004 fremstår som noe redusert sammenlignet med tidligere år, spesielt i hovedfjorden. Tilstanden på OF-1 og OF-2 tilsvarte *II-God* i 2004, mens den tidligere år har vært *I-Meget god*. På stasjon OF-4 ble tilstanden endret to klasser fra *I-Meget god* til *III-Mindre god*. Også på OF-5 gikk oksygenmetningen i bunnvannet ned, men dette førte ikke til endret tilstandsklasse (**Figur 6-1** og **Figur 6-2**).



Figur 6-1 Klassifisering av vannkvalitet på stasjoner i Ytre Oslofjord på grunnlag av lavest observerte oksygenverdi i løpet av toktene 2003.

Hovedfjorden

Figur 6-2 viser lavest observerte oksygenverdi i Rauøybassenget (OF-2), Breiangen (OF-5) og Drøbaksundet (OF-7) i perioden 1995 – 2004. Etter 1997 har tilstanden i ytre område vært relativt stabil lik tilstandsklasse *I-Meget god* fram til 2003, mens det observeres en markert nedgang i 2004 til *II-God*. I Breiangen har det vært en jevnt nedadgående trend siden 1999/2000, mens stasjonen i Drøbaksundet har variert noe mellom tilstandsklasse *II-God* og *I-Meget god*.



Figur 6-2 Lavest observerte oksygenverdi i tre terskelbassenger i hovedfjorden i perioden fra 1995 til 2004 (data for 2001 fra Aure & Danielsen, 2001, 1999, 1998).

De observerte variasjonene i perioden fra 1995 har generelt sammenheng med hyppigheten av utskiftning av bassengvannet og kvaliteten til de innstrømmende vannmassene. I perioden med nedadgående oksygenverdier i Breiangen har de lokale tilførsler blitt betydelig redusert som følge av redusert vannføring i elven.

Normalt er det en stor innstrømming av vann til hovedbassengene i Ytre Oslofjord hvert år. Denne skjer i perioden seinhøst til vinter. De lavest observerte nivåene i bassengene i 1996/1997 skyldtes liten til ingen innstrømming av vann i samme periode (Aure & Danielsen, 1999).

Utskiftningen av bassengvann i 2001 – 2004 har generelt fulgt det normale mønsteret med en større innstrømming i vinterhalvåret og enkelte mindre innstrømninger i løpet av året. I 2001 hadde det vært en stor innstrømming av atlantisk vann med høyt oksygennivå under ca 30 – 50 m i hele Ytre Oslofjord området. En tilsvarende innstrømming har ikke blitt observert i årene etterpå.

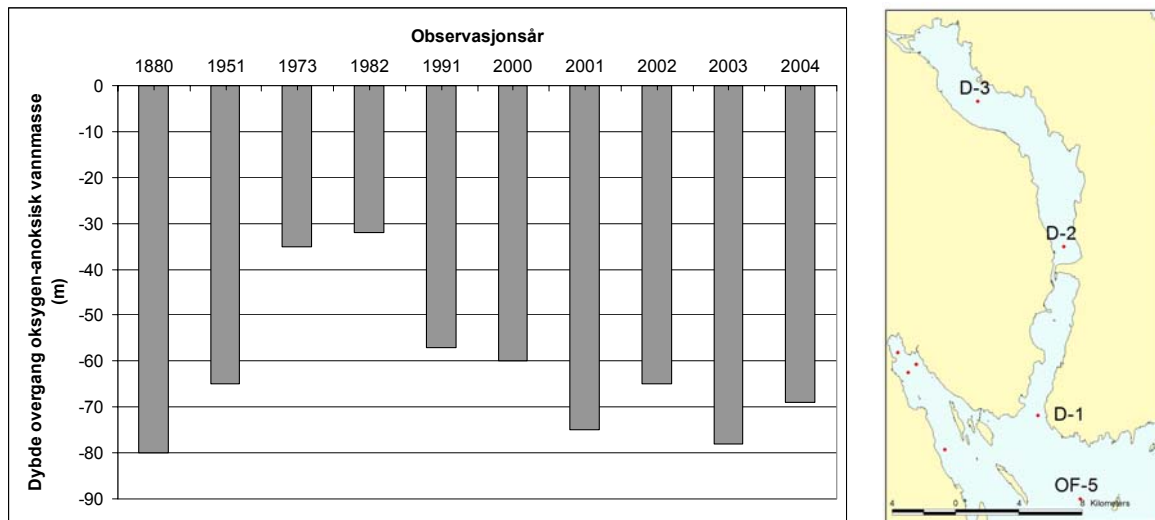
Oksygenforholdene i de lokale bassengene

Lokale resipienter med begrenset vannutskiftning og redusert oksygennivå i bassengvannet er:

- Ringdalsfjorden – Iddefjorden
- Horten havn
- Singlefjorden – Hvalerområdet
- Vestfjorden ved Tønsberg
- Mossesundet
- Grenlandsområdet
- Drammensfjorden

Drammensfjorden (D-2 og D-3) og muligens indre Horten havn (HO-1) er naturlig anoksiske områder hvor utskiftningen av bassengvannet skjer for sjelden og/eller hvor volumet som skiftes ut ikke er

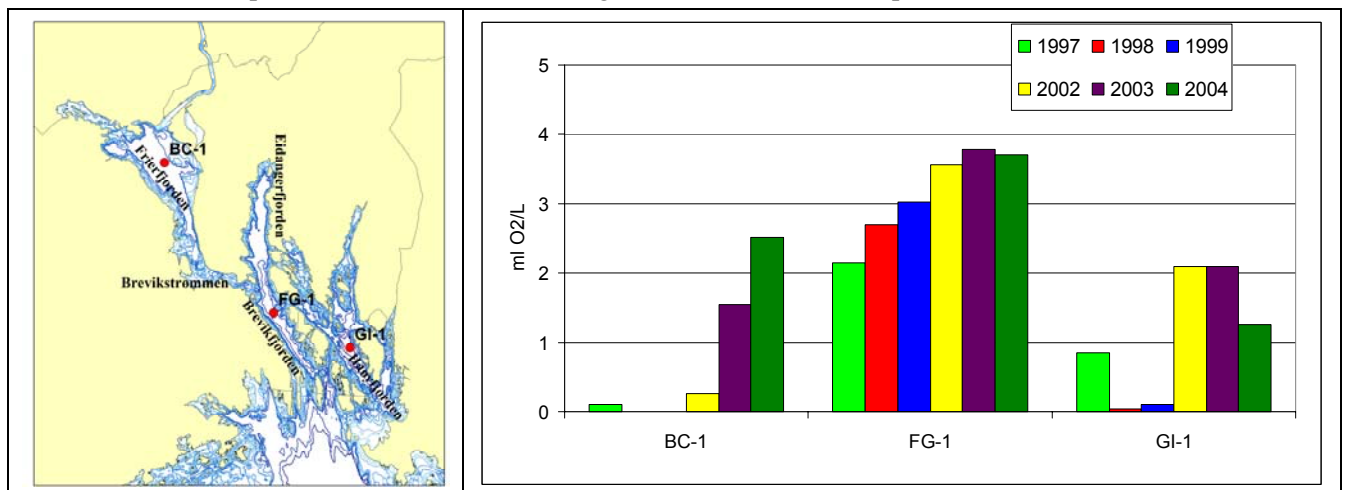
tilstrekkelig til å opprettholde gode oksygenforhold, selv om bassengent bare hadde mottatt naturlige tilførsler. Det er tidligere foreslått å benytte dypeste observasjon av oksygenholdig vann som indikator for tilstanden til Drammensfjorden (NIVA, 2000) (se **Figur 6-3**).



Figur 6-3 Dypeste observerte oksygenholdige vannmasse i Drammensfjorden innenfor terskelen ved Svelvik. Data fra før 2001 er hentet fra NIVA (2000) og fra Braarud et al. (1958).

Basert på tilgjengelige data synes det å ha vært en markert bedring fra 1970 til 2000. Tilstanden etter 2000 synes å være stabil.

Også i Grenlandsområdet er det observert en betydelig bedring i oksygenforholdene fra 70-tallet til slutten av 90-tallet (Figur 6-4). Data fra Frierfjorden (BC-1) og Håøyfjorden (GI-1) fra 70-tallet viste langvarige oksygenfrie forhold med høyt nivå av hydrogensulfid (NIVA, 1979; 1991a; 1991b), mens det i løpet av perioden 2002 – 2004 ikke har vært observert anoksiske forhold. Dette kan imidlertid ha forekommet senere på høsten etter siste tokt som går i midten/slutten av september i dette området.

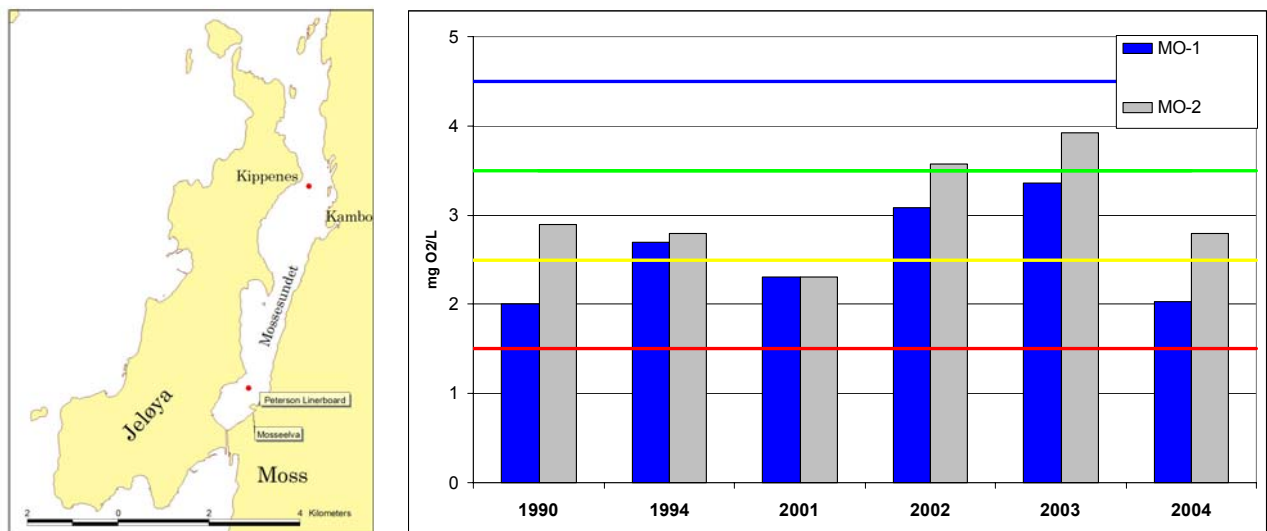


Figur 6-4 Lavest observerte oksygeninnivå i dypvannet på stasjoner i Frierfjorden – Langesundområdet 1988-2003. Data for 2002 er hentet fra NIVA (1999; 2000).

Figur 6-5 viser utviklingen i lavest observerte oksygeninnivå i bunnvannet i Mossesundet i perioden 1990m til 2004. Det er ikke funnet data for situasjoner fra 70-tallet eller tidligere. Stasjonen MO-2 ligger i den

dypeste partiet av terskelbassenget (102 m), mens MO-1 ligger betydelig grunnere på ca 46 m dyp. Lavest observerte oksygenverdi i bunnvannet viser samme variasjon mellom årene på begge stasjonene, men det er betydelig lavere verdier på den innerste grunne stasjonen MO-1. Tidligere undersøkelser har konkludert at denne forskjellen skyldes store mengder organisk materiale i sedimentet fra tidligere utslipp av trefiber som fører til høyt oksygenforbruk lokalt.

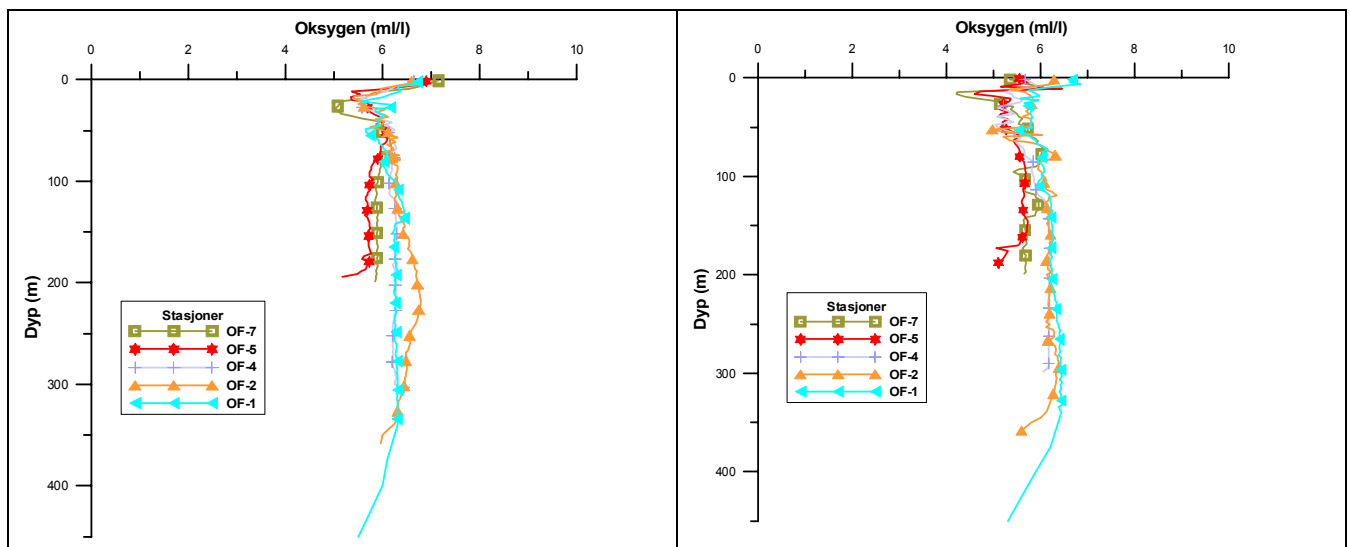
Det kan ikke observeres noen bedring i oksygenivået på de to stasjonene i denne perioden. De største tilførselene av næringsalter og organisk materiale til Mossesundet kommer med Mosseelva. Største kilde er landbruk og bakgrunnsavrenning, mens industri er den tredje største kilden og betydelig mindre enn landbruk. Utviklingen er sammenlignbar med Vestfjorden ved Tønsberg (se DNV, 2004) hvor landbruk også er største tilførselskilde.



Figur 6-5 Lavest observerte oksygenverdi 2 m over bunn på to stasjoner i Mossesundet. Data fra før 2001 er fra DNV (1996) og DNV (1991)

6.1.2 Oksygen i vannmassene

Organisk materiale som synker nedover i vannmassene vil i perioder med markert tetthetssjiktning akkumulere i disse sjiktene. Under nedbrytningen forbrukes oksygen og dette gir et lokalt oksygenminimum som i Ytre Oslofjord ofte ligger rundt 20 – 50 m. Dette observeres både i de lokale resipientene og i hovedfjorden. Dette er mest markert på sensommeren – høsten etter oppblomstringen av planktonalger, men var mindre utpreget i 2004 enn tidligere år (Figur 6-6). På enkelte av stasjonene ligger oksygenverdien i vannsøylen lavere enn i bunnvannet i terskelbassenget.



Figur 6-6 Oksygenprofiler fra stasjoner i hovedfjorden av Ytre Oslofjord august (høyre) og september (venstre) 2004.

6.1.3 Oppsummering oksygenforhold og foreløpige konklusjoner

I de første tre årene fra 2001 til og med 2003 har tilstanden oksygenivået i bunnvannet i de åpne delene av ytre Oslofjord generelt vært karakterisert som I-Meget god til II-God i henhold til SFTs tilstandsklasser. Imidlertid har det i hele undersøkelsesperioden vært en nedadgående trend noe som i 2004 førte til at flere av stasjonene i hovedfjorden ble karakterisert med en til to tilstandsklasser dårligere. I den samme perioden har de lokale tilførslene gått betydelig ned som følge av redusert avrenning fra land. Dette bygger opp under teorien at redusert hyppighet av utskiftning av bassengvannet er viktigste årsak til tilstanden sammen med at innstrømmende vann har hatt lavere oksygenivå enn det atlantiske vannet som strømmet inn vinteren 2000/2001. Dette er i samsvar med funn i tidligere undersøkelser fra 90-tallet.

I flere lokale resipienter som til dels var anoksiske på 70-tallet, har det i tidligere undersøkelser på 90-tallet vært observert en betydelig bedring. Undersøkelsene i 2001 – 2004 bekrefter denne trenden for eksempel i Grenlandsfjordene og i Mossesundet. I den naturlig anoksiske Drammensfjorden har dypet med oksygenholdig vann økt fra ca 30-40 m på 70-tallet til 60-80 m i undersøkelsesperioden.



7 NÆRINGSSALTER

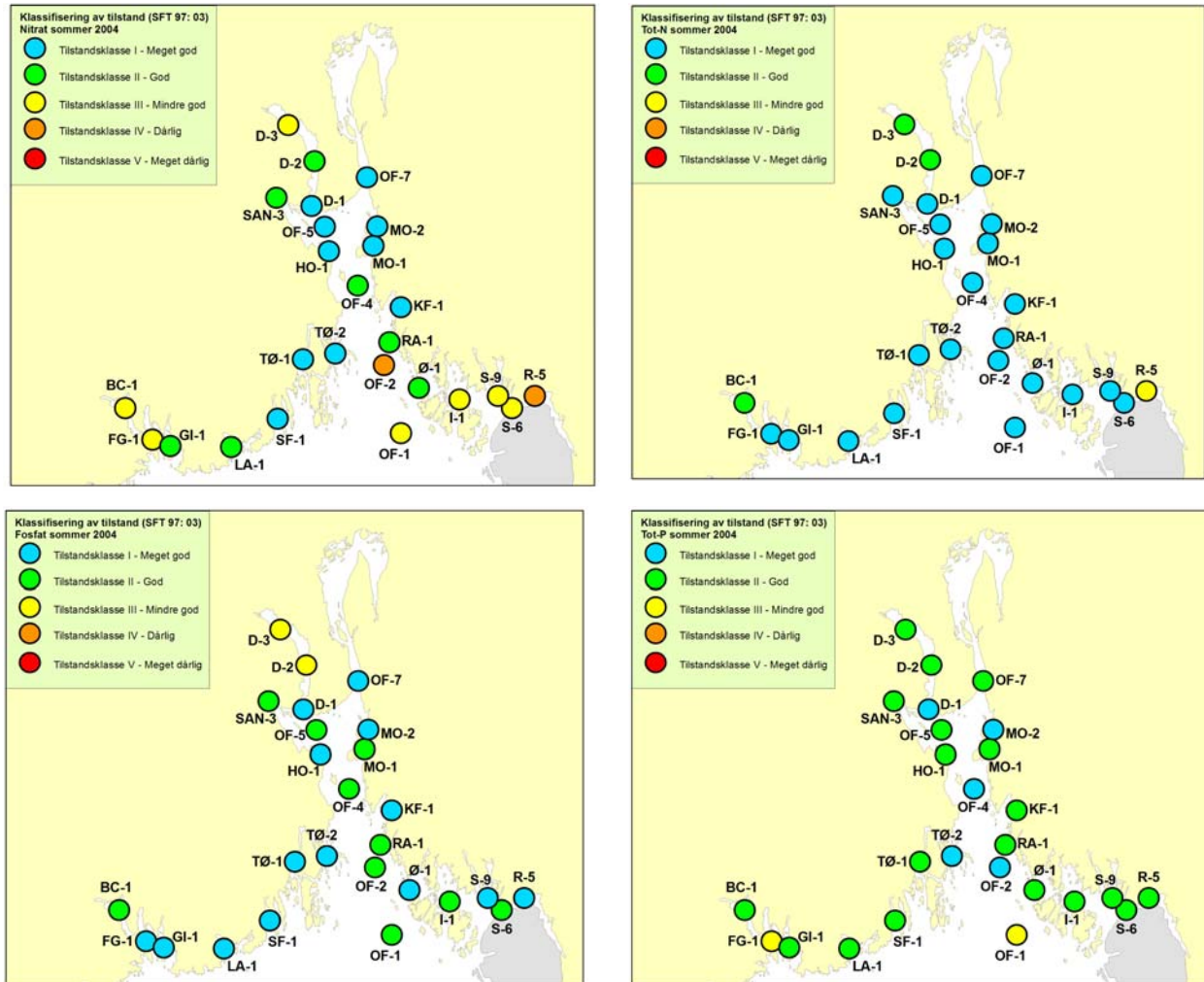
7.1.1 Sommerverdier

I vekstperioden for alge plankton vil løste næringssalter som ammonium, nitrat og fosfat i stor grad bli tatt opp av disse og normalt finnes bare i lave konsentrasjoner fra juni til september. Forhøyede verdier i overflatelaget i denne perioden tyder på lokale tilførsler eller oppstrømming av dypere liggende vannmasser. Figur 7-1 viser tilstandsklassifiseringen av stasjoner i ytre Oslofjord for sommerperioden 2004 basert på SFT sine kriterier (SFT, 1997).

Generelt fremstår tilstanden til området i denne perioden som *I-Meget god* til *II-God*. Sammenlignet med sommer 2003 og tidligere år er imidlertid nivået av spesielt nitrat noe høyere på flere av stasjonene i ytre området av hovedfjorden. Både OF-1 og OF-2 er klassifisert med redusert tilstand ved fjorårets undersøkelse. Dette gjelder i mindre grad også for fosfat hvor tilstanden til flere av stasjonene er klassifisert som *II-God* i stedet for *I-Meget god*. I forhold til total-nitrogen er situasjonen den motsatte med bedre tilstand på flere av stasjonene også i de lokale resipientene.

Også i 2004 var tilstanden noe redusert på de lokale resipientene Hvaler-Ringdalsfjorden, Drammensfjorden og Grenlandsområdet sammenlignet med hovedfjorden, mens tilstanden i Vestfjorden ved Tønsberg og i Sandebukta var sammenlignbar med ytre område.

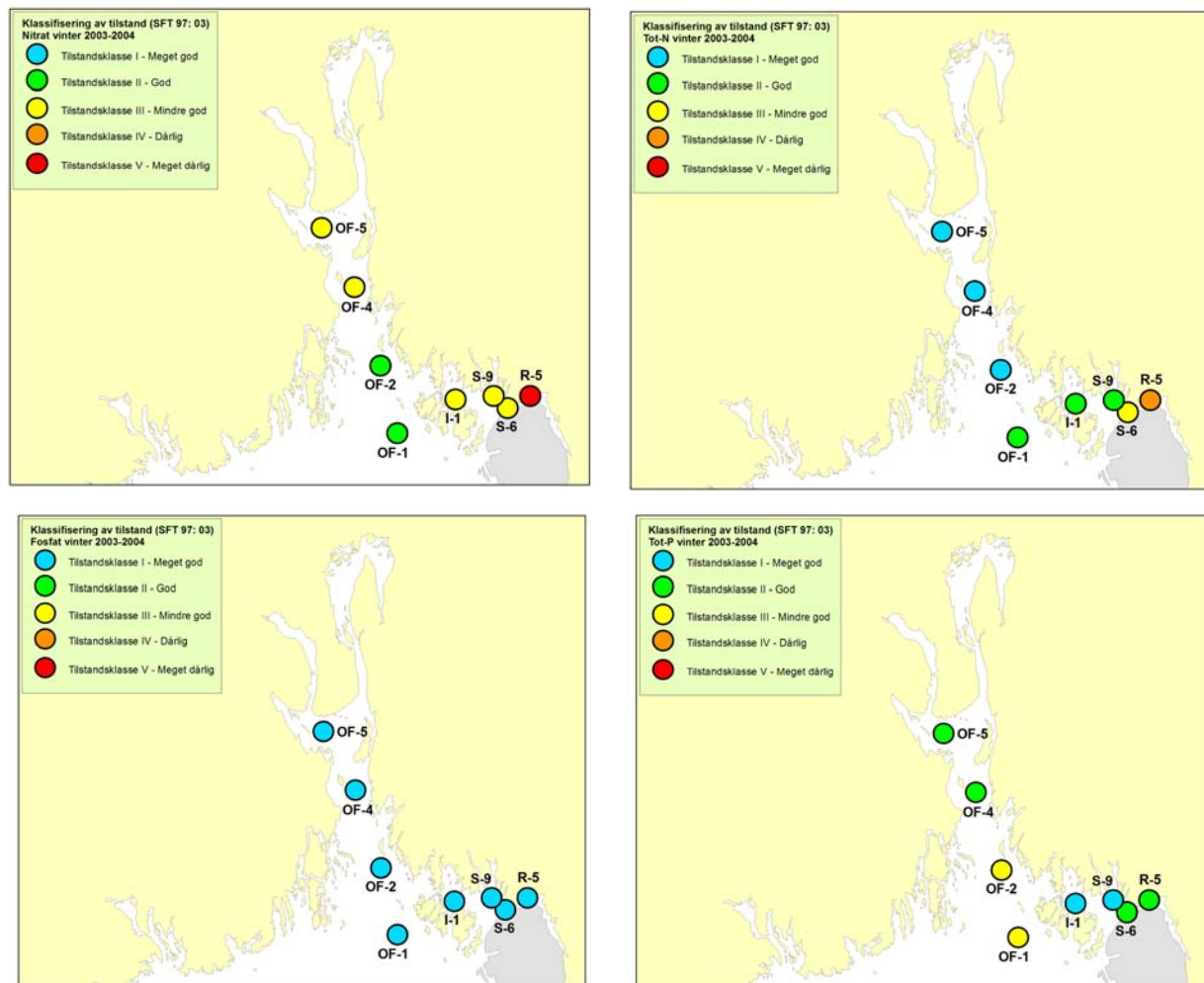
Første tokt sommer 2004 ble forskjøvet frem fra begynnelsen av juni til slutten av mai. Konsentrasjonen av bl.a. nitrat på stasjonene i hovedfjorden var spesielt høyt på første og siste tokt, men det ble også observert relativt høye verdier på enkelte av de andre toktene i løpet av sommeren.



Figur 7-1 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av medianverdien fra analyser av nitrat, totalnitrogen, fosfat og totalfosfor av seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (mai-september) 2004

7.1.2 Vinterverdier

Også vinterverdiene av nitrat var høyere i for vinteren 2003/2004 enn forrige vinter 2002/2003. Dette gjelder både hovedfjorden og i Hvalerområdet og Ringdalsfjorden. Tilstanden til området fremstår for dette året som II-God til III-Mindre god (Figur 7-2). Tilstanden i 2003/2004 er derfor mer sammenlignbar med situasjonen den foregående vinteren 2001/2002.

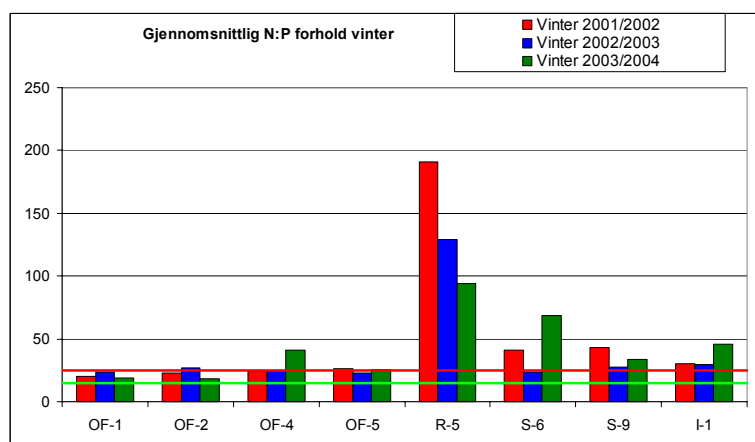


Figur 7-2 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i Ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av næringssalter fra tre vannprøver tatt i løpet av vintersesongen 2003/2004 (desember -februar)

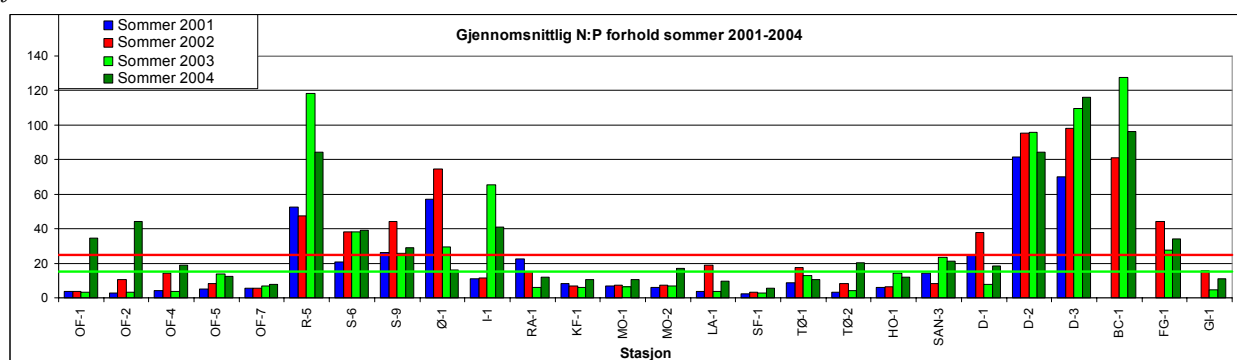
7.1.3 N/P forhold

Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrogen- og fosfor-innholdet i planteplanktonet angis ved Redfield-forholdet som uttrykt i atomer er 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. Slike avvik finner man på typisk ferskvannspåvirkede områder i ytre Oslofjord både i vinterperioden og sommerperioden (**Figur 7-3** og **Figur 7-4**).



Figur 7-3 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat i overflatevann fra prøver tatt i februar, november og desember 2001 og vinter 2002/2003. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn Redfield-forholdet 16



Figur 7-4 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 2m dyp på seks tokt hver av somrene 2001 - 2003. Rød linje markerer forholdstall 25 (50% avvik) og grønn markerer Redfield-forholdet 16.

7.1.4 Oppsummering næringsalter og foreløpige konklusjoner

Tilstandsvurderingen av området basert på konsentrasjonen av næringsalter i vannmassene har variert til dels betydelig mellom de fire årene i undersøkelsesperioden. Dette gjelder både vinterverdier og sommerverdier. I de lokale resipientene kan dette til dels forklares med variasjoner i de lokale ferskvannstilførslene mellom år og sesonger.

Lokal tilførsler fra elvene fører til store avvik i N:P forholdet lokalt. Dette gjelder spesielt Ringdalsfjorden – Singlefjorden – Hvalerområdet, Drammensfjorden og Grenlandsområdet. Sommer 2004 ga relativt høye verdier av nitrat et betydelig avvik i N:P forholdet, spesielt for stasjonene i hovedfjorden.

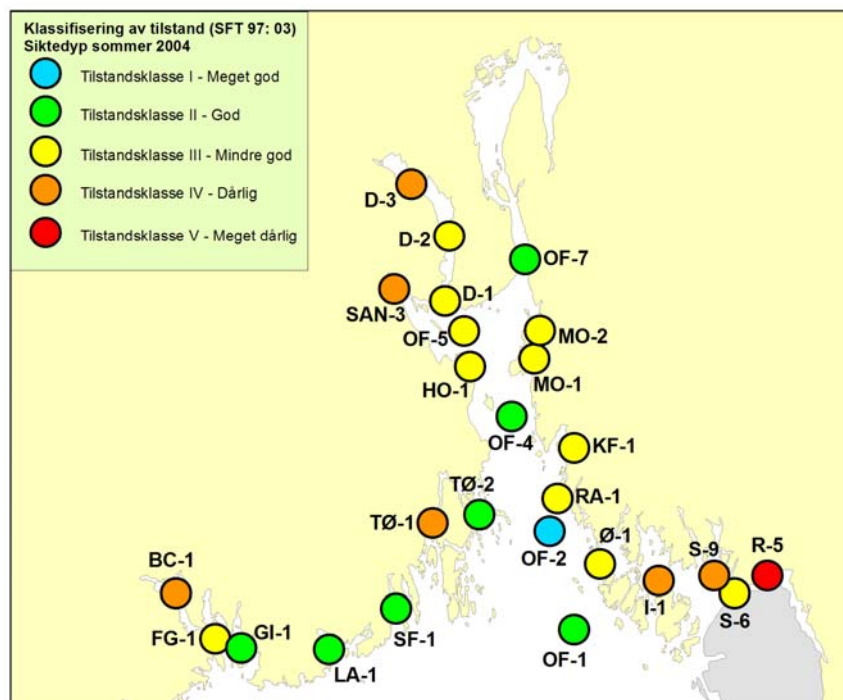
8 SIKTEDYP

Siktedypet kan erfaringsmessig uttrykkes som en funksjon av vannets innhold av fargestoffer, organiske og uorganiske partikler. Planktonalger inngår som en del av de organiske partiklene, men det er generelt ingen klar sammenheng mellom mengde alger og siktedyp i ytre Oslofjord. Humus og andre typer partikler spiller en betydelig rolle i enkelte av de lokale resipientene.

Medianverdien av siktedyp-observasjonene i løpet av sommeren er benyttet som grunnlag for å klassifisere tilstanden i fjorden (Figur 8-1). Hovedfjorden er karakterisert som *II-God* til *III-Mindre god*. Siktedypet økte på de fleste stasjonene i denne delen av fjorden sammenlignet med 2003. Den samme tendensen kan man se i de lokale resipientene med bedre siktedyp og tilstandsklassifisering. I Ringdalsfjorden som er sterkt påvirket av humusrikt ferskvann fra Tista, tilsvarer forholdene *IV-Dårlig* til *V-Meget dårlig*.

I Vestfold og Grenland var situasjonen sammenlignbar med 2003.

Det er generelt dårligst forhold i typisk ferskvannspåvirkede områder.



Figur 8-1 Klassifisering av tilstand i henhold til SFT 97:03 basert på medianverdien seks observerte siktedyp i løpet av sommeren 2004 (juni-september).



9 PLANKTONALGER

9.1 Bakgrunn

I tidligere rapporter om vannkvaliteten (se DNV, 2004) er det beskrevet hvilken rolle planteplanktonet har i vannmassene og hvordan forekomstene kan gi et bilde på graden av eutrofiering. Algene er primærprodusenter og står derfor 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. Erfaringene fra Norge og andre land er at områder med ekstra tilskudd av næringssalter i gjennomsnitt får høyere algekonsentrasjoner enn i upåvirkede områder. Sammenliknet med mer næringsfattige områder er primærproduksjonen pr. mengdeenhet av alger også normalt høyere i overgjødslende områder, og det kan bli en endring i artssammensetningen. Det er for eksempel en rekke observasjoner internasjonalt av økt forekomst av små kiselalger i overgjødslende brakkvannsområder. I rapporten om vannkvalitet i 2003 (DNV, 2004) 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 planteplanktonet, spesielt navngitte indikatorarter, i forbindelse med å identifisere primæreffektene av eutrofiering. Planteplanktonmaterialet fra Ytre Oslofjord er omfattende, men tidligere erfaringer fra mange års algeanalyser 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.

Algematerialet fra 2004 bekreftet i store trekk observasjonene i 2001, 2002 og 2003. En ny observasjon i 2002, som gjentok seg i 2003, var store forekomster av den lille kiselalgen *Chaetoceros thronsdonii* som i 2002 for første gang i Norge ble dokumentert i oppblomstringskonsentrasjoner, med en stor oppblomstring i slutten av september i brakkvannsområdene i Østfold, Drammensfjorden og Grenlandsfjordene. Oppblomstringer av små *Chaetoceros*-arter og andre små kiselalger er beskrevet som karakteristisk for eutrofierte brakkvannsområder i USA og er dokumentert i Nordåsvannet i Bergen mens området enda ble tilført avløpsvann til overflatelaget fra tettbebyggelsen i Fana (Tangen 1974). Det er derfor av spesiell interesse å se om *Chaetoceros thronsdonii* etablerer seg i området og gir gjentatte oppblomstringer slik det tidligere er kjent for dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* i Oslofjorden. Denne arten som nå er en karakterart i Oslofjorden, ble dokumentert for første gang i Norge under en stor oppblomstring i ytre Oslofjord i 1979 (Tangen 1980) og har senere spredt seg og gitt massive oppblomstringer i Østersjøområdet og i fjorder på Vestlandet..

OSPAR har foreløpig ikke beskrevet vurderingskriteriene for indikatorartene eller algesamfunnene ellers. Slike kriterier er heller ikke beskrevet i SFT's veiledning for klassifisering av miljøtilstand (SFT, 1997) eller i veiledningen for gjennomføring av resipientundersøkelser. I påvente av at det utvikles numeriske metoder eller andre vurderingskriterier for sammenligning av planteplanktonbestander må vurderingene derfor gjøres på faglig skjønn. Dette har vært gjort i stor utstrekning i undersøkelser fra Oslofjorden siden 1930-tallet (Braarud & Bursa, 1939), i den store Oslofjordundersøkelsen i 1960-årene (Braarud & Nygaard 1967) og i rutineundersøkelser i 1970- og 1980-årene. I materialet fra 2002 ble det forsøkt å evaluere noen indikatorarter spesielt. Dette var dinoflagellatslekten *Dinophysis* som ellers er mest kjent for å produsere toksiner som akkumuleres i skjell, men som OSPAR har nevnt som en mulig indikator på eutrofiering. Disse algene ble omtrent ikke funnet i de antatt mest eutrofierte områdene i Østfold, men er vanlige med relativt høye celledtall i Vestlandsfjordene og lokalt en rekke andre steder uten at de kan settes i forbindelse med eutrofiering. Basert på resultatene fra 2002 og observasjonene i 2003 ble det derfor

konkludert med at *Dinophysis* i Norge ikke kan regnes som en klar indikator på eutrofiering. Store konsentrasjoner av disse algene i Norge ser ut til å ha sammenheng med spesielle naturgitte forhold.

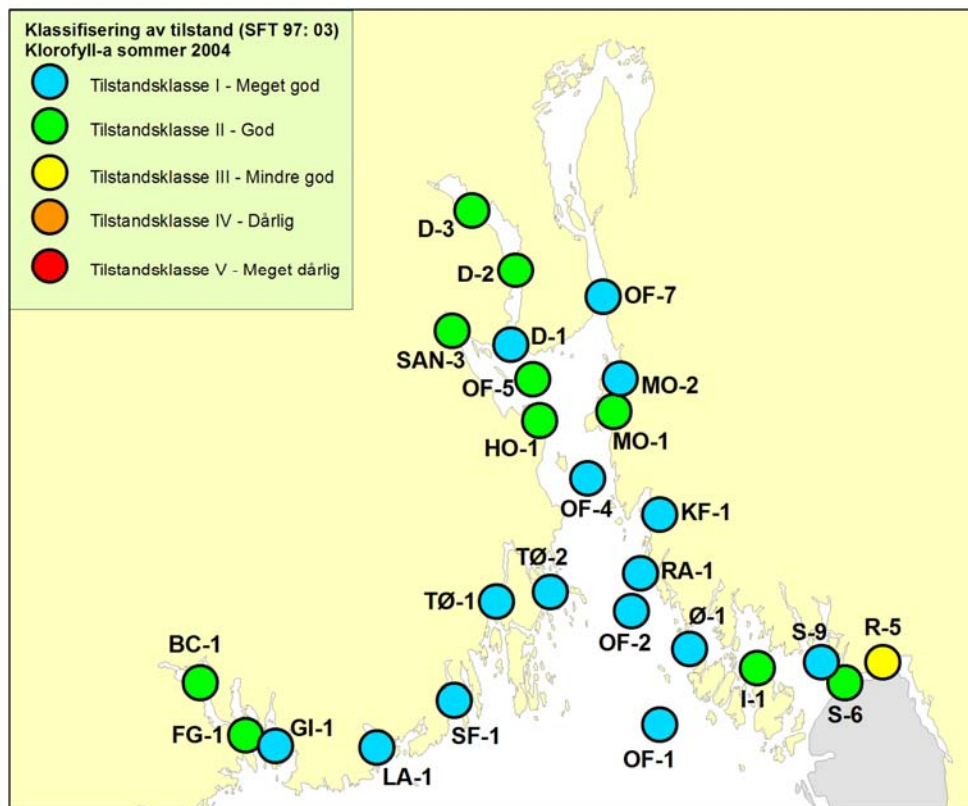
9.2 Innsamling og analyse av algemateriale.

Planktonalgeprogrammet i 2004 hadde omtrent samme omfang som i 2003, og omfattet på det tredje 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 2004 ble det tatt med et målepunkt mellom Holmestrand og Langøya (LØ-1) og et nytt punkt i ytre deler av Drammensfjorden innenfor Holmsbu (D-4). 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 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 forskjeller i 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. Også små, lite forkislede kiselalgeskall med spinkle utvekster (f.eks. børster hos små *Chaetoceros*-arter) ser ut til å endre seg, slik at analyseresultatene kan bli usikre. 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 μ 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. I tillegg er det brukt opplysninger fra andre algeanalyser. Dette er prøver som Fugr-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.

9.3 Klorofyll-a

Klassifiseringen av miljøtilstand (SFT, 1997) basert på sommerverdiene av klorofyll-*a* er vist i Figur 9-1. Biomasseverdiene (klorofyll-*a*) var gjennomgående lavere i 2004 enn i 2003 som igjen var lavere enn de to foregående årene. Dette førte til at tilstanden på de fleste stasjonene ble klassifisert som *I-Meget god* til *II-God*.



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

9.4 Observasjoner

21-22 januar

Det ble samlet inn prøver fra de åpne områdene fra Torbjørnskjær til Breiangen og fra Østfold. Det ble observert små, men artsrike algeblander tilsvarende vinterminimum. De kvalitative prøvene var dominert av store dinoflagellater (*Ceratium lineatum* og andre *Ceratium*-arter) i hele området, også innenskjærs.

23-24 februar

Til forskjell fra 2003 da det ikke ble observert noen egentlig våroppblomstring i overvåkingsprogrammet, var det allerede i februar en godt utviklet oppblomstring av *Skeletonema* innenskjærs i Østfold og i de ytre åpne delene av fjorden. Foruten *Skeletonema* var det andre kiselalger (*Thalassionema*, *Thalassiosira*) som bidro til moderat forhøyet biomasse (inntil 3,6 µg klorofyll-a/L). Innover i fjorden var forholdene tilnærmet vinterminimum omtrent som i januar med klorofyllverdier under målegrensen på de fleste målepunktene.

29.-30. mars

Det ble tatt prøver innenskjærs i Østfold og i Breiangen som viste at våroppblomstringen var over, med små celledtall og lave klorofyllverdier i slutten av mars.

30. april-2. mai

Prøver ble tatt på målepunktene innenskjærs i Østfold og i ytre Drammensfjord. Kraftig oppblomstring av brakkvanns kiselalger ble observert i Singlefjorden og Iddefjorden, med hele 11,2 µg klorofyll-a/L og 6,5 mill/L av den relativt store kiselalgen *Diatoma elongatum* i Iddefjorden (R-5). Mellom Iddefjorden og Hvaler var det også høye celledtall av *Chaetoceros wighamii* som også har vært vanlig i dette brakkvannsområdet tidligere år.

24.-27. mai

Dette var det første fulle prøvetakingsprogrammet. Med få unntak representerte dette en minimumsperiode med små algemengder.

- I hovedfjorden var det bare de indre delene av Rauerbassenget og Breiangen som hadde klorofyllkonsentrasjoner over bakgrunnsverdier. Planktonet var her dominert av kiselalger i moderate celledtall (*Skeletonema*, *Thalassionema*, *Diatoma*).
- Lite alger innenskjærs i Østfold, også i Iddefjorden.
- Ved Horten ble det slik som i en episode i 2003 observert høye klorofyllverdier (9,8 µg/L) i 20 m dyp, som var betydelig høyere enn i overflatelaget (3,5 µg/L). I Vestfold var det ellers moderate oppblomstringer av *Skeletonema* og *Dactyliosolen fragilissimus* ved Tønsberg og blandingsfunn av andre kiselalger i dette området.
- I Telemark var algeforekomstene små med blandingsfunn av kiselalger og moderate til svært lave klorofyllverdier.
- Med unntak av den ytterste stasjonen var det lite alger å finne i Drammensfjorden. På D-1 var det en relativt høy klorofyllverdi i 2 m dyp (5,1 µg/L), men små celledtall i algeprøven som er fra overflaten. Håvtrekk materialet var her dominert av den store dinoflagellaten *Ceratium lineatum* som har en flakvis fordeling, som kan ha gitt en tilfeldig høy klorofyllverdi.

14.-15.juni

I det begrensede innsamlingsprogrammet (innenskjærs i Østfold og Drammensfjorden innenfor Svelvik) ble det registrert økning i algemengdene fra slutten av mai i begge områdene. En brakkvannsflagellat (*Dinobryon* sp.) hadde relativt høye celledtall og dominerte i Drammensfjorden sammen med kiselalgene *Skeletonema* og *Fragilariopsis* sp. Karakterarten for Østfold, *Cyclotella choctawhatcheana* (kiselalge) og *Skeletonema* var mest tallrik i Østfold.

21.-24. juni

Det ble gjennomført fullt program. Som i de fleste år i sommerperioden ble det igjen observert en god del av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* i omtrent hele området, men ikke synlige oppblomstringsmengder som i juni 2003. Forekomsten i Oslofjord-området ser ut til å ha vært en del av en oppblomstring som i løpet av sommeren dekket store deler av norskekysten og havområdene utenfor. Med enkelte unntak var det lite alger i hele området.

- I hovedfjorden var algebiomassen liten (lave klorofyllverdier) med tilsvarende moderate celledtall. *Emiliana* og to kiselalger (*Detonula confervacea* og *Dactyliosolen fragilissimus*), som alle er vanlige i Oslofjorden om sommeren hadde tilnærmet oppblomstringsmengder.

- *Emiliana* og *Cyclotella* var tallrikest i Østfold (0,6 mill/L). Relativt høy klorofyllverdi (6,9 µg/L) ble observert i Iddefjorden.
- Med unntak av *Emiliana* (0,36 mill/L) var det lite alger i ytre strøk av Østfold og liten biomasse i form av lave klorofyllverdier.
- Årets høyeste klorofyllverdi (16,2 µg/L) ble observert ved Horten i 20 m dyp, som bekrefter at observasjonene i slutten av mai ikke var noen tilfeldighet, men indikerer at det kan være gunstige forhold for utvikling av spesielle algeforekomster (Euglenaceer?) i tilknytning til anoksiske vannmasser i dette området. I Vestfold var det ellers lite alger utenom *Emiliana*, men en del kiselalger (*Cerataulina pelagica*) vest i Breiangen.
- Relativt høye klorofyllverdier (7-8 µg/L) ble observert i Drammensfjorden innenfor Svelvik. Det var her oppblomstringsmengder av brakkvannarter (*Diatoma elongatum*, *Dinobryon*) og kiselalger som tidligere er sett i oppblomstringsmengder i området (*Skeletonema*, *Pseudo-nitzschia calliantha*).
- Den lille kiselalgen *Chaetoceros thronsenii* ble observert i celletall på inntil 10 mill/L i Grenlandsområdet (Frierfjorden) og ser ut til å ha etablert seg som en karakterart også for dette området. Til forskjell fra de andre områdene ble det her registrert en del dinoflagellater (*Ceratium tripos*, *Dinophysis norvegica*, *Gonyaulax spinifera*, *Prorocentrum micans* o.a.) slik at Grenlandsområdet i denne perioden skiller seg noe fra resten av Oslofjorden når det gjelder algeplanktonet.

19.-22 juli

Som vist også tidligere år, ble det ganske store forskjeller i algeforekomstene mellom de lokale resipientene i sommerperioden. I hovedfjorden fra Breiangen-Bastø og utover var det lite alger, mens det ble observert flere lokale oppblomstringer av forskjellige kiselalger. Algeplanktonet var generelt artsrikt, blant annet med mer enn 40 arter av dinoflagellater i de kvalitative prøvene.

Innenskjærs i Østfold hadde det kommet en kraftig oppblomstring av *Chaetoceros thronsenii* og en markert oppblomstring av *Cyclotella choctawhatcheana* (Tabell 2). Dette er brakkvannsalger som er kjent fra en rekke oppblomstringer i dette området tidligere år.

Tabell 9-1 Biomasse (klorofyll-a) og forekomsten av oppblomstringsalger i Østfold 19.7.04 (celler/Lx1000)

Art\Lokalitet	I-1	S-9	S-6	R-5
<i>Chaetoceros thronsenii</i> *	340	2720	2160	3840
<i>Cyclotella choctawhatcheana</i>	110	280	40	480
Klorofyll-a (µg/L)	2,5	3,5	3,1	7,0

Celletallene inkluderer også andre små morfotyper, f.eks. *Ch. minimus*, som det her ikke er naturlig å skille ut som egne taxa fordi artsforskjellene synes marginale (børsteorientering) med mange overgangsformer i prøvene. Cellene er lite forkislet og lett å overse i rutineanalysene, med risiko for underestimering av celletall. Graden av forkisling varierer fra prøve til prøve.

- Østfoldlokalitetene som grenser mot hovedfjorden, hadde moderate oppblomstringer av relativt store kiselalger (*Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus danicus*).
- I Vestfold var biomassen liten, med unntak av Tønsbergfjorden der *Leptocylindrus danicus* var tallrik (1,2 mill/L, 5,7 µg klorofyll-a/L) og i Breiengnområdet der det var relativt mye *Cerataulina*

pelagica. I Horten var klorofyllkonsentrasjonen fortsatt betydelig høyere i 20 m dyp enn i overflatelaget.

- I Drammensfjorden var områdene innenfor Svelvik vesensforskjellig fra de ytre områdene. I indre fjord var planktonet dominert av brakkvanns/ferskvannalger (*Dinobryon*, *Rhizosolenia eriensis*, *Ceratium hirundinella*, *Asterionella gracillima*). Utenfor Svelvik var planktonet omtrent som i Sandebukta og Breiangen.
- I Grenlandsområdet var det lite alger og bare spor av den tidligere oppblomstringen av *Chaetoceros thronsdensii* i Frierfjorden.

2.-5. august

En del av de lokale oppblomstringene utviklet seg videre, og algeforekomstene økte i hovedfjorden, spesielt i Drøbaksundet og Breiangen med høye celletall for *Leptocylindrus* på henholdsvis 6,0 mill/L og 1,2 mill/L og *Cerataulina* mot de ytre områdene.

- I Indre Østfold fortsatte oppblomstringen av *Chaetoceros thronsdensii* til over 13 mill/L i Iddefjorden og en samlet biomasse på 8,5 µg klorofyll-a/L, men avtok i Singlefjordområdet. I ytre Østfold var situasjonen omtrent uendret med moderate celletall.
- På vestsiden av fjorden ble det observert en økning av kiselalgeforekomstene til en regulær oppblomstring dominert av *Leptocylindrus* og *Cerataulina* og totaltall på 1,2-3,5 mill/L og klorofyllkonsentrasjoner på 3-4 µg/L fra Tønsberg til Sandebukta og fortsatt høyere klorofylltall i 20 m dyp enn i overflaten ved Horten.
- De indre delene av Drammensfjorden var fortsatt dominert av algesamfunn som var helt forskjellig fra undersøkelsesområdet for øvrig, med relativt liten biodiversitet og en god del ferskvannsalger og spesielt lite dinoflagellater innenfor Svelvik. Sannsynligvis blir denne algegruppen underestimert i et slikt brakkvannsområde når prøvene tas fra overflaten.
- Oppblomstringen av *Chaetoceros thronsdensii* fortsatte i Frierfjorden og hadde spredt seg til Langesundsfjorden, med høye celletall og høye klorofyllverdier, men ikke til Håøyfjorden.

23.-26. august

Chaetoceros thronsdensii ble observert i oppblomstringsmengder i omtrent hele Ytre Oslofjord (Figur 2) inkludert Drammensfjorden der det også var høye celletall av *Cyclotella* og tildels *Cerataulina*. *Chaetoceros thronsdensii* er her små celler med varierende og ofte svakt utviklede børster, morfotyper som kan ligne *Ch. minimus*, *Ch. subtilis* og andre solitære *Chaetoceros*-arter. Det er gjort forsøk på å skille morfotypene under analysene, og det er enkelte prøver der de var forventet, men ikke ble funnet, muligens fordi børstene ikke var utviklet. Utenom denne arten var det unntaksvis oppblomstringsmengder av andre arter. Figur 3 viser konsentrasjonene av *Chaetoceros thronsdensii* og *Skeletonema costatum* og *Cyclotella choctawhatceana*, som var de eneste med egentlige oppblomstringsmengder.

Cyclotella var tallrik i Drammensfjorden innenfor Svelvik og bidro sammen med *Chaetoceros thronsdensii* til høye klorofyllverdier på 12-15 µg klorofyll-a/L.

Skeletonema costatum hadde en lokal oppblomstring i Tønsbergfjorden.

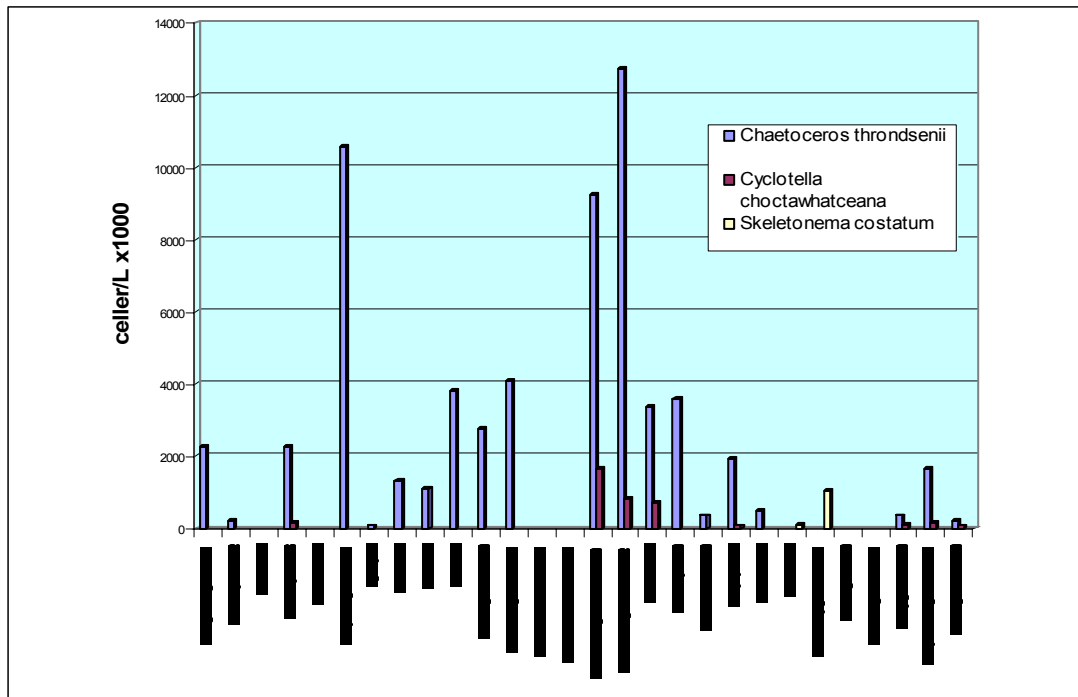
Dinoflagellaten *Prorocentrum minimum*, tidligere kjent karakterart for Østfold hadde en markert økning i Grenlandsfjordene til 0,1 mill/L.

Pseudo-nitzschia calliantha som har hatt en rekke større oppblomstringer i Oslofjorden siden 2001, var relativt dominerende i noen få kvantitative prøver (håvtrekk), men ikke påvist i kvantitative prøver.

27.-30. september

Dette var årets siste fulle prøvetakingsprogram. Den foregående måneden hadde algeplanktonet endret karakter. I slutten av september var det bare spor igjen av den tidligere massive oppblomstringen av *Chaetoceros thronsenii*. Planktonet var ellers dominert av kystplankton med høy biodiversitet og rundt 50 kiselalgearter, derav 15 store *Chaetoceros*-arter ble registert i blandprøvene (håvtrekkmateriale). Biomassen var generelt liten med klorofyllverdier under eller i nærheten av målegrensen. Noen fjordavsnitt hadde målepunkter med klorofyllverdier over 2 µg klorofyll-a/L:

- Økt forekomst av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* i hovedfjorden, mest i Drøbaksundet.
- Innenskjærs i Østfold var forekomsten av kystalger større enn i de åpne områdene med moderate oppblomstringer av flere kiselalger (*Cerataulina*, *Chaetoceros* spp., *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia*).
- Oppblomstring av *Skeletonema* ved Horten (1,5 mill/L). Her var det fortsatt høyere klorofyllkonsentrasjoner i 20 m dyp enn ved overflaten.



Figur 9-2 Konsentrasjon av de dominerende artene 23.-26. august 2004.

28. oktober, 17. november, 6.-7. desember.

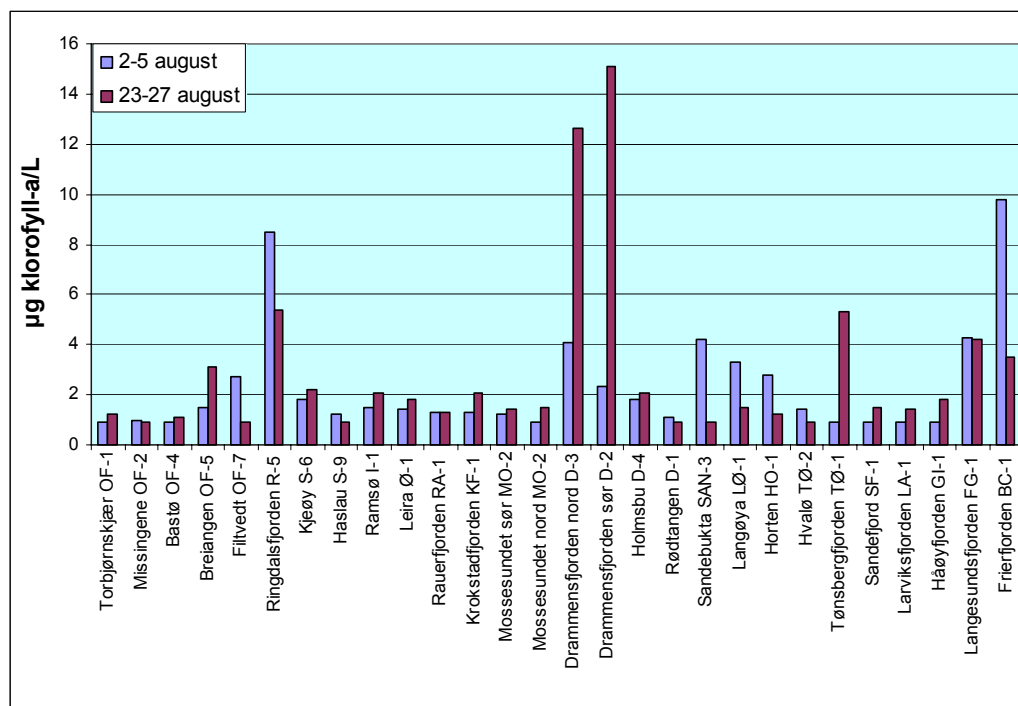
Utover høsten ble det tatt prøver innenskjærs i Østfold og i desember også i hovedfjorden og ved Langøya. Algeforekomstene var små både med hensyn på celledtall og klorofyllkonsentrasjoner, og i desember var det tilnærmet vinterminimum. Mens det i 2003 utviklet seg en markert oppblomstring av *Pseudo-nitzschia* i Iddefjorden i desember, var det en liten økning av *Skeletonema* i Breiangen i begynnelsen av desember i 2004. Biodiversiteten var stor utover høsten som normalt for Oslofjorden. Biomasseverdiene i form av klorofyll-a var under målegrensen på alle målepunktene i november og desember.



9.5 Kvantitativt viktige oppblomstringer.

Som i tidligere år var det en del alger som er observert i høye konsentrasjoner. I 2004 var dette arter som er omtalt spesielt i tidligere rapporter. *Chaetoceros thronsdensei* var en markert alge i 2004 slik som i 2003 etter at den først kom i blomstringsmengder i 2002. Denne arten ser ut til å ha etablert seg som en karakterart for brakkvannsområdene i Østfold, Drammensfjorden og Grenland. *Cyclotella choctawhatcheana*, *Diatoma elongatum*, *Chaetoceros wighamii* og dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* har ikke vært så fremtredende i 2004 som i tidligere år etter at alle disse har hatt massive oppblomstringer i Oslofjorden. Andre arter som har hatt liten betydning i 2004 inkluderer kiselalgen *Pseudo-nitzschia calliantha* (tidligere kalt *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*) som hadde en kraftig og langvarig oppblomstring i 2001 i hele sommerperioden fra begynnelsen av juni til utpå høsten og som etterhvert dekket hele Oslofjord-området med unntak av de indre delene av Drammensfjorden. Denne algen ble observert bare i små mengder i 2002, men hadde lokale oppblomstringer i 2003.

Felles for disse artene er at de blomstrer opp i brakkvannsområdene og i noen tilfeller spres ut til de åpne delene av fjorden. Muligens et nytt trekk i 2004 var gjennomgående noe høyere algeforekomster i Breiangen enn tidligere. **Figur 9-3** viser størrelsen av algebiomassen som klorofyll-a under oppblomstringene i august, med høye verdier i Iddefjorden, Drammensfjorden og Grenlandsfjordene, og gjennomgående lite alger i de sentrale delene av fjorden og de fleste målepunktene som ligger ut mot hovedfjorden i Østfold og Vestfold. Disse områdene har avvikende næringsstoffforhold (N/P-forhold) som antas å skyldes næringsrik avrenning fra land som gir en primær eutrofieringseffekt i overflatelaget i form av stor vekst av planteplankton.



Figur 9-3 Konsentrasjonene av klorofyll-a i 2 m dyp i august 2004.

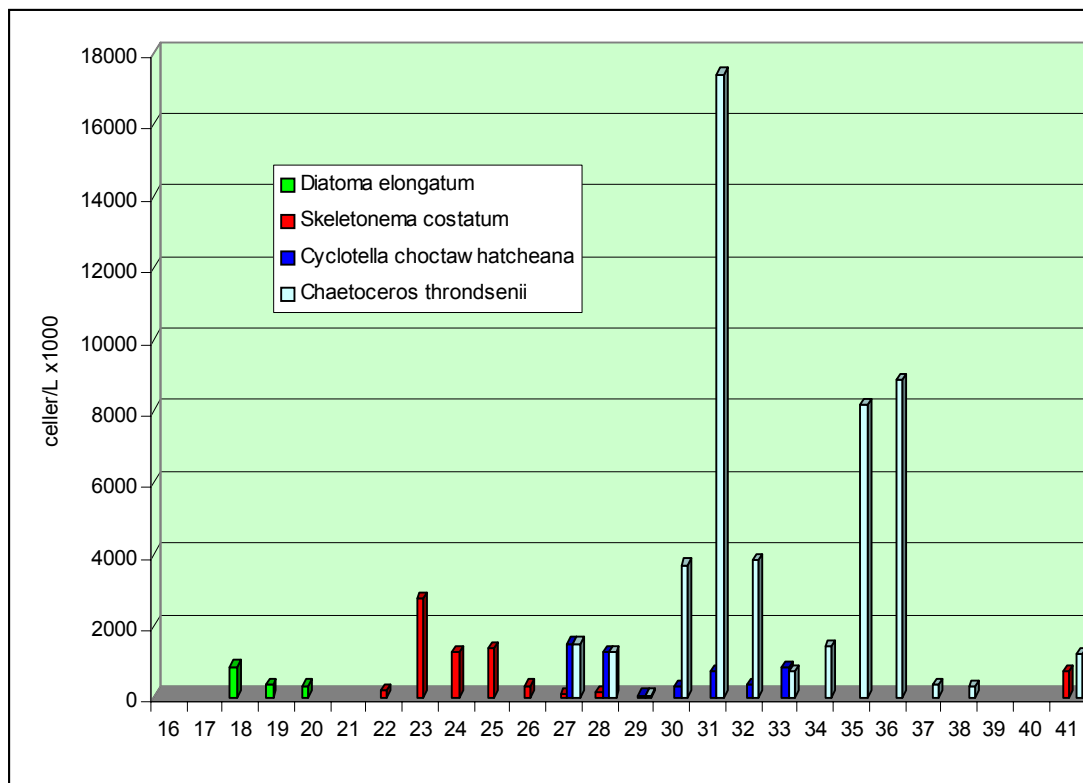
Skeletonema costatum er kjent fra massive oppblomstringer i Oslofjorden, ofte etter flom og stor vannføring i Glomma og Drammenselva. Denne kiselalgen som er satt i forbindelse med overgjødning i Oslofjorden allerede i 1930-årene (Braarud & Bursa 1939) og senere kommentert i overvåkningsrapportene for 2001-2003, var det lite av i prøvene fra overvåkningsprogrammet i 2004.

Andre tilgjengelige data (Fugro OCEANOR) fra ukentlig prøvetaking i Singlefjorden og i åpne områder i Ytre Oslofjord (Grensebøye 4) viste at det var en oppblomstring innenskjærs i Østfold med maksimum mellom to prøvetakinger i overvåkingsprogrammet i overgangen mai-juni.

Variasjonen i Singlefjorden i Østfold av de fire kvantitativt viktige artene *Diatoma elongatum*, *Skeletonema*, *Chaetoceros thronsdensii* og *Cyclotella choctawhatcheana* er vist i **Figur 9-4**. Dataene er fra Oceanors ukentlige prøvetaking gjennom vekstsesongen og utfyller informasjonen en får fra toktprogrammet i overvåkingen. Som i 2003 var det en suksessjon i planteplanktonet der de nevnte artene fulgte etter hverandre med oppblomstringer gjennom hele vekstsesongen, med omtrent samme tidsutvikling som i 2003. *Diatoma elongatum* er en mye større alge enn de andre oppblomstringsalgene nevnt ovenfor, slik at celledtall på under 1 mill/L av denne arten ga høye klorofyllverdier sammenlignet med de høye celledtallene (over 10 mill/L) av *Chaetoceros thronsdensii*. Figuren gir derfor et litt feilaktig inntrykk av betydningen av de forskjellige artene i økologisk sammenheng. Disse tilleggsdataene gir imidlertid en solid bekreftelse på tidligere observasjoner av hyppige og gjerne kortvarige oppblomstringer i dette området gjennom sommer-høst-perioden.

Chaetoceros thronsdensii var den mest markante algearten i 2004 som i 2003 med en uvanlig lang og kraftig oppblomstring gjennom juli-august/september. Denne lille kiselalgen kom inn som et markant trekk i planteplanktonet i Oslofjorden i 2002 etter å ha vært observert sporadisk med små bestander tidligere. I 2003 og 2004 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 brakkvannsområdene innenfor Hvaler, i Drammensfjorden og i Grenlandsområdet. I overgjødelse brakkvannsområder 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). Utviklingen av *Cyclotella*-oppblomstringene ser ut til å ha startet innenfor Hvaler med senere spredning til hovedfjorden og innenskjærs farvann på begge sider av fjorden.

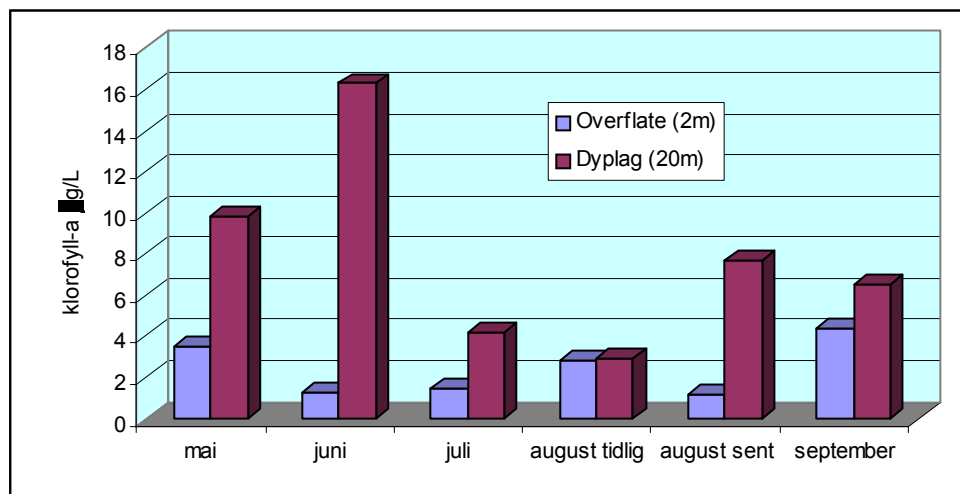
Det er lite vi vet om krav til voksebetingelser for de enkelte artene som oppnådde oppblomstringskonsentrasjoner i 2004 (og tidligere år). Brakkvannsområdene, som fikk de spesielt kraftige oppblomstringene av *Diatoma elongatum*, *Chaetoceros thronsdensii* og *Cyclotella* med flere, viser seg å ha markert avvikende næringssaltforhold, i den forstand at N:P-forholdet i disse områdene er høyere (inntil 60-100) enn en mener er optimalt (15-16) for de fleste artene av planteplankton. OSPARCOM anslår at et forholdstall på over 25 basert på vinterverdier som kriterium på betydelig avvik fra normaltstanden. Målingene i 2001-2004 (**Figur 7-3** og **Figur 7-4**) viste 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.



Figur 9-4 Vekslingene mellom dominerende arter i Singlefjorden gjennom 2004 (data fra Fugro OCEANOR). Stasjonen tilsvarer omtrent posisjonen til S-9. X-aksen representerer ukenummer.

9.6 De spesielle forholdene ved Horten

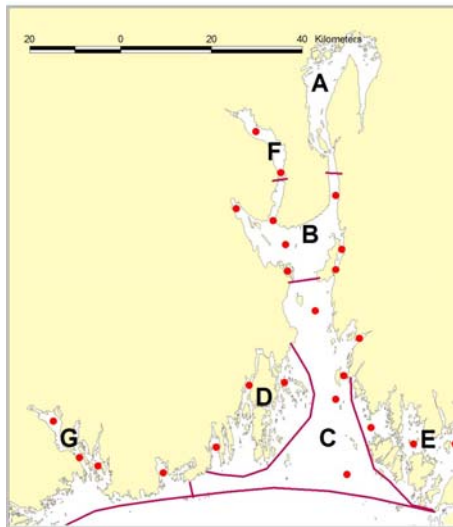
Klorofylldataene fra Hortenområdet (HO-1) skiller seg fra alle de andre målepunktene. Klorofyllverdiene var stort sett mye høyere i 20 m dyp enn i 2 m dyp (Figur 5), som er uventet og ikke forenlig med vanlige vertikalfordelinger av planteplankton der biomassen normalt er større i overflatelaget enn så dypt i vannsøylen. På dette målepunktet ble det målt lite oksygen nedover i vannsøylen og anoksiske forhold over bunnen. Forklaringen på høye klorofyllverdier i 20 m dyp er sannsynligvis at det her utvikles spesielle algeoppblomstringer i grensesjiktet mellom oksygenholdig og hydrogensulfidholdig vann. Dette er tidligere kjent fra Bunnefjorden og Hunnebben i Østfold under tilsvarende forhold (Braarud & Føyn 1958). Det er der påvist store bestander av av flagellater (Euglenophyceae) i grensesjiktet mellom oksygenholdig vann og anoksiske vannmasser. Ved Horten ble det også målt høye konsentrasjoner av næringssalter (f.eks. ammonium) i dette sjiktet. Her er det ikke tatt ut algeprøver for identifisering av det som gir høye klorofyllverdier. Det vil dessuten være aktuelt å sammenholde næringssaltdataene med eventuelt innlagringsdyp for kommunalt avløpsvann og i denne sammenhengen også vurdere den kjemiske effekten av endret redokspotensiale i grensesjiktet.



Figur 9-5 Konsentrasjonen av klorofyll-a nær overflaten og i 20 m dyp ved Horten (HO-1) gjennom sommeren og høsten 2004.

9.7 Geografiske forskjeller i planteplanktonforekomstene – regional inndeling

I de tidligere rapportene er det gjort forsøk på en regional inndeling basert på forekomstene av planteplankton. Avgrensingen av fjordavsnittene er kommentert i forhold til nye observasjoner i 2004. Etter at vi nå har tre 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 2004, slik som 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.



Figur 9-6 Foreløpig inndeling av Ytre Oslofjord basert på forekomster av alge plankton

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 innefor Svelvik.

Allerede Braarud & Bursa (1939) satte 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 næringssalter, i kombinasjon med tilførsler fra indre fjord, Drammensfjorden og Glomma. Mens algeforekomstene i 2003 i Breiangen var markert mindre enn i de foregående årene både når det gjelder klorofyll og celletall, var situasjonen i 2004 mer lik det vi fant i 2001 og 2002. Sandebukta hadde noe større algeforekomster. Den spesielle dybdefordelingen av klorofyll ved Horten er kommentert ovenfor. På dette målepunktet var det noe mer alger enn i Breiangen, og mer likt Sandebukta. De to ytre målepunktene i Drammensfjorden bar preg av å være et transittområde for oppblomstringer fra indre fjord med periodevis innslag av ganske mye brakkvannsalger ved utstrømming fra Drammensfjorden, mens det ellers lignet mer på Sandebukta.

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 Breiangen (avsnitt B) og lavest i de ytre delene (avsnitt C). Artssammensetningen i kvantitative prøver og håvtrekkmateriale har i alle år etter 2001 vist 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 thronsdensii*), 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 og 2004. 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 thronsdensii* 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 områdets egenproduksjon av planteplankton. Dette inntrykket har holdt seg også i 2004.

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 2004 ga et bilde som ikke er særlig forskjellig fra observasjonene i 2001-2003. Stasjon TØ-2 (Hvalø) ligner mest på de åpne områdene og er noe forskjellig fra fjordene ved Tønsberg, Sandefjord og Larvik. I 2003 og 2004 kom klorofyllkonsentrasjonene i samme tilstandsklasse som de åpne områdene (I-Meget god), med stort sett ganske like algeforekomster. I 2004 så vi eksempler på noe større algeforekomster i Tønsbergfjorden og enkelte lokale oppblomstringer, for eksempel av *Leptocylindrus danicus* i juli, som gjør at vi kanskje må vurdere å endre status på dette lokalområdet.

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 planteplanktonbestandene. Dette ble bekreftet av resultatene fra 2001 og årene deretter. 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, mens det ble observert bare sporbekrefter i 2004, som ser ut til å være det første året siden 1979 at det ikke har vært en egentlig oppblomstring av *Prorocentrum minimum* innenfor Hvaler. Resultatene fra 2004 bekrefter antakelsene fra 2001-2003 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 algebekrefter. Situasjonen i juli 2004 (**Tabell 9-2**) er en god illustrasjon på variasjonen i dette avsnittet.

Tabell 9-2 Fordelingen av dominerende alger og klorofyll innenskjærs i Østfold 17.7.04 (celler/L x 1000).

Art\Lokalitet	I-1	S-9	S-6	R-5
<i>Chaetoceros thronsenii</i> *	340	2720	2160	3840
<i>Cyclotella choctawhatcheana</i> *	110	280	40	480
Klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$)	2,5	3,5	3,1	7,0

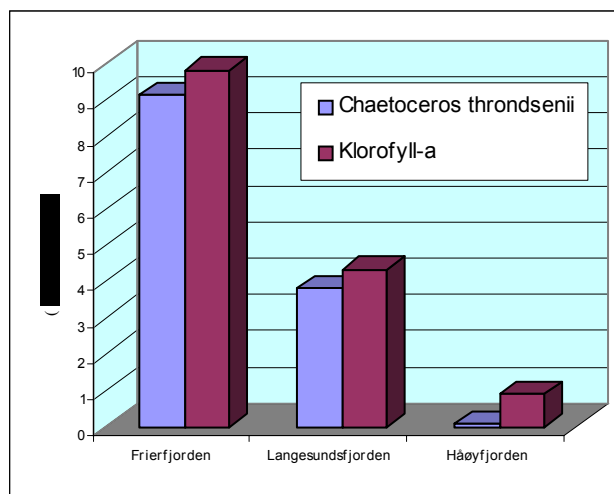
Ved siden av forskjellene i algebekrefternes artssammensetning og celletall er dette også bekreftet i klorofyllkonsentrasjonene. Sammenlignet med 2001-2002 var det vesentlig mindre algebiomasse i Ringdalsfjorden gjennom sommeren i 2003 og 2004. En spesiell observasjon høsten 2004 var oppblomstring av kystplankton med helt annen artssammensetning enn tidligere i vekstsesongen. En rekke større kiselalger (store *Chaetoceros*-arter, *Cerataulina*, *Leptocylindrus* o.a.) hadde moderate oppblomstringer samtidig, uten at tilsvarende forhold ble registrert i de åpne områdene.

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 planteplankton i Drammensfjorden og kommenterte også komponenten av ferskvanns- og brakkvannsararter. I perioden 2001-2003 har det generelt vært dominans av brakkvannsararter 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* sp.) 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). 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.

Avsnitt G. Grenlandsfjordene.

Det foreligger data fra tre års undersøkelser fra og med 2002. En foreløpig vurdering er at avsnittet kjennetegnes på evnen til å utvikle store lokale forekomster av planteplankton som skiller seg fra hovedfjorden i artssammensetning og biomasse. Gjennomsnittlige klorofyllverdier var omtrent de samme i 2002 og 2003 på alle de tre undersøkte målestasjonene, med lavest gjennomsnittsverdi i Håøyfjorden. I begge årene og også i 2004 er det observert situasjoner med høye celletall som skiller Grenlandsfjordene fra områdene utenfor. **Figur 9-7** viser en slik situasjon i august 2004 med en kraftig oppblomstring av brakkvannsalgen *Chaetoceros thronsenii* i Grenlandsfjordene og moderate oppblomstringer av andre kiselalger i det samme området og i hovedfjorden og Larviksfjorden.



Figur 9-7 Celletall av *Chaetoceros thronsenii* og konsentrasjonen av klorofyll-a i Grenlandsområdet 3.-4. august 2004.

9.8 Oppsummering planktonalger og foreløpige konklusjoner

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 planteplankton 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 området egenproduksjon av planteplankton.

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.

10 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.

AQUATEAM, 2003. Riverine Inputs and Direct discharges to Norwegian Coastal Waters - 2002. OSPAR Commission. B: Data report. Report number: 03-043 B.

AQUATEAM, 2004. Riverine Inputs and Direct discharges to Norwegian Coastal Waters - 2003. OSPAR Commission. B: Data report. Report number: 04-043 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. ”Benthosalgevegetasjonen 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 hydrokjemii. 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. Forurensningsproblemer 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

NIVA, 2003. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2002. Rapport /03

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

- o0o -