
TEKNISK RAPPORT

FAGRÅDET FOR YTRE OSLOFJORD

OVERVÅKING AV EUTROFITILSTANDEN I YTRE
OSLOFJORD
DELRAPPORT: VANNKVALITET
2001

RAPPORT NR. 2002-0233

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS

TEKNISK RAPPORT

Dato for første utgivelse: 2002-04-21	Prosjekt nr.: 59000343	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: Christian L. S. Rafn Avdelingsleder	Organisasjonsenhet: Miljørådgivning	
Oppdragsgiver: Fagrådet for Ytre Oslofjord	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen	

Sammendrag:

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 2001. Programmet er planlagt videreført i første omgang til år 2005.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden. Overvåkingen i 2001 omfattet ikke sjøområdene i Telemark.

Undersøkelsene av *vannkvalitet* gikk over hele året, men med ulik intensitet i delområder. Totalt 29 stasjoner fordelt over hele området ble besøkt seks ganger i sommersesongen, stasjoner i hovedfjorden og Hvalerområdet ble besøkt tre ganger i løpet av vinteren, og stasjonene i Hvalerområdet ble besøkt også i høst- og vårsesongene. Hydrografi, næringssalter, oksygen, klorofyll og algeplankton inngikk som parametre.

Generelt framsto tilstanden i hovedfjorden som meget god til god i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det ble observert noe økt eutrofiering innover i fjorden og spesielt i lokale mer innelukkede fjordavsnitt.

Rapport nr.: 2002-0233	Emnegruppe:	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Delrapport: Vannkvalitet 2001		
Utført av: Egil Dragsund, Karl Tangen		
Verifisert av: Sam Arne Nøland		
Dato for denne revisjon: 2002-05-07	Rev. nr.: 01	Antall sider: 54

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 SAMMENDRAG	1
2 INNLEDNING	2
3 BESKRIVELSE AV OMRÅDET	4
3.1 Breiangen (Avsnitt B)	4
3.1.1 Drammensfjorden (Avsnitt B2)	5
3.1.2 Mossesundet (Avsnitt B3)	5
3.1.3 Sandebukta (Avsnitt B4)	6
3.2 Ytre del av hovedfjorden (Avsnitt C)	6
3.3 Tønsberg – Sandefjord (Avsnitt D)	7
3.4 Skjærgården i Østfold – Singlefjorden - Ringdalsfjorden (Avsnitt E)	7
3.5 Langtransporterte tilførsler	8
4 GJENNOMFØRING OG METODER	10
4.1 Prøveinnsamling	10
4.2 Hydrografi	12
4.3 Næringssalter og klorofyll	12
4.4 Oksygen	13
4.5 Siktedyp	13
4.6 Innsamling og analyse av algemateriale	13
5 HYDROGRAFI	14
6 OKSYGEN	17
6.1 Klassifisering av tilstand	17
6.2 Utviklingen i hovedfjorden	18
6.3 Utviklingen i bassengene i Østfold	20
6.4 Utviklingen i bassengene i Vestfold og Buskerud	22
6.5 Foreløpige konklusjoner – oksygen	24
7 NÆRINGSSALTER	25
7.1 Nitrat	25
7.2 Ammonium	25
7.3 Total-nitrogen	26
7.4 Fosfat	27
7.5 Total fosfor	28
7.6 N/P forhold	28

TEKNISK RAPPORT

8	SIKTEDYP.....	31
9	ALGEPLANKTON I OSLOFJORDEN	33
9.1	Observasjoner fra de enkelte tokt	33
9.2	Klorofyll-a	40
9.3	Kvantitativt viktige oppblomstringer.	41
9.4	Forekomsten av enkelte indikatorarter.	47
9.5	Geografiske forskjeller i planktonalgeforekomstene – regional inndeling	49
9.6	Foreløpige konklusjoner - algesamfunn	51
10	REFERANSER	52

[Appendiks A SFT Tilstandsklasser](#)

TEKNISK RAPPORT

FORORD

Rapporten beskriver resultatene fra kjemiske og biologiske analyser av vannprøver fra 4 til 29 stasjoner i Ytre Oslofjord i løpet av 13 tokt i løpet av 2001. Prøvetakingen ble utført av Det Norske Veritas.

Medarbeidere

Feltarbeid: Tormod Hansen – DNV
Thomas Møskeland – DNV
Sarah Danielsson – DNV
Tor Jensen – DNV
Egil Dragsund – DNV
Mari Breien – DNV
Sindre Holm – UiO
Sverre Basberg – UiO
Richard Wærvågen – UiO
Rita Amundsen – UiO
Annette Grimsrud - UiO

Kjemiske analyser av vannprøver

AnalyCen i Moss.

Algeplankton

Karl Tangen OCEANOR

Utarbeidelse av denne rapport:

Egil Dragsund
Karl Tangen

Prosjektleder:

Tor Jensen

Verifikatør:

Sam Arne Nøland

De biologiske analysene er utført ved OCEANORs laboratorium i Trondheim.

1 SAMMENDRAG

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

En større innstrømming av atlantisk vann før første tokt i februar 2001 hadde gitt ensartede hydrografiske forhold under ca 20 m i hele fjorden. Bortsett fra i de naturlige anoksiske bassengene Drammensfjorden og Horten hadde dette også ført til høyt oksygen-nivå i alle stagnante bassenger i området. Situasjonen var sammenlignbar med det en observerte i 1997, men innstrømmingen av vann med saltholdighet > 35 psu gikk den gangen lenger inn i fjorden.

I løpet av 2001 ble oksygen-nivået redusert med noe ulik rate i de enkelte bassengene avhengig av organisk belastning. En ny vannutskiftning ble observert i løpet av høsten i de fleste bassengene, men det innstrømmende vannet inneholdt noe mindre oksygen enn full metning og nivået lå derfor lavere enn i februar gjennom hele året. Generelt tilsvarte lavest observerte nivå på de enkelte stasjonene tilstandsklasse *Meget god* eller *God* i henhold til SFT kriteriene og var betydelig bedre enn situasjonen før utskiftning i 1997. Bassenger med redusert tilstand er Ringdalsfjorden (*Meget dårlig*), Hvaler, Krokstadjfjorden, Tønsbergfjorden (*Mindre god*) og Mossesundet (*Dårlig*). Horten og Drammensfjorden er begge anoksiske.

I en del avsnitt av fjorden som f.eks. Sandebukta, Breidangen og Mossesundet observeres et oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet i 10 til 30 m dyp. I åpne områder som Sandebukta representerer dette et lavere nivå enn i bunnvannet og tilsvarer tilstandsklasse *Dårlig*.

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

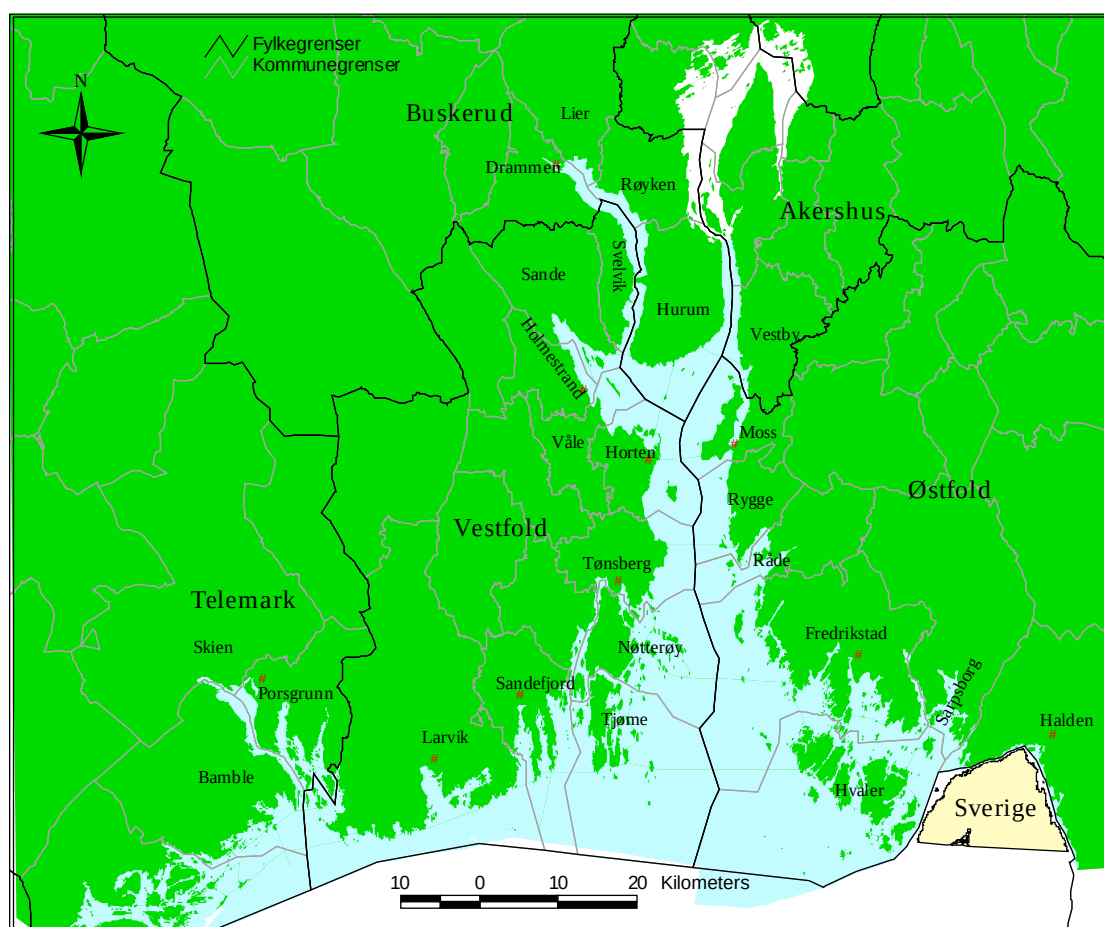
I de sterkt ferskvannspåvirkede lokale resipientene Hvalerområdet, Drammensfjorden og Sandebukta var forholdstallet mellom nitrogen og fosfor markert øket i forhold til normale verdier. ~~En slik ubalanse betraktes som en indikator på økt sannsynlighet for oppblomstring av skadelige og toksiske alger. Resultatene synes å bygge opp under konklusjonene fra 1996 at fosfor synes å være begrensende næringsstoff for vekst av algeplankton, men graden av begrenning synes svakt.~~

Innenskjærs områder og skjærgården i Østfold, og til en viss grad også i Vestfold, er det trekk ved algeplanktonforekomstene som man andre steder knytter til økt tilførsel av næringsalter til overflatelaget. Disse trekkene er gjennomsnittlig betydelig høyere konsentrasjoner av kiselalger enn i de andre avsnittene av fjorden og store oppblomstringer av dinoflagellater, spesielt karakterarten *Prorocentrum minimum* som globalt sett er kjent for å ha oppblomstringer i eutrofierte brakkvannsområder. Dette gjenspeiles også i høye klorofyll-verdier i de samme områdene. De åpne områdene i ytre fjord, begrenset av snittet Moss-Horten i nord og snittet Koster-Stavern i sør, synes å ha noe høyere konsentrasjoner av algeplankton enn områdene lenger sør langs den norske Skagerrak-kysten. 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.

2 INNLEDNING

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

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden (se kart **Figur 2-1**). Overvåkingen i 2001 omfattet ikke sjøområdene i Telemark.



Figur 2-1 Kart over ytre Oslofjord med kystbyer og -kommuner. Ytre Oslofjord er markert med blått.

Bakgrunnen for overvåkingen er å få økt kunnskap om miljøtilstanden i området og forhold som påvirker denne. EUs avløpsdirektiv (1991/271/EØF og 1998/15/EØF) legger vekt på at tilstanden i resipienten er av stor betydning for hvilke rensekrav som skal fastsettes. Direktivet angir kriterier for klassifisering av sjøområdene (følsomme, mindre følsomme) og relevante rensekrav som skal gjennomføres innen en frist på syv år. I brev av 21.2.2001 til EFTAs overvåkingsorgan ESA har Miljøverndepartementet klassifisert områder som følsomme og mindre følsomme. Neste revisjon skal foreligge senest i løpet av 2004.

TEKNISK RAPPORT

Målsetningen med overvåkingen er å:

- fremskaffe en årlig oversikt over tilførsler av næringssalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:
 - hydrografi
 - hydrokjemi
 - algeplankton
 - bløtbunnssamfunn
 - hardbunnssamfunn
- levere informasjon og data som grunnlag for oppfølging av relevante nasjonale og internasjonale forpliktelser, utarbeide miljømål, vurdere behovet for og effekten av tiltak

Overvåkingen i 2001 er gjennomført i samarbeid med:

Oceanor:	Analyser av algeplankton, rapportering av vannkvalitet
Inter Consult Group:	Utredning av tilførsler fra norske kilder
AnalyCen:	Kjemiske analyser av vannprøver
Universitetet i Oslo:	Forskningsfartøyet F/F Trygve Braarud

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

DNV, 2002. Overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord. Samlerapport – 2001. Rapport nr.: 2002-0365.

ICG, 2001. Delrapport: Tilførsler – Kildeoversikt, for perioden 1990 - 2000. Tre datavedlegg: Nitrogen, Fosfor, Organisk materiale.

DNV, 2002. Delrapport: Vannkvalitet 2001. Rapport nr.: 2002-0363

DNV, 2002. Delrapport: Gruntvannssamfunn 2001. Rapport nr.: 2002-0364

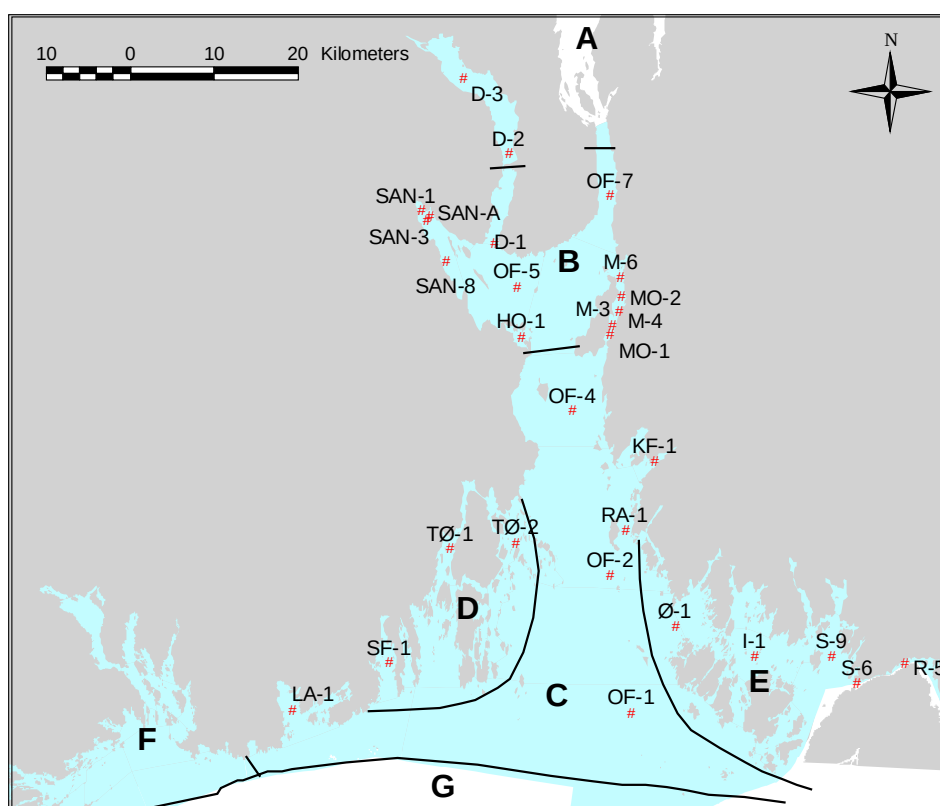
DNV, 2002. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2001. Rapport nr.: 2002-0362

Denne rapporten presenterer og diskuterer resultater fra undersøkelsen av vannkvalitet gjennomført i 2001. Det er tidligere gjennomført en rekke undersøkelser i begrensede avsnitt av Ytre Oslofjord. Disse 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 har det tidligere (ca. 1990) vært gjennomført en større undersøkelse av hele Ytre Oslofjord på oppdrag fra SFT. Alle tilgjengelige data inngikk som grunnlag for en ekspertgruppe nedsatt av SFT i 1995. Mandatet var en helhetlig vurdering av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord, utvikling og effekter av reduksjoner av lokale næringssalttilførsler (Anon, 1996).

Ut i fra målsetningen om å vurdere forholdene over tid er det foreløpig ikke lagt vekt på en sammenfattende analyse av alle tilgjengelige resultater. Dette vil bli gjennomført når en har samlet inn data over noen år mot slutten av overvåkingsperioden (2001 – 2005).

3 BESKRIVELSE AV OMRÅDET

Oslofjorden er tidligere (Oceanor, 1995) inndelt i fjordavsnitt som hvert enkelt har særtrekk i forhold forekomstene av algeplankton og vekstbetingelsene for disse artene (se **Figur 3-1**). I den følgende teksten er det gitt en kort karakteristikk av områdene basert på tidligere undersøkelser og vurderingen av tilførsler utført som en del av dette programmet (ICG, 2001) eller andre undersøkelser. I denne beskrivelsen av avsnittene, har vi tildels benyttet en finere inndeling, primært basert på topografiske forhold og lokale tilførsler. Inndelingen vil i løpet av prosjektperioden 2001 – 2005 bli revidert og detaljert som følge av et bedre og mer detaljert datagrunnlag i forhold til tilstanden.



Figur 3-1 Oslofjorden inndelt i avsnitt basert på forekomsten av algeplankton og deres vekstbetingelser (fra Oceanor, 1995). Stasjoner benyttet ved overvåkingen av vannkvalitet i 2001 er markert.

3.1 Breiangen (Avsnitt B)

Avsnittet går fra Drøbak til snittet Horten – Moss, men inkluderer ikke Drammensfjorden innenfor Svelvik. Hovedfjorden har tidligere vært undersøkt i regi av Statlig program for forurensingsovervåking både som en del av overvåkingen av Oslofjorden og som en del av kystovervåkingen (bl.a. Aure & Danielssen, 1999; 1998; 1996; Anon, 1996).

Vannmassene i hovedfjorden er generelt inndelt i tre nivåer. Øverste 30 m (produksjonslaget) og særlig brakkvannslaget over 5 m er sterkt påvirket av lokale tilførsler. I Breiangen er dette hovedsakelig Drammenselva med lavere saltholdighet og høyere konsentrasjoner av uorganiske næringssalter. Totalt utgjør de lokale tilførslene knapt 150 tonn fosfor og 6000 t nitrogen (ICG, 2001). Av dette utgjør jordbruk

TEKNISK RAPPORT

og bakgrunnsavrenning mellom 60 og 70%, mens utslipp fra bebyggelse utgjør henholdsvis 17% av fosfor og 23% av nitrogen.

Vannmassene dypere enn 30 m er i stor grad preget av vannutvekslingen med Skagerrak med små forskjeller i saltholdighet mellom ytre og indre del av hovedfjorden.

Området er delt opp i to store terskelbassenger med stagnant bunnvann. **Disse** er Drøbakbassenget fra Drøbak til Son (stasjon OF-7) og Breidangenbassenget fra ytre del av Drammensfjorden og sørøst til linjen Horten - Tofte (stasjon OF-5). Midlere stagnasjonsperiode er beregnet (Aure & Danielssen, 1998) til ca. 10 måneder for Breiangen og 5 måneder for Drøbakbassenget. Innstrømmingen av nytt bunnvann foregår vanligvis vinterstid og om våren.

3.1.1 Drammensfjorden (Avsnitt B2)

Tilstanden til Drammensfjorden er sterkt påvirket av relativt store tilførsler fra Drammenselva og den grunne terskelen ved Svelvik. Største dyp er ca. 120 m og terskeldypet er ca. 10 m. Tidligere undersøkelser er oppsummert i NIVA (1994). I tillegg er det gjort en mindre undersøkelse av oksygenforholdene basert på feltundersøkelse i 2000 (NIVA, 2000).

Drammensfjorden er en naturlig anoksisk fjord og forholdene i de dypeste delen vil derfor ~~ikke~~ bli **lite** påvirket av endret antropogene tilførsler. Endringene som har vært dokumentert på grunn av økt belastning, har vært i dybdeintervallet 30 – 60 m (NIVA, 2000). Fra 70- og 80-tallet til 1991 ble det observert en bedring av tilstanden, mens det i perioden etterpå fram til 2000 ikke ble observert tydelige endringer.

3.1.2 Mossesundet (Avsnitt B3)

Mossesundet er en terskelfjord med største dyp ca. 105 m og en terskel på ca. 70 m ved Kippenes i ytre del. Området er sterkt påvirket av tilførsler av næringssalter, organisk materiale og partikler fra Mosseelva. I tillegg bidrar industri og i mindre grad bebyggelse med utslipp av næringssalter og organisk materiale (se **Tabell 3-1**).

Tabell 3-1 Årlige tilførsler av næringssalter og organisk materiale fra de hovedkildene til Mossesundet. Kambo er kommunalt renseanlegg, PLm er den største industribedriften med utslipp til Mossesundet. Oversikten er basert på flere kilder presentert i DNV (2001).

Kilde	Årlig tilførsel				
	Tot-P (tonn)	Tot-N (tonn)	Organisk stoff		
			TOC (tonn)	KOF (tonn)	BOF ₇ (tonn)
Mosse-elva	10,3	395	2.421	~7.000	~2.500
Kambo	0,6	79,6	62	900	
PLm	2,0	12,4	-	4.900	2.000

Tidligere undersøkelser og vurderinger (bl.a. DNV, 1996; DNV, 1990; NIVA, 1990; NIVA, 1988) har konkludert med at området viser tegn til eutrofiering, men tilstanden har generelt vært karakterisert som "God" i henhold til SFTs veiledning. Mengde klorofyll-a er markert høyere i Mossesundet enn i ytre Oslofjord og har tilsvart tilstandsklasse "III - Mindre god" til "IV - Dårlig".

Oksygennivået i vannmassene mellom 15 og 30 m dyp ligger lavere innerst i Mossesundet enn i Breiangen. Det har ikke vært observert tydelige endringer i løpet av 90-tallet. Et viktig bidrag til oksygenforbruket er store mengder trefiber fra tidligere utslipp innlagret i sedimentet i indre del av Mossesundet. Oksygennivået i bassengvannet var generelt tilfredsstillende, men tilsvarte i korte perioder

TEKNISK RAPPORT

tilstandsklasse "IV - Dårlig". Beregnet oksygenforbruk i dypvannet tyder på en bedring av forholdene i løpet av 90-tallet.

3.1.3 Sandebukta (Avsnitt B4)

Forholdene i Sandebukta har vært overvåket i lang tid (bl.a. NIVA, 1971; Miljøplan, 1982; Olsgard et al., 1990; DNV, 1996; DNV, 1999). Sandebukta er en åpen fjordarm som munner ut i Breiangen.

En sammenstilling av tilførsler til Sandebukta er presentert i **Tabell 3-2**. Næringssalttilførslene fra Sandeelva dominerer, mens tilførslene fra den største industritilførselen Sande Papermill (SPM) har utgjort ca. 27 % av fosfor tilførslene og 15 % av nitrogen tilførslene.

Datagrunnlaget for tilførslene av organisk materiale fra andre kilder enn SPM er svært usikkert. Imidlertid synes det sannsynlig at SPM har vært dominerende bidragsyter, spesielt av biokjemisk oksygenforbruk som vil gi merkbare effekter på oksygenforholdene i Sandebukta.

Tabell 3-2 Tilførsler i perioden september – november til Sandebukta av fosfor, nitrogen og organisk materiale.

Lokalitet	Total fosfor (kg/d)	Total nitrogen (kg/d)	Organisk materiale
Sandeelva	22	603	Ikke kjent
Sande Paper Mill	9**	108**	17,6 t BOF / d***
Lersbrygga renseanlegg	0,17	43	18,3 kg LOC/d*

* Løst organisk karbon. Beregnet ut fra 1 måling

** Beregnet ut fra totale tilførsler siste halvår 1999

*** Beregnet ut fra KOF

Tilstand med hensyn på siktedyp og klorofyll-a har vært betegnet som henholdsvis *dårlig* og *mindre god*.

Oksygenforholdene kan generelt karakteriseres som gode. Imidlertid observeres det et markert fall i oksygennivået i mellomlaget i høstmånedene. På de indre stasjonene i Sandebukta ligger oksygennivået i gjennomsnitt vel 1 mg/l lavere enn i ytre del. Denne forskjellen i oksygennivået skyldes sannsynligvis hovedsakelig lokale tilførsler av organisk materiale og andre oksygenforbrukende stoffer, og i mindre grad eutrofiering som følge av tilførsler av næringssalter.

3.2 Ytre del av hovedfjorden (Avsnitt C)

Avsnittet inkluderer de lokale resipientene Larvik på Vestfoldsiden og på Østfoldsiden Kurefjorden og Krokstadjorden. Ytre deler av området har tidligere vært undersøkt i regi av Statlig program for forurensingsovervåking både som en del av overvåkingen av Oslofjorden og som en del av kystovervåkingen (bl.a. Aure & Danielssen, 1999; 1998; 1996. Anon, 1996;). Inndelingen av vannmassene tilsvarer beskrivelsen under Avsnitt B Breiangen.

Av de lokale tilførslene dominerer Glomma, men tilstanden til området generelt er i stor grad preget av vannutskiftning og tilførsler fra Kattegat og Skagerrak. I forhold til næringssalter og klorofyll har det vært en markert trend med bedre tilstandsklassifisering fra indre del og utover.

Området inkluderer et stort basseng (Rauøybassenget, stasjon OF-2 og OF-4) med stagnert bunnvann mellom linjen Horten-Tofte og ut til Søstrene. Utenfor ytre terskel ligger stasjon OF-1 Torbjørnshjær i Hvalerbassenget. Stagnasjonsperioden varierer mellom 6 og 11 måneder med 10 måneder som "normalt" (Aure & Danielssen, 1999; 1998). Observert minimumskonsentrasjon av oksygen i siste halvdel av 90-tallet var 3,3 ml/L. Dette tilsvarer tilstandsklasse Mindre god.

3.3 Tønsberg – Sandefjord (Avsnitt D)

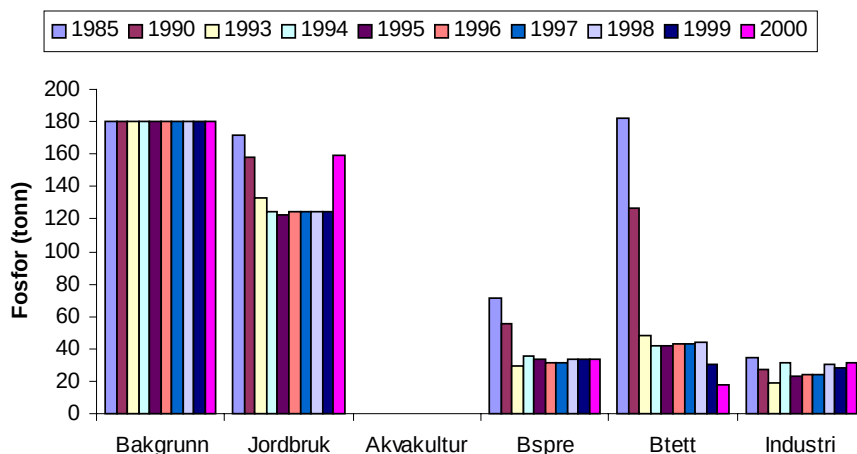
Området er sammensatt av mindre fjorder og skjærgårdsområder som hver for seg kan inndeles i lokale resipienter med store forskjeller i lokale tilførsler av næringssalter og organisk materiale. Det er ikke identifisert vurderinger eller annet med tilstrekkelig detaljeringsgrad vedrørende hvilke utslippskilder som bidrar mest til eutrofieringen av området. Generelt dominerer bakgrunnsstilførslene sammen med tilførslene fra jordbruk i regionen.

Tønsbergfjordens Avløpsutvalg (TAU) har siden 1976 foretatt en systematisk innsamling av vannkvalitetsdata for å overvåke tilstanden i resipienten rundt Tønsberg. Tidligere har NIVA utført to undersøkelser, hovedsakelig av benthiske forhold (NIVA, 1978 a, b). Det er påvist en bedring av forholdene i undersøkelseperioden m.h.t. parametrene næringssalter, klorofyll og siktedyp i overflatevannet og oksygen i bunnvannet.

Sandefjordsfjorden er en ca. 10 km lang og forholdsvis smal terskelfjord. Ytterst i fjorden er vanddypet i overkant av 80 m og avtar gradvis opp mot terskelen som ligger i Tranga på ca. 30 m. Innenfor Tranga i den midtre delen av fjorden er det flere mindre bassenger/renner med varierende vanddyp. Det er ingen større ferskvannstilførsler og derfor heller ingen større tilførsler fra jordbruk. Det er relativt mye industri av ulik type, hvorav flere har potensielt belastende tilgrensede deponier eller utslipp til fjorden. Kommunale deponier og utslipp (Enga renseanlegg) er lagt til områder utenfor Tranga ytterst i fjorden.

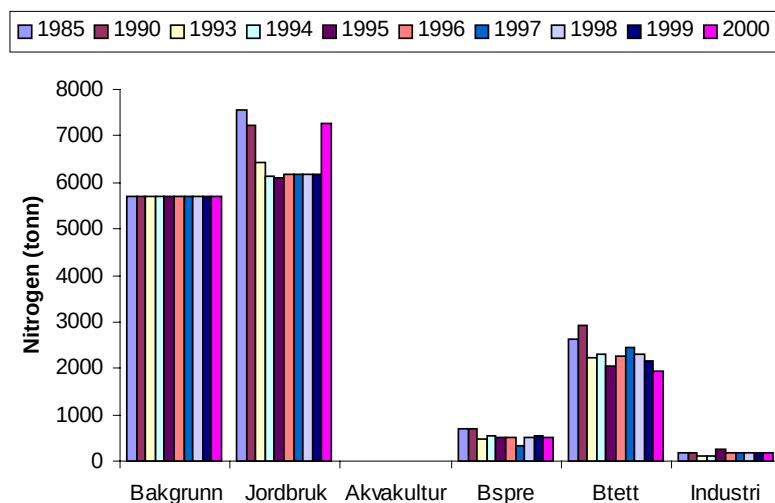
3.4 Skjærgården i Østfold – Singlefjorden - Ringdalsfjorden (Avsnitt E)

Området er sterkt påvirket av tilførsler fra Glomma og Haldenvassdraget (se **Figur 3-2** og **Figur 3-3**). Tilførslene fra bebyggelse og industri er relativt små og har til dels blitt redusert i perioden.



Figur 3-2 Tilførsler av fosfor fra ulike kilder i perioden 1985 – 2000. Svenskegrensa – Strømtangen fyr (figur fra Interconsult, 2001).

TEKNISK RAPPORT

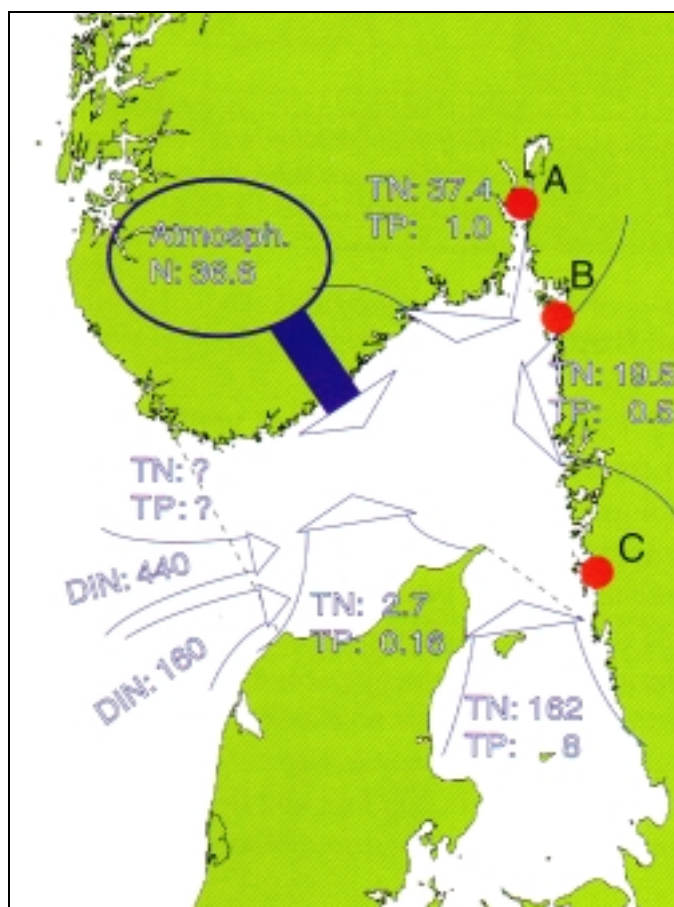


Figur 3-3 Tilførsler av nitrogen fra ulike kilder i perioden 1985 – 2000. Svenskegrensa – Strømtangen fyr.

Tidligere undersøkelser (Magnusson & Skei, 1984; Magnusson & Sørensen, 1996; Rygg, 1996; Rygg et al., 2000; Rygg, 2001) viser bl.a. at fosfatverdiene er moderat forhøyet, mens nitrogenverdiene er til dels mye høyere enn normalt kystvann. Verdiene for totalfosfor viste en nedadgående tendens i perioden 1980- 1999. Klorofyllverdier var noe forhøyet i Singlefjorden. I de siste undersøkelsene i 1999 og 2000 var minimumsverdiene for oksygen i bunnvannet så lave at man antok at store deler av bunnfaunaen var sterkt redusert.

3.5 Langtransporterte tilførsler

I tillegg til lokale tilførsler av næringssalter tilføres også Ytre Oslofjord store mengder næringssalter med vannmassene fra Skagerrak, Østersjøen og Nordsjøen. Det er ikke gjort beregninger spesielt for Ytre Oslofjord, men langtransporterte tilførsler er beregnet for Skagerrak i 1993, presentert bl.a. i Anon (2001) (se **Figur 3-4**).



Figur 3-4 Beregnede gjennomsnittlige tilførsler i løpet av 90-tallet til de øvre 50 m i Skagerrak. Alle tall i 1000 tonn. Tilførslene er gruppert i bidrag fra Norge, Sverige, Danmark, atmosfæren og tilgrensende sjøområder. TN = total nitrogen, TP = total fosfor, DIN = løst uorganisk nitrogen. Tilførslene fra land og fra Kattegat presenteres som årlig nettotransport av totale næringssaltmengder, mens tilførslene fra Jyllandstrømmen og Nordsjøen bare angir uorganisk nitrogen. (Figur hentet fra Anon, 2001).

Næringssaltbudsjettet i Skagerrak er dominert av næringssalter tilført gjennom havstrømmer fra nærliggende sjøområder. Dette er også tilfelle for deler av Ytre Oslofjord, men modellberegninger tyder på at lokale tilførsler utgjør vesentlige bidrag i lokale resipienter (NIVA, 1997).

4 GJENNOMFØRING OG METODER

4.1 Prøveinnsamling

Totalt ble det benyttet 29 stasjoner i løpet av 2001 (se **Figur 3-1** og **Tabell 4-1**). Overvåkingen av Ytre Oslofjord ble kombinert med lokale undersøkelser i Sandebukta (utført for Sande Papermill) og i Mossesundet (Peterson Linerboard, Moss) som førte til et relativt tett stasjonsnett i disse lokale resipientene.

Tabell 4-1 Stasjonsoversikt, undersøkelsen 2001

Navn	Nord (WGS 84)	Øst (WGS 84)	Dyp (m)	Navn	Område	Kommentar
OF-1	59.041050	10.754434	452	Torbjørnshjør	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
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	Tønsbergfjorden	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-1	59.56156	10.24442	23	Sandebukta	Sande	Sande Papermill,
SAN-3	59.55082	10.25745	45	Sandebukta	Sande	Sommertokt, 6 tokt
SAN-8	59.50907	10.30440	72	Sandebukta	Sande	Sande Papermill
SAN-A	59.55572	10.26602	43	Sandebukta	Sande	Sande Papermill
MO-1	59.443333	10.659950	46	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt
MO-2	59.484333	10.678083	102	Mossesundet	Mossesundet	Sommertokt, 6 tokt
M-6	59.505	10.6733	119	N-Jeløya	Mossesundet	Peterson Linerboard
M-3	59.453	10.662	36	Kjellandsvik	Mossesundet	Peterson Linerboard
M-4	59.4683	10.675	67	Kambo	Mossesundet	Peterson Linerboard
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	Benyttes hele året
I-1	59.109432	11.001966	52	Ramsø	Hvaler	Sommertokt, 6 tokt
S-6	59.087284	11.217633	55	Kjeøy	Hvaler	Benyttes hele året
R-5	59.111717	11.314266	34	Ringdalsfjorden	Ringdalsfjorden	Benyttes hele året
S-9	59.114334	11.161667	95	Haslau	Hvaler	Benyttes hele året

Det ble gjennomført 13 tokt i perioden fra februar til desember 2001 med et varierende antall stasjoner på hvert tokt (se **Tabell 4-2**). På sommertoktene ble det samlet inn prøver fra alle 29 stasjonene.

TEKNISK RAPPORT

Tabell 4-2 Oversikt over tokt og undersøkte stasjoner 2001.

Stasjon	Toktdato												
	26.Feb-1.Mar	1. april	6. mai	20. mai	5. - 7. juni	25. - 27. juni	16. - 18. juli	29. Juli - 1. Aug.	21. - 24. August	15. - 19. Sept	21. Oktober	6. - 7. November	4. - 5. Desember
OF-1	X				X	X	X	X	X	X		X	X
OF-2	X				X	X	X	X	X	X		X	X
OF-4	X				X	X	X	X	X	X		X	X
OF-5	X				X	X	X	X	X	X		X	X
OF-7	X				X	X	X	X	X	X			
D-1	X				X	X	X	X	X	X			
D-2					X	X	X	X	X	X			
D-3					X	X	X	X	X	X			
RA-1					X	X	X	X	X	X			
KF-1					X	X	X	X	X	X			
LA-1					X	X	X	X	X	X			
SF-1					X	X	X	X	X	X			
TØ-1					X	X	X	X	X	X			
TØ-2					X	X	X	X	X	X			
HO-1					X	X	X	X	X	X			
SAN-1							X	X	X	X		X	X
SAN-3					X	X	X	X	X	X		X	X
SAN-8							X	X	X	X		X	X
SAN-A							X	X	X	X		X	X
MO-1					X	X	X	X	X	X			
MO-2					X	X	X	X	X	X			
M-6							X	X	X	X			
M-3							X	X	X	X			
M-4							X	X	X	X			
Ø-1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
I-1	X	X			X	X	X	X	X	X			
S-6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R-5	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S-9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

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

Det samme prøvetakingsprogrammet ble gjennomført på samtlige stasjoner, presentert i **Tabell 4-3**.

TEKNISK RAPPORT

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. RIB: Vannprøve tatt med vannhenter, normalt
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 konduktivitetsmålinger fra de to CTDene kan sammenlignes. Instrumentene senkes med maksimum 1 m/s og bare målinger tatt på vei ned benyttes.

4.3 Næringssalter og klorofyll

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

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

TEKNISK RAPPORT

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 Benyttede analysemetoder

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

Utvalget av næringssalter 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.

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

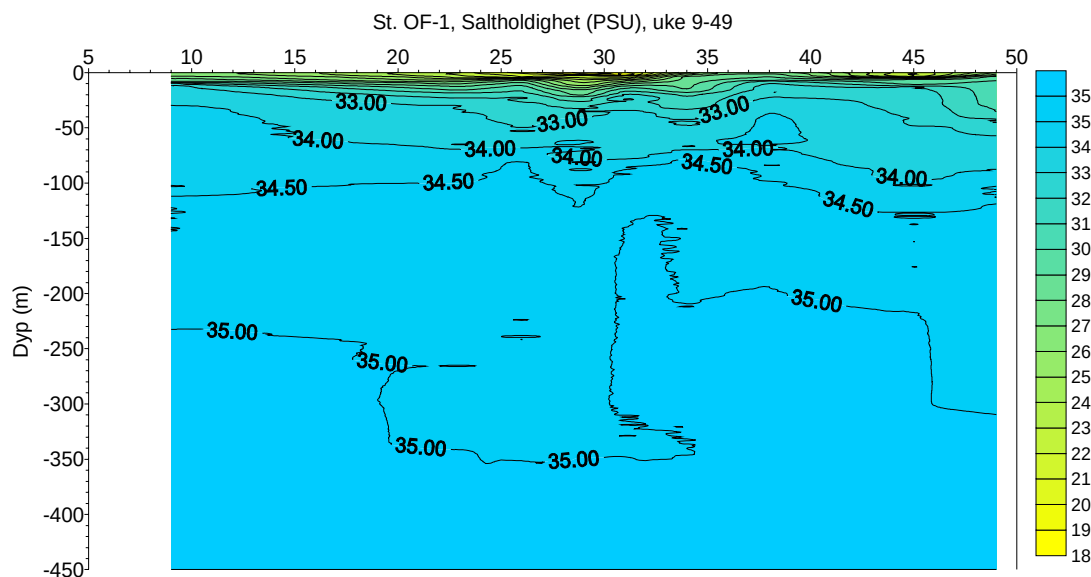
Det samles inn vannprøver for å bestemme konsentrasjon av de forskjellige planktonalgene og håvtrekkprøver til analyse av biodiversitet (arts mangfold). Prøvene tilsettes konserveringsmiddel (formaldehyd) for å hindre at algecellene går i oppløsning. Tilsetningen (fikseringen) gjør at celler uten fast cellevegg for mange arters vedkommende kan forandre cellefasong og indre cellestruktur eller kan miste flageller og naturlig farge. Dette vanskeliggjør artsbestemmelsen eller gjør den 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 håvtrekk materialet. Analysene gjøres i mikroskop ved identifisering og telling av celler i vannprøvene og identifikasjon av arter i håvtrekkprøvene.

I tillegg til materialet innsamlet i denne undersøkelsen er det brukt opplysninger fra andre algeanalyser. Dette er prøver som Oceanor har samlet inn og undersøkt i annen sammenheng, og det er brukt opplysninger fra Statens Næringsmiddeltilsyns (SNT) program for skjellovervåking.

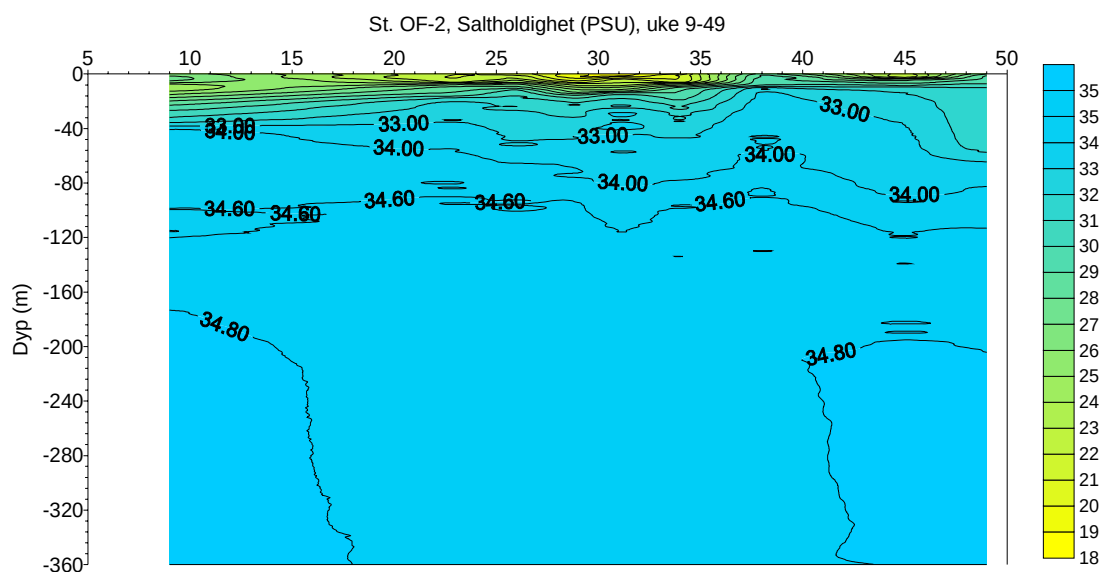
5 HYDROGRAFI

På første tokt i februar var saltholdigheten under 30 m i hele undersøkelsesområdet relativt høy (se **Figur 5-1**, **Figur 5-2**, **Figur 5-3**, **Figur 5-4**, **Figur 5-5** og **Figur 5-6**) og var til dels sammenlignbar med situasjonen etter innstrømming av atlantisk vann observert i 1995 (Aure & Danielssen, 1998) selv om 35 psu isolinjen bare nådde ca. 200 m dyp i 2001.



Figur 5-1 Saltholdigheten på stasjon OF-1 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer.

Saltholdighet på noe over 35 PSU ble bare observert på stasjon OF-1, mens dette i 1995/96 ble observert lenger inn i Rauøybassenget på OF-4. Terskelen ved Torbjørnskjær med dyp vel 100 m forhindret det tunge vannet å trenge videre innover i fjorden.

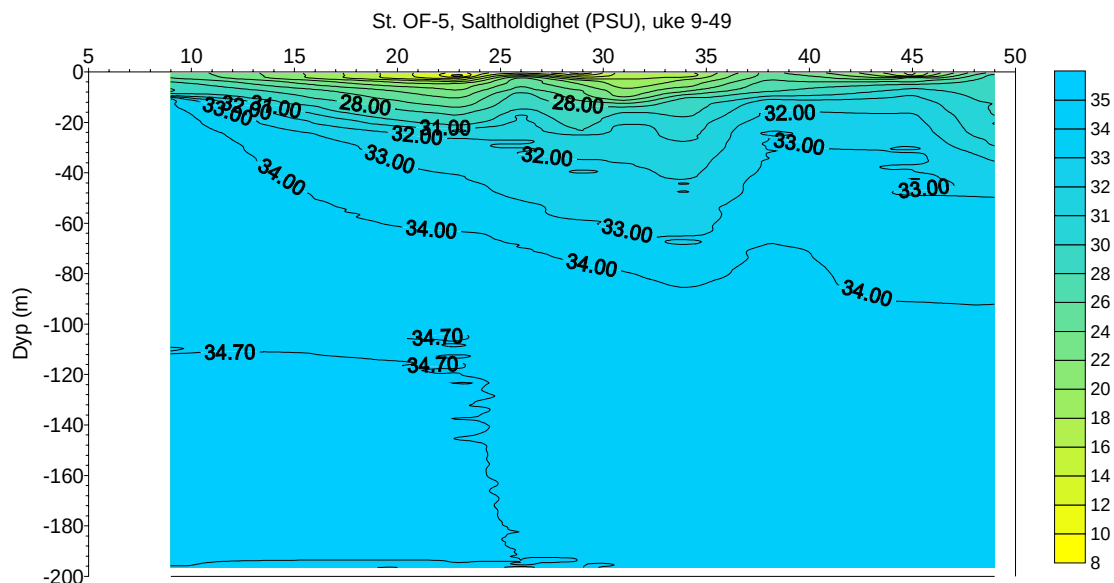


Figur 5-2 Saltholdigheten på stasjon OF-2 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer

TEKNISK RAPPORT

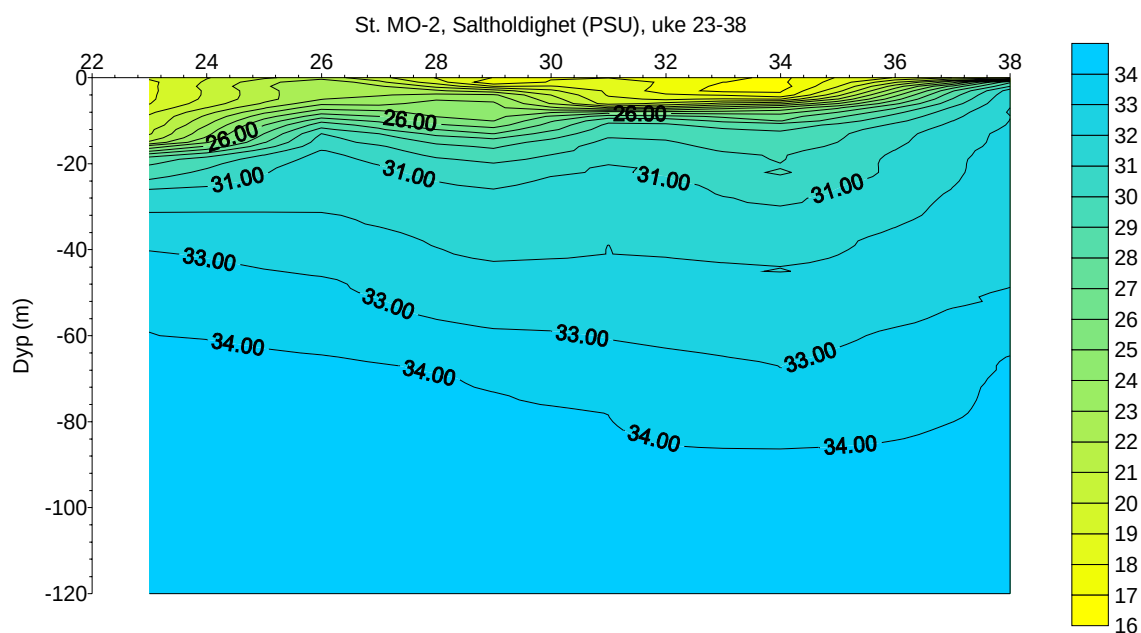
På stasjon OF-5 (**Figur 5-3**) ser man tydelig hvordan 34 PSU isolinjen forskyves dypere i løpet av året på grunn av tilførsler av ferskere vann over terskeldyp. Høyest observerte saltholdighet i Breiangen bassenget var 34,7 PSU.

Situasjonen tilsvarer tidligere observerte forhold med en større vannutskiftning av bassengvann som har foregått i løpet av vinteren før første tokt i denne undersøkelsen. Deretter er det en markert stagnasjonsperiode i bassengene fram til høsten (august – september) hvor det skjer en delvis utskiftning av bassengvannet.



Figur 5-3 Saltholdigheten på stasjon OF-5 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer.

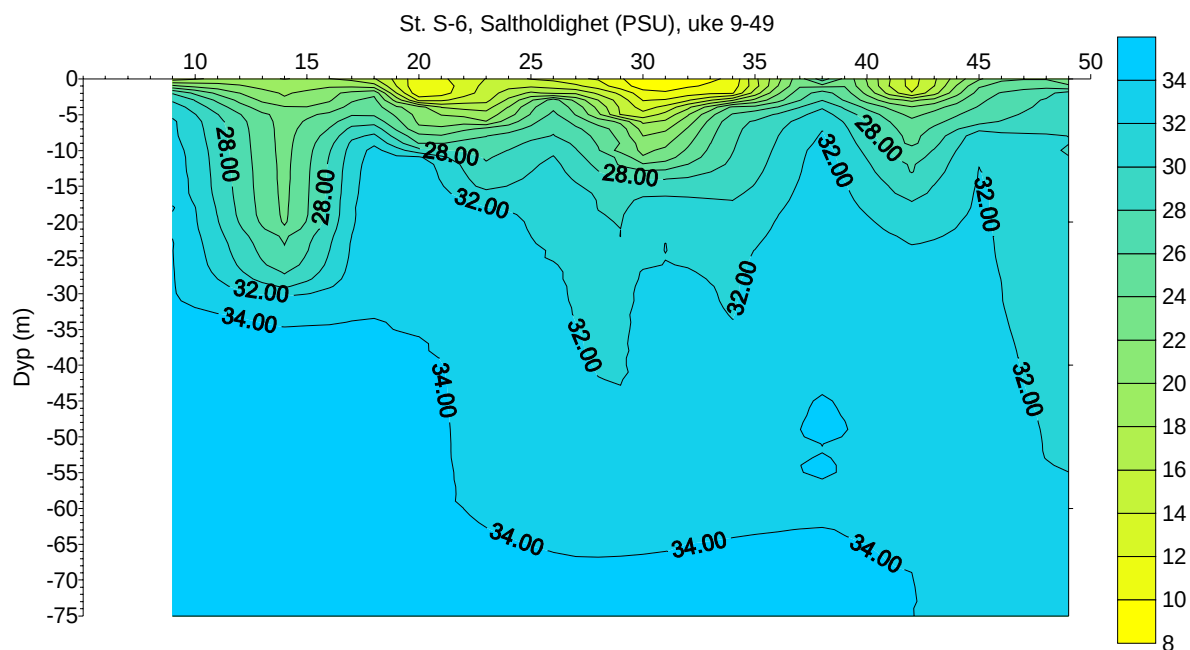
På stasjon MO-2 rett innenfor terskelen i Mossesundet har man sammenlignbare forhold som på stasjon OF-5, bortsett fra noe ferskere vann i overflaten. Det observeres en innstrømming av tyngre vann over terskelen på slutten av perioden (**Figur 5-4**).



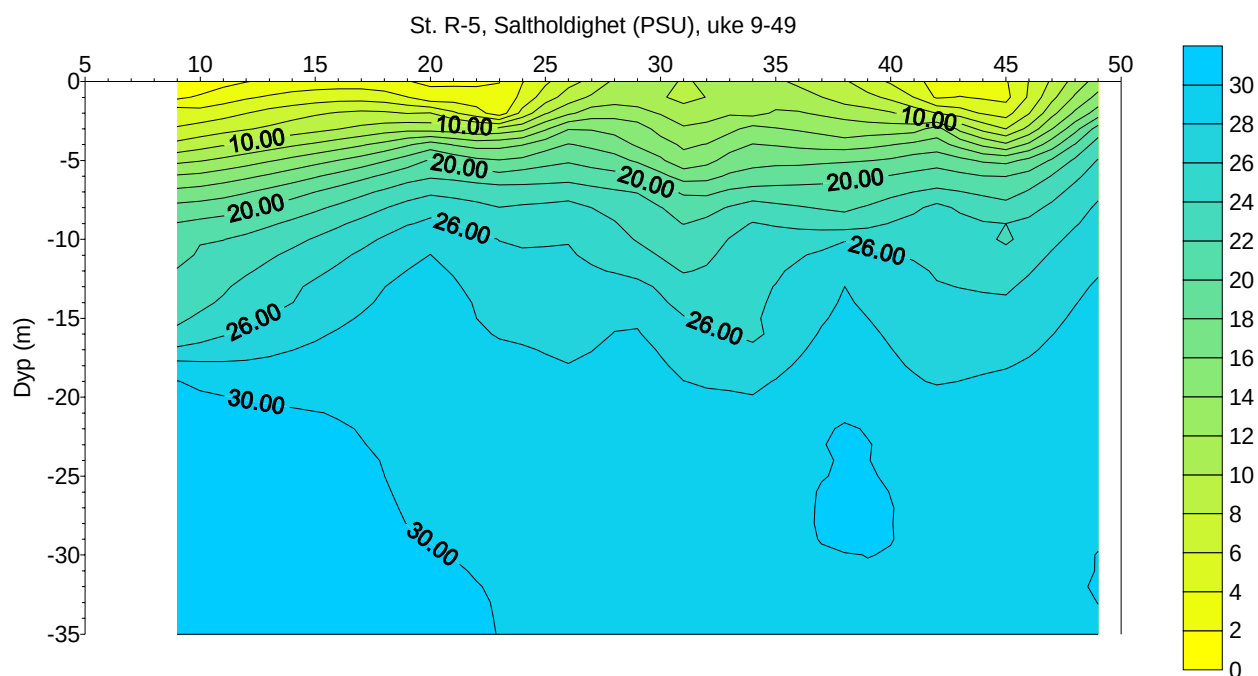
Figur 5-4 Saltholdigheten på stasjon MO-2 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer

TEKNISK RAPPORT

I Hvalerområdet og i Ringdalsfjorden er et markert ferskt lag i overflaten med sesongmessige variasjoner avhengig av avrenning fra land. Det observeres ingen større innstrømming av salt vann på slutten av året sammenlignbart med forholdene på begynnelsen av observasjonsperioden.



Figur 5-5 Saltholdigheten på stasjon S-6 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer

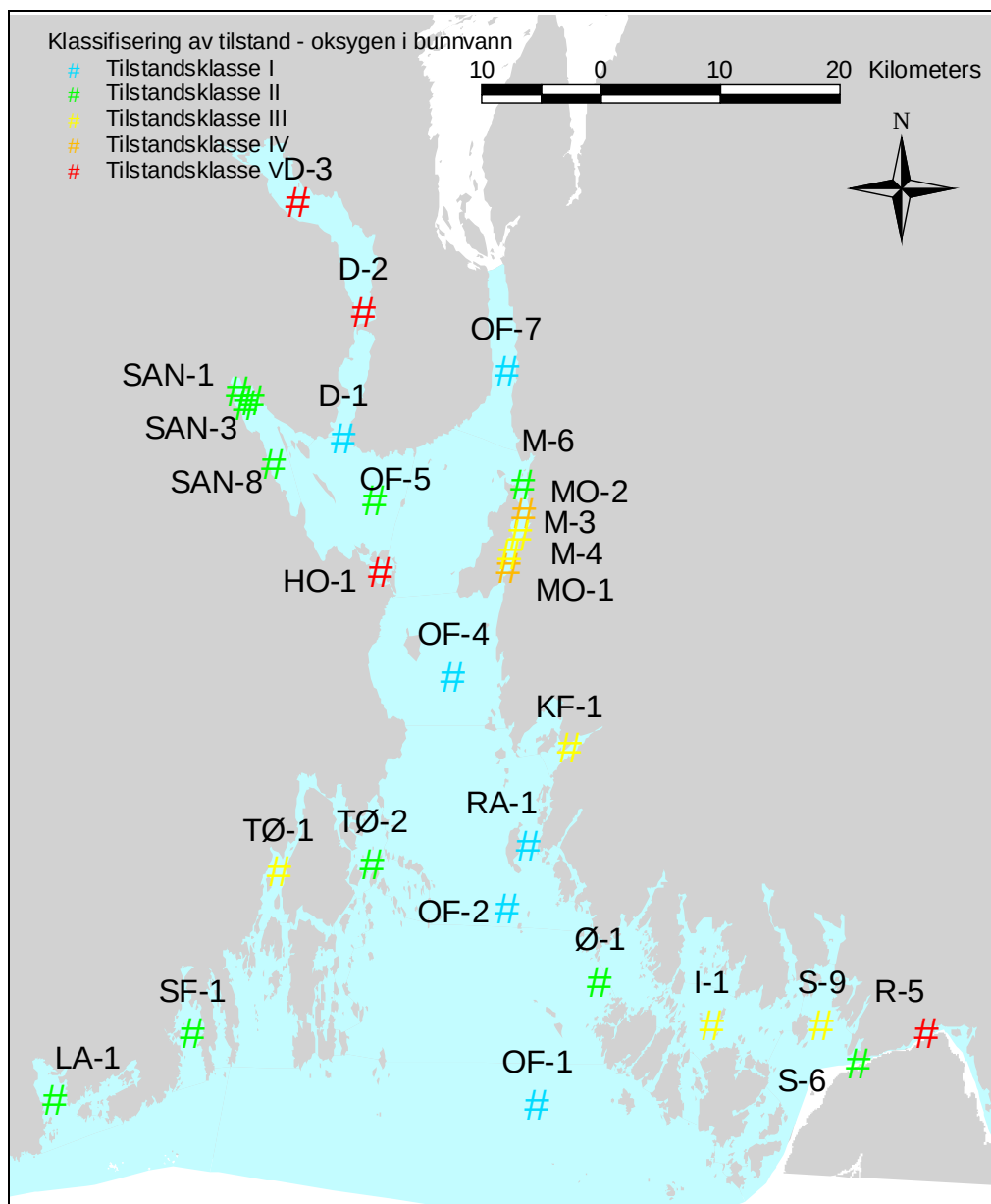


Figur 5-6 Saltholdigheten på stasjon R-5 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer

6 OKSYGEN

6.1 Klassifisering av tilstand

Figur 6-1 presenterer en klassifisering av stasjonene basert på observert minimums konsentrasjon av oksygen 2 m over bunn. Tilstanden på de fleste stasjonene (16) er klassifisert som Meget god eller God.



Figur 6-1 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av laveste oksygenverdi funnet i analyser av vannprøver tatt i løpet av 2001

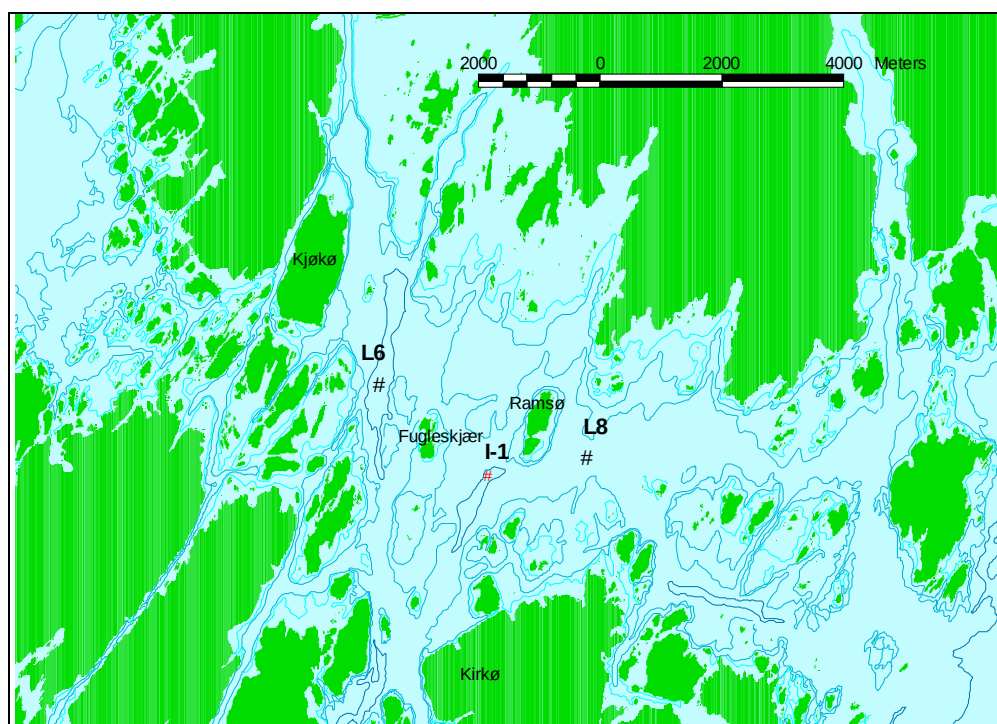
Stasjonene innenfor terskelen i Drammensfjorden (D2 og D3), Hortenbassenget (H1) og Ringdalsfjorden (R5) ble alle klassifisert som "V-Meget dårlig", alle i samsvar med tidligere undersøkelser. Både

TEKNISK RAPPORT

bassenget i Drammensfjorden og i Horten har svært grunn terskel som gir sjelden utskiftning av bunnvannet og tilsvarende lang oppholdstid. Begge bassengene er sannsynligvis naturlig anoksiske.

To av stasjonene i Mossesundet ble klassifisert som "IV-Dårlig". Dette var MO-1 som ligger innerst i fjorden ved sedimenthauger sterkt påvirket av trefiber fra tidligere utslipp, og MO-2 som ligger i dypeste del av bassenget (105 m) like innenfor den ca. 70 m dype terskelen.

Minimumsverdiene i Hvalerområdet tilsvarer tilstandsklasse "III – Mindre god". Dette avviker noe fra observasjonene i 1999 og 2000 hvor stasjonene L6 og L8 like ved stasjon I-1 (se **Figur 6-2**) begge ble karakterisert som "V-Meget dårlig". Dybden på de to stasjonene benyttet av NIVA er oppgitt å være henholdsvis 55 og 52 m, mens dybden på den nærliggende I-1 er 52 m. Dybdeforholdene for øvrig tyder heller ikke på store forskjeller mellom stasjonene.



Figur 6-2 Lokaliseringen av stasjon I-1 i forhold til tidligere stasjoner (L6 og L8) benyttet til vannkvalitetsovervåking i samme område.

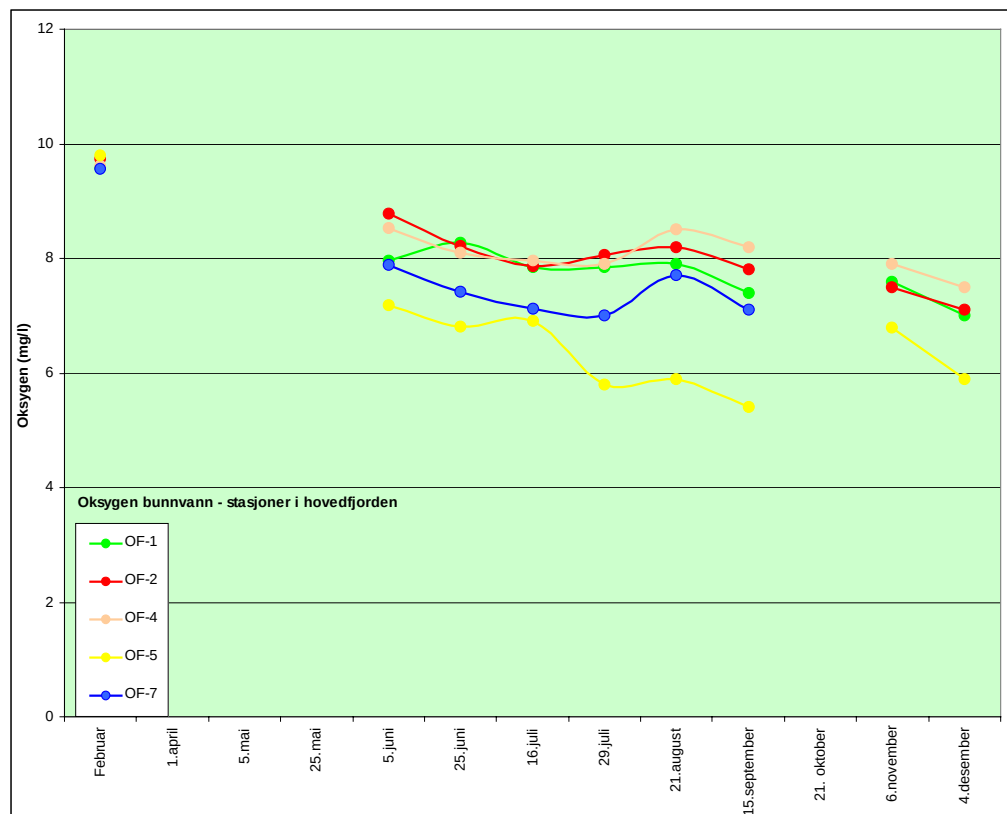
Hvis forholdene generelt er bedre på stasjon I-1 sammenlignet med de to nærliggende stasjonene, tyder dette på at området med markert redusert oksygenforhold har svært begrenset utstrekning. Dette vil eventuelt videre overvåking kunne utdype.

6.2 Utviklingen i hovedfjorden

Figur 6-3 viser utviklingen i oksygeninnholdet i dypvannet på stasjonene i hovedfjorden. Det ble observert høye og tilnærmet identiske verdier på samtlige stasjoner på første tokt i februar 2001. Dette skyldes sannsynligvis at det har skjedd en utskiftning av bunnvannet i hele fjorden.

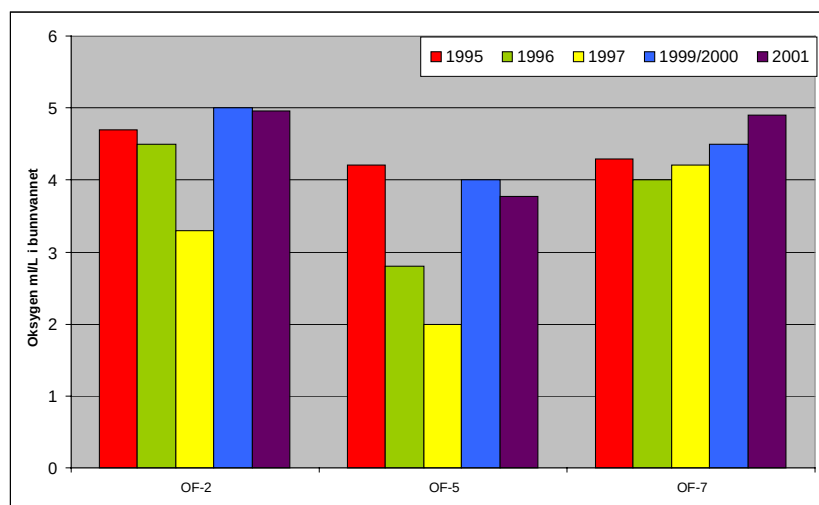
Utover i året er det generelt synkende verdier. I slutten juli – begynnelsen av august er det en utskiftning på samtlige stasjoner. På stasjonen i Breidangen (OF-5) er det også en markert bedring av forholdene mellom toktet i september og toktet i november. I samme periode tyder resultatene på en viss tilførsel av vann med noe høyere innhold av oksygen også på de øvrige stasjonene.

TEKNISK RAPPORT



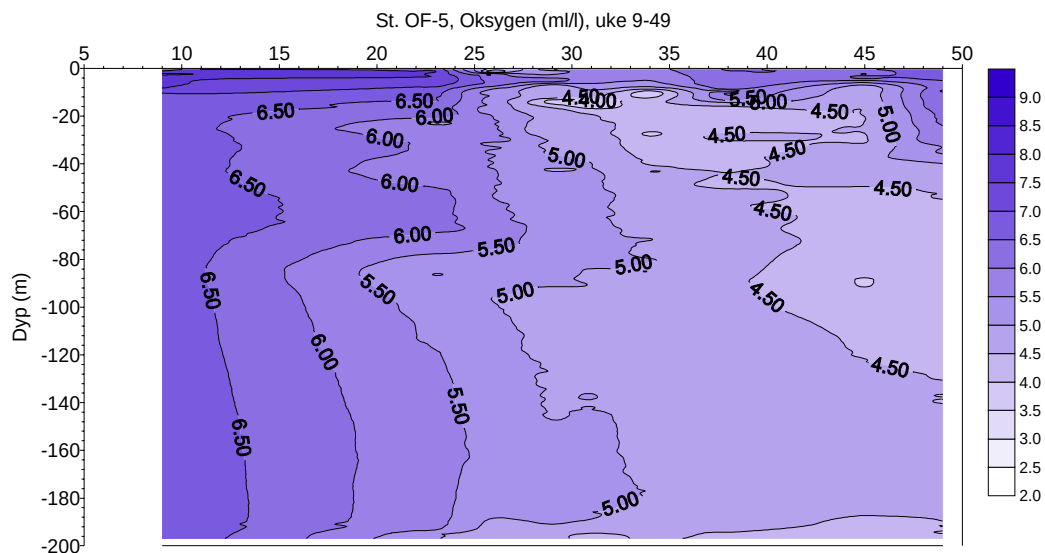
Figur 6-3 Oksygenforholdene i dypvannet (2 m over bunnen) på stasjonene i hovedfjorden i løpet av 2001.

Observert minimumskonsentrasjon for 2001 i tre av bassengene er sammenlignet med tilsvarende verdi for tidligere år i **Figur 6-4**. I Drøbakbassenget ligger denne noe over tidligere observerte verdier, men dette kan skyldes at det ikke ble hentet inn prøver etter september fra denne stasjonen og at faktisk minimum lå noe lavere. For de to andre bassengene var minimumsverdien sammenlignbar med tidligere nivåer og betydelig over de lave verdiene observert i 1997.



Figur 6-4 Observerte minimumsverdier for oksygen i bassengvannet i enkeltår fra 1995 til 2001. 1998 mangler data. Historiske data fra Aure & Danielssen, 1998 og 2000.

TEKNISK RAPPORT

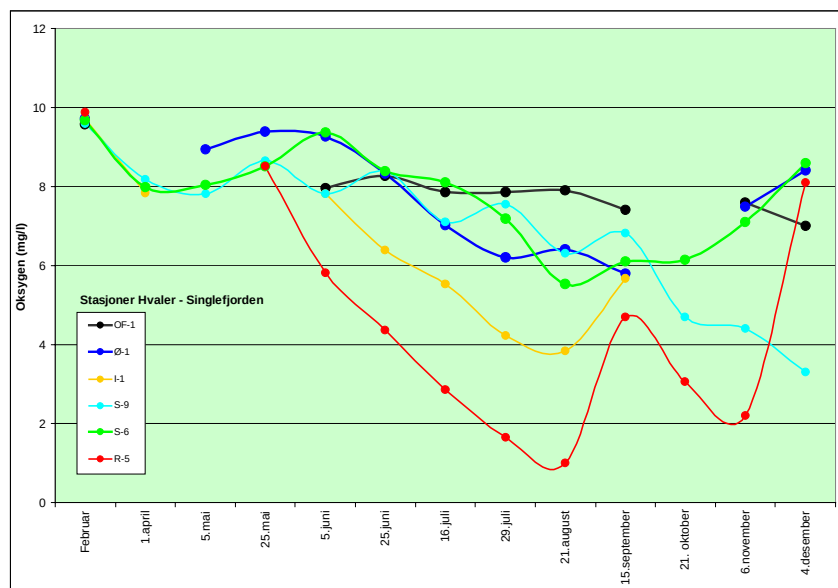


Figur 6-5 Isoplott av oksygenforholdene på stasjon OF-5 gjennom 2001. Horisontal akse representerer ukenummer.

Isoplottet (Figur 6-5) for stasjon OF-5 viser hvordan den høye oksygenmetningen reduseres i hele vannsøylen under terskeldyp fram mot sommeren 2001. Spesielt i løpet av sensommeren ser man at det etableres et oksygenminimum også i tilknytning til sprangsjiktet mellom 20 og 40 m dyp.

6.3 Utviklingen i bassengene i Østfold

Figur 6-6 presenterer utviklingen av oksygennivået i bunnvann på stasjoner i Hvalerområdet sammenlignet med stasjonen ved Torbjørnskjær OF-1.



Figur 6-6 Oksygenutviklingen i bunnvannet på stasjoner i Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden sammenlignet med utenforliggende område representert med stasjonen ved Torbjørnskjær OF-1.

TEKNISK RAPPORT

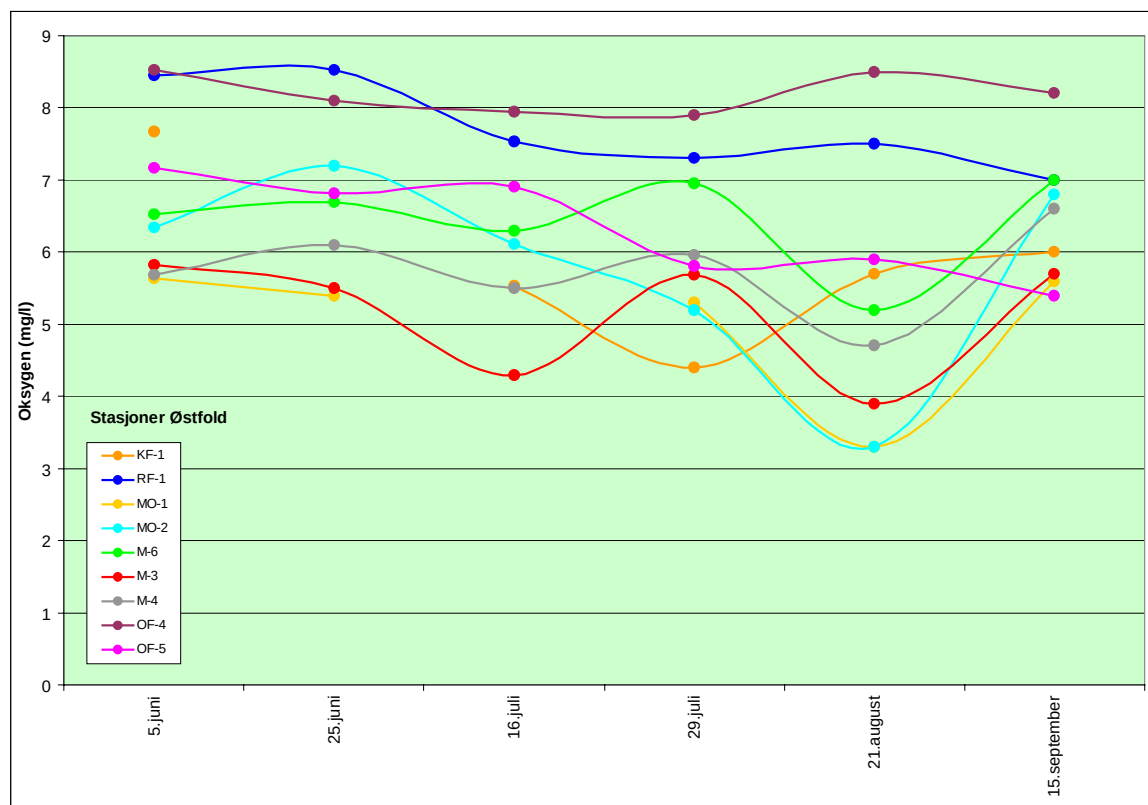
Samtlige stasjoner har også her likt utgangsnivå i oksygeninnhold noe som underbygger at det har vært en større vannutskiftning i hele Ytre Oslofjord like før toktet i slutten av februar.

Stasjon R-5 skiller seg ut med lave verdier gjennom hele sommeren og høsten. På bakgrunn av oksygenverdiene synes det å ha vært to større tilførsler av dypereliggende vann på stasjonen. Den siste i november/desember fører til at oksygenkonsentrasjonen blir tilnærmet lik de utenforliggende vannmasser.

Stasjon I-1 ligger også markert lavere enn de øvrige stasjonene.

Stasjonene S-6 og S-9 har relativt lik utvikling i oksygenforholdene bortsett fra at det ikke observeres utskiftning av dypvannet i november/desember på S-9.

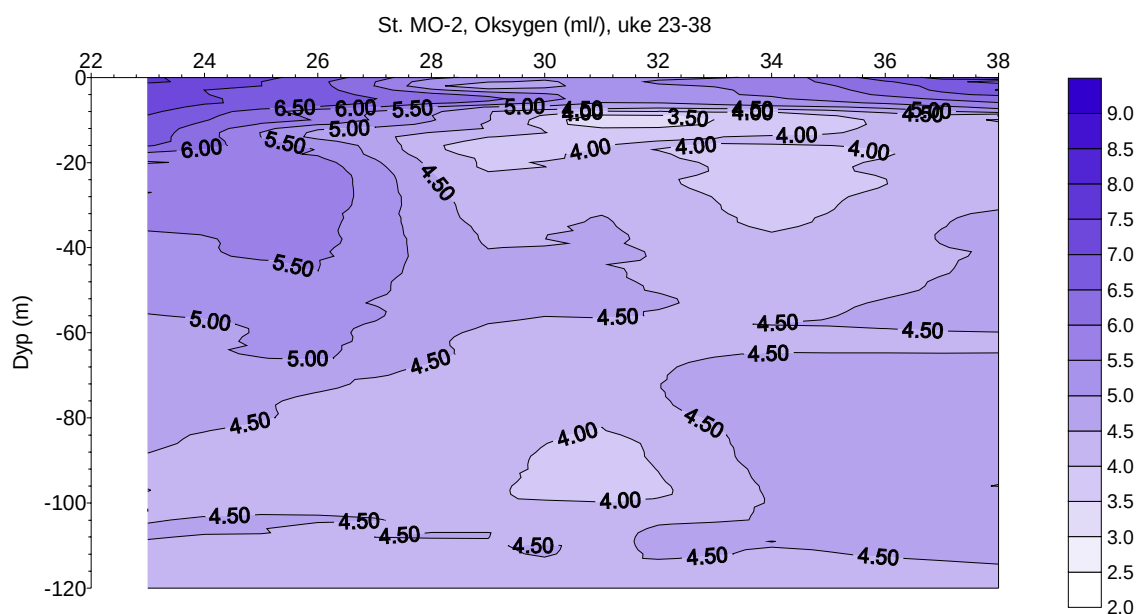
På de øvrige stasjoner i Østfold observeres relativt gode oksygenforhold bortsett fra i terskelfjorden Mossesundet (**Figur 6-7**).



Figur 6-7 Oksygenforholdene i dypvannet (2 m over bunnen) på stasjonene i Østfold nord for Hvaler i løpet av sommersesongen 2001 sammenlignet med utenforliggende område representert med stasjonene OF-4 og OF-5.

Imidlertid er det bare i vannmassene like over bunnen i Mossesundet det observeres et oksygennivå lavere enn 4 ml/L (se **Figur 6-8**). Lavest nivå i Mossesundet finner man på seinsommeren i tilknytning til sprangsjiktet. Viktigste årsak er tilførsler av lett nedbrytbart organisk materiale hovedsakelig i indre område som fanges opp i sprangsjiktet og brytes ned der. Tilførslene fra Mosseelva og PLm er dominerende og i samme størrelsesorden. PLm har redusert sine tilførsler, mens tilførslene fra Mosseelva har økt de siste årene som følge av økt vannføring (DNV, 2001).

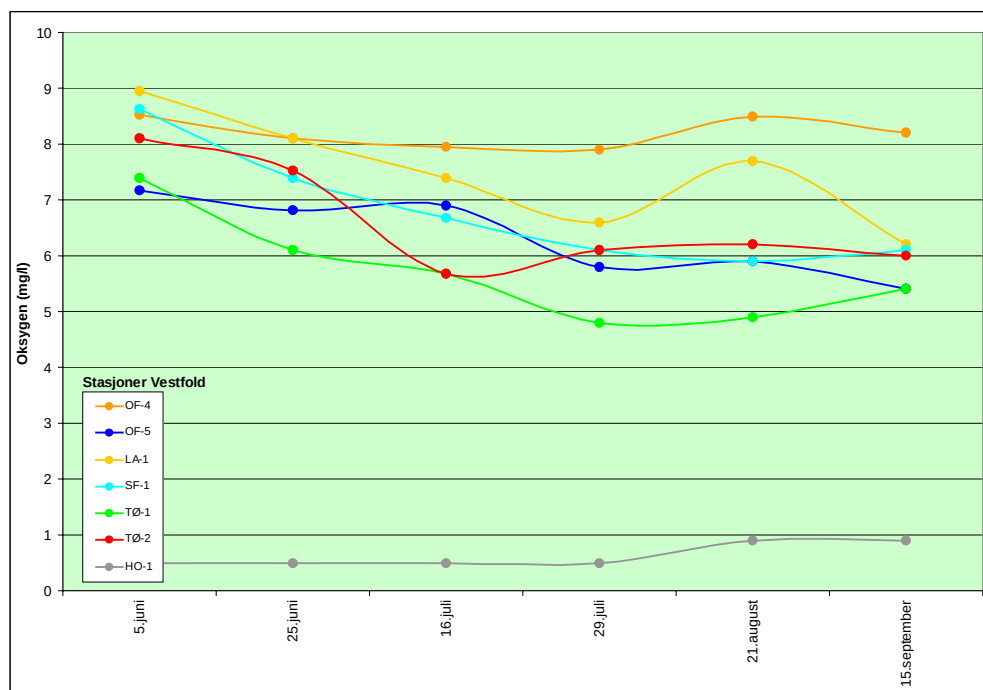
TEKNISK RAPPORT



Figur 6-8 Oksygennivået i vannmassene på stasjon MO-2 i sommerperioden 2001.

6.4 Utviklingen i bassengene i Vestfold og Buskerud

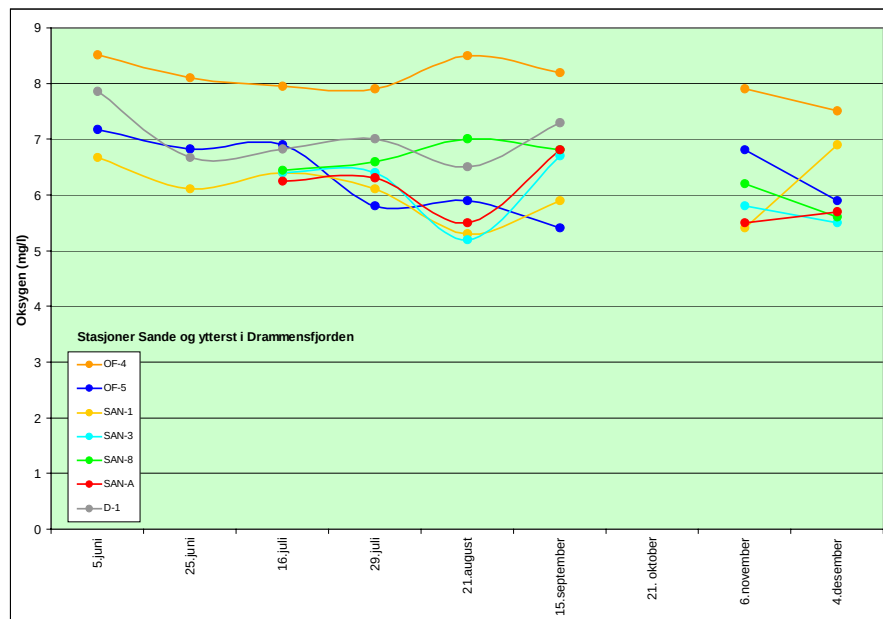
Bassenget i Horten (**Figur 6-9**) skiller seg ut med oksygenfritt bunnvann tilsvarende forholdene i indre Drammensfjorden. For øvrig er det stasjon TØ-1 i Tønsbergområdet hvor en observerer det laveste verdiene, men utviklingen tyder på relativt hyppige tilførsler av nytt vann som forhindrer konsentrasjonen å nå kritiske verdier.



Figur 6-9 Oksygenforholdene i dypvannet (2 m over bunnen) på stasjonene i Vestfold i løpet av sommersesongen 2001 sammenlignet med utenforliggende område representert med stasjonene OF-4 og OF-5.

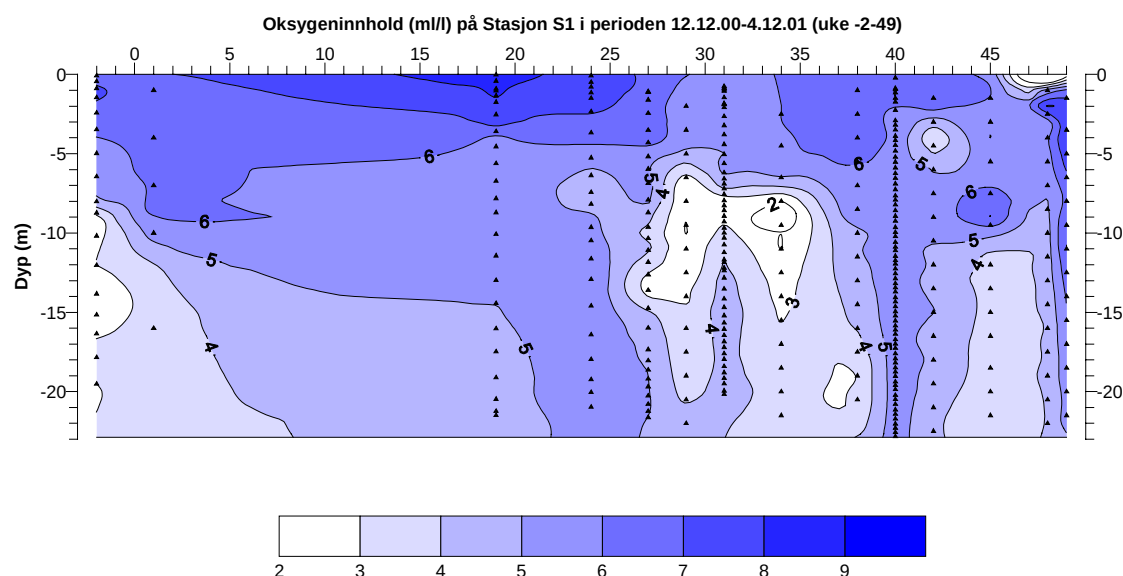
TEKNISK RAPPORT

Oksygenforholdene i bunnvannet i Sandebukta i desember 2000 ble karakterisert som *mindre god* i en undersøkelse for Sande Paper Mill noe som også var i overensstemmelse med målingene som ble utført tidligere på høsten 2000 hvor oksygeninnholdet på de fleste stasjonene avtok til under 3,5 ml O₂/l. I løpet av januar – februar 2001 var det en større innstrømming av salt vann i hele ytre Oslofjord som førte til svært gode forhold i første del av året også i Sandebukta. I 2001 kan oksygenforholdene i bunnvannet i Sandebukta karakteriseres som *gode/meget gode* (Figur 6-10).



Figur 6-10 Oksygenforholdene i dypvannet (2 m over bunnen) på stasjonene i Sandebukta og ytre del av Drammensfjorden i løpet av 2001 sammenlignet med utenforliggende område representert med stasjonene OF-4 og OF-5.

Figur 6-11 viser at det etableres et oksygenminimum i sprangsjiktet i løpet av sensommeren – tidlig høst.



Figur 6-11 Oksygeninnhold på stasjon SAN-1 i perioden des.-2000 til des.-01 (uke 49).

6.5 Foreløpige konklusjoner – oksygen

På grunn av en større vannutskiftning i løpet av vinteren 2000/2001 var oksygennivået ensartet og høyt i hele vannsøylen i størstedelen av området.

Lavest observerte oksygennivå i bunnvannet Ytre Oslofjord i løpet av undersøkelsesperioden kan generelt karakteriseres som Meget god til God i henhold til SFTs tilstandsklasser. Anoksiske bassenger er Drammensfjorden og Horten, mens Ringdalsfjorden klassifiseres også som Meget dårlig. I Mossesundet, Hvalerområdet, Tønsbergfjorden og Krokstadfjorden observeres redusert nivå tilsvarende tilstandsklasse Mindre god til Dårlig.

I løpet av høsten ble vannet i bassengene skiftet ut ved en innstrømming av vann fra utenforliggende områder. Det innstrømmende vannet hadde imidlertid ikke full metning av oksygen og nivået holdt seg derfor lavere enn februarnivået gjennom hele året i samtlige bassenger.

I indre deler av hovedfjorden (Breidangen) og i lokale resipienter som Sandebukta og Mossesundet observeres et oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet. I åpne lokale resipienter som Sandebukta kan dette oksygennivået være lavere enn nivået nær bunnen og tilsvarer SFT tilstandsklasse Mindre god til Dårlig.

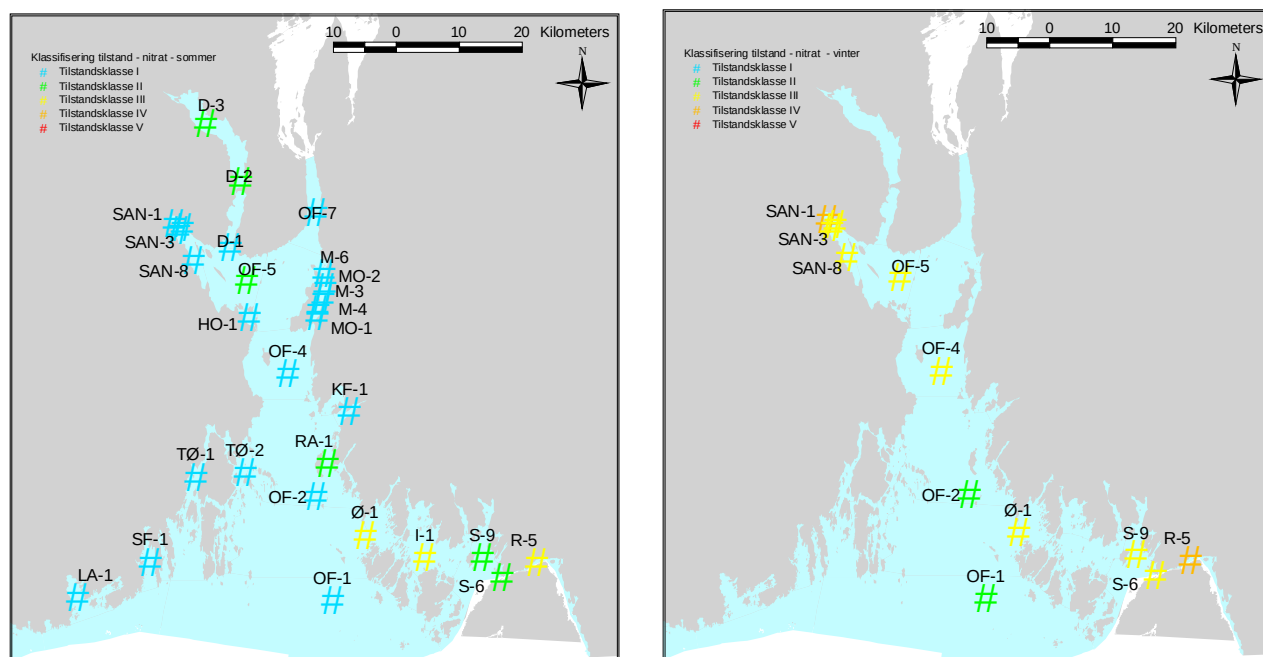
TEKNISK RAPPORT

7 NÆRINGSSALTER

Tilstanden på samtlige stasjoner er klassifisert i henhold til SFTs veiledning 97:03. Medianverdiene for henholdsvis vinter (februar, november og desember) og sommer (seks tokt i juni – september) er benyttet i klassifiseringen.

7.1 Nitrat

Hvalerområdet skiller seg ut med noe forhøyede verdier i sommerhalvåret (**Figur 7-1**). Totalt fremstår området som *Meget god* – *God*.



Figur 7-1 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av nitrat fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) figur til venstre og av vintersesongen (februar, november, desember).

Vinterverdiene gir et noe annet bilde hvor tilstanden generelt karakteriseres som *Mindre god*. På stasjonene i ytre del av hovedfjorden var tilstanden *God*, mens den i Ringdalsfjorden og innerst i Sandebukta ble karakterisert som *Dårlig*.

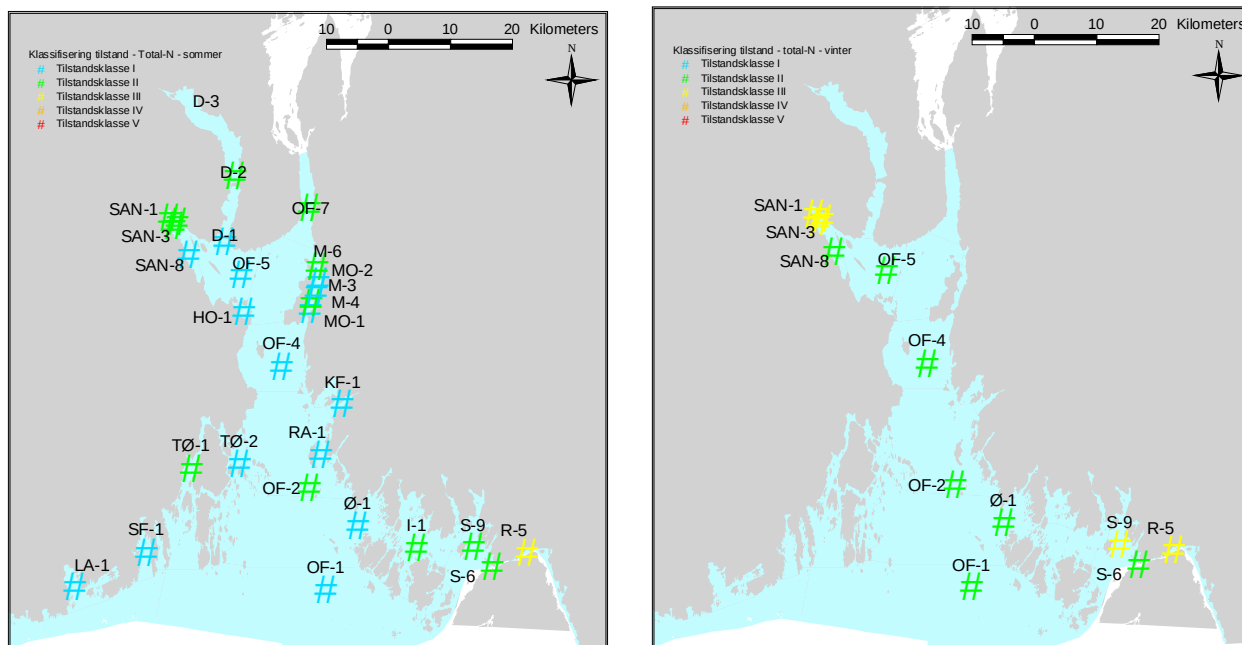
7.2 Ammonium

Konsentrasjonen av ammonium var generelt lav og samtlige stasjoner med salinitet over 20 PSU ble klassifisert i tilstandsklasse "I- Meget god" eller "II – God".

TEKNISK RAPPORT

7.3 Total-nitrogen

Generelt fremstår tilstanden for området sommerstid som *Meget god* til *God*.



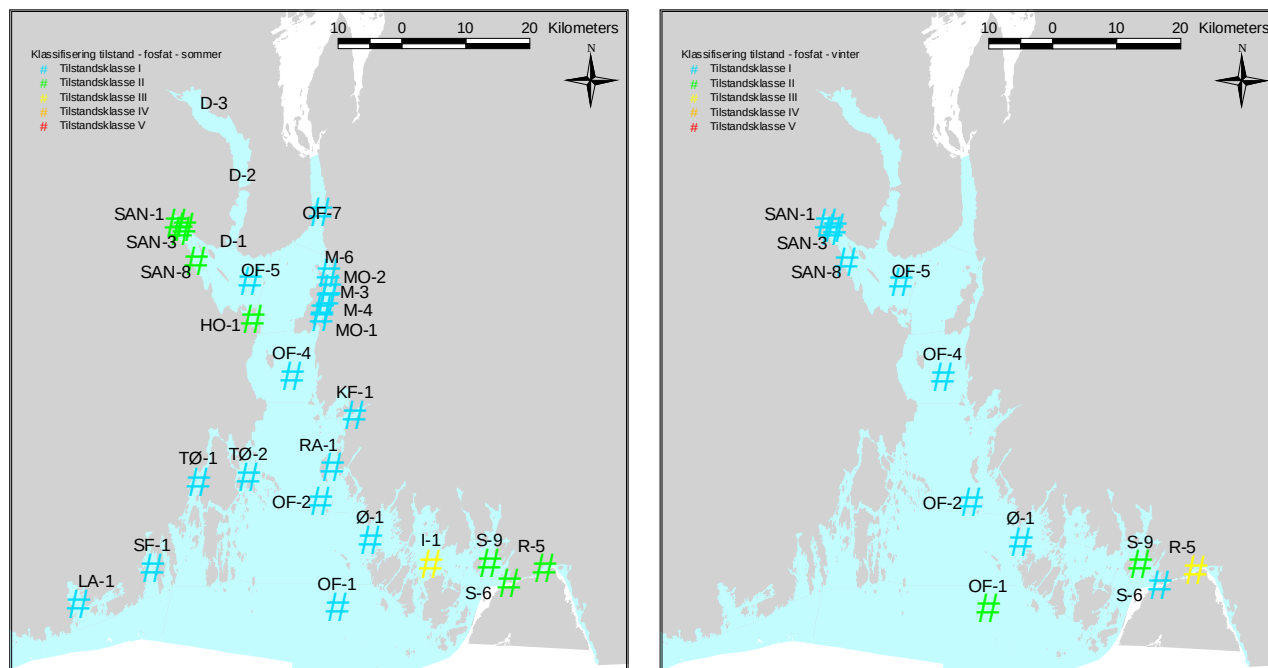
Figur 7-2 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av total-nitrogen fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) figur til venstre og av vintersesongen (februar, november, desember).

For vinterperioden var tilstanden God for hovedfjorden, mens den ble karakterisert som Mindre god i de lokale resipientene Sandebukta, Singlefjorden og Ringdalsfjorden.

TEKNISK RAPPORT

7.4 Fosfat

I likhet med sommerverdiene for nitrat kan tilstanden til området generelt karakteriseres som Meget god – God i forhold til fosfat. Sandebukta og Singlefjorden/Ringdalsfjorden har høyest konsentrasjoner.

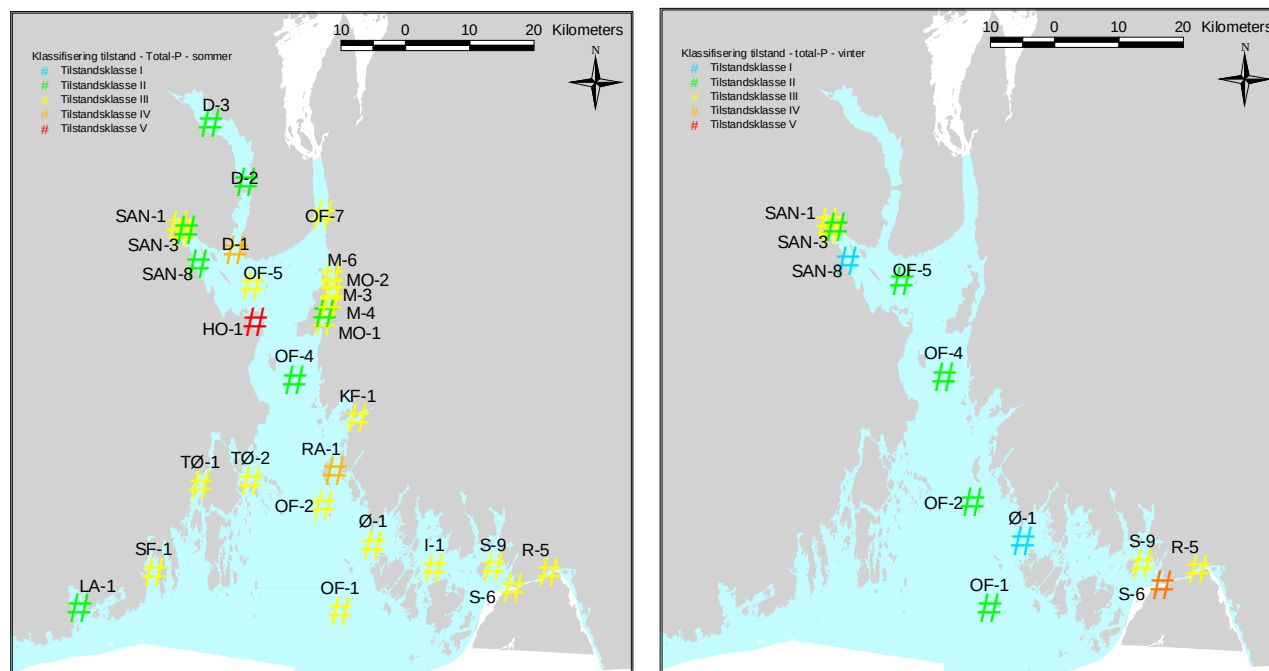


Figur 7-3 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av fosfat fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) figur til venstre og av vintersesongen (februar, november, desember).

Vinterverdiene av fosfat fører til liten endring av dette bildet, men tilstanden i Sandebukta ble karakterisert som *Meget god* og ytre stasjon på Torbjørnskjær (OF-1) som *God*.

7.5 Total fosfor

I forhold til de totale konsentrasjonene av fosfor kan tilstanden til området generelt karakteriseres som Mindre god (God). Horten skiller seg ut med svært høye verdier.



Figur 7-4 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av total fosfor fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september).

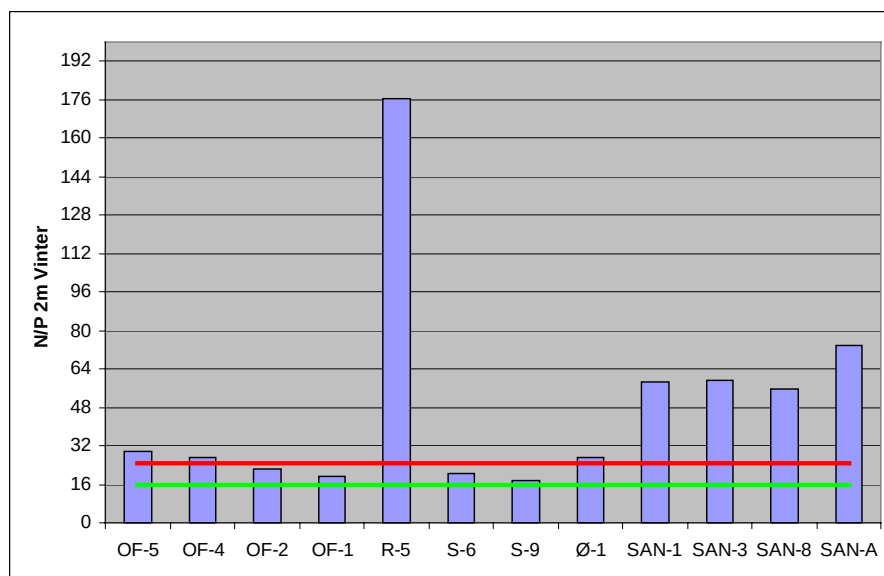
For vinterverdiene fremstår tilstanden til hovedfjorden som God, mens en finner noe redusert tilstand (Mindre god) i de lokale ferskvannspåvirkede resipientene Ringdalsfjorden og Sandebukta.

7.6 N/P forhold

Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrogen- og fosfor-innholdet i planteplanktonet angis ved Redfield-forholdet. Uttrykt i atomer er dette N:P = 16:1. Forholdstallet mellom de tilsvarende næringssaltene i havet er totalt ca. 15:1. Store avvik fra dette forholdet, spesielt i vinterverdiene, kan tyde på lokale tilførsler eller andre lokale forhold som remineralisering i oksygenfattig dypvann. ~~Permanente og betydelige avvik f.eks. sterkt forhøyede forekomster av nitrat, er også vurdert som en indikator på økt sannsynlighet for oppblomstring av skadelige eller toksiske alger. OSPAR arbeidsgruppe innen eutrofiering angir et forholdstall større enn 25 (50% økning) basert på vinterverdiene som kriterium.~~

Gjennomsnittlig N:P forhold er beregnet basert på vannprøver fra henholdsvis vinter (februar, november, desember) og sommer (juni-september) og presentert i figurene under. Det poengteres at datagrunnlaget fra spesielt vinter foreløpig er lite og at november ikke er en typisk vintermåned med stabile forhold.

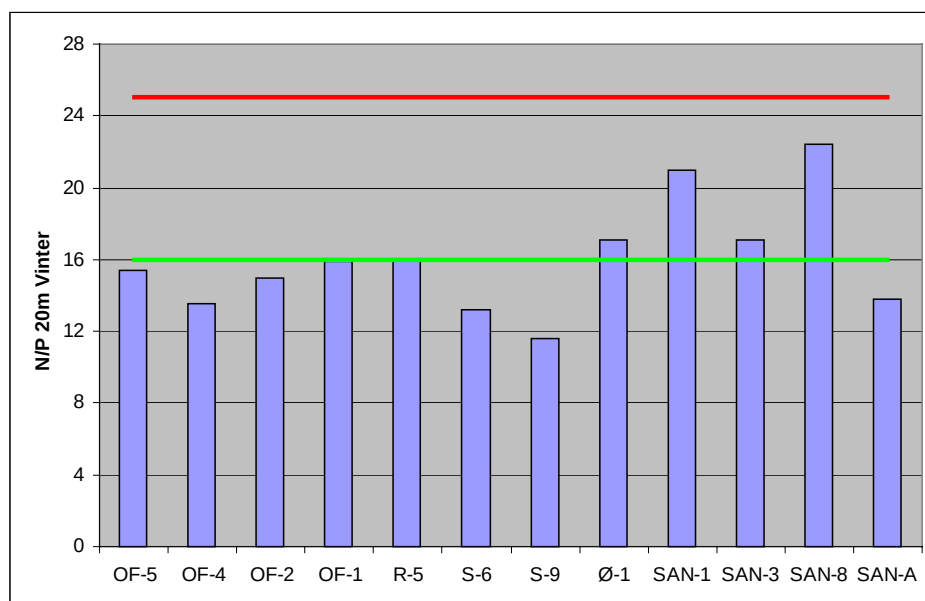
TEKNISK RAPPORT



Figur 7-5 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat i overflatevann fra prøver tatt i februar, november og desember 2001. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.

Resultatene fra vinter 2001 på 2 m dyp indikerer at man har et betydelig avvik fra Redfieldforholdet i ferskvannet i overflaten i Ringdalsfjorden (**Figur 7-5**). I tillegg har man et signifikant avvik også i overflatevannet i Sandebukta, og på stasjon Ø-1 i Hvaler, mens de øvrige to stasjonene i Hvalerområdet (S6, S9) har tilnærmet normale forhold. På stasjonene i hovedfjorden (OF-stasjonene) ser man en tydelig trend utover med klart avvik på OF-5 og OF-4 og et tilnærmet normalt forholdstall på Torbjørnskjær (OF-1).

Prøver fra 20 m dyp viser tilnærmet normale forholdstall, men de ligger fortsatt noe høyt i Sandebukta (**Figur 7-6**).

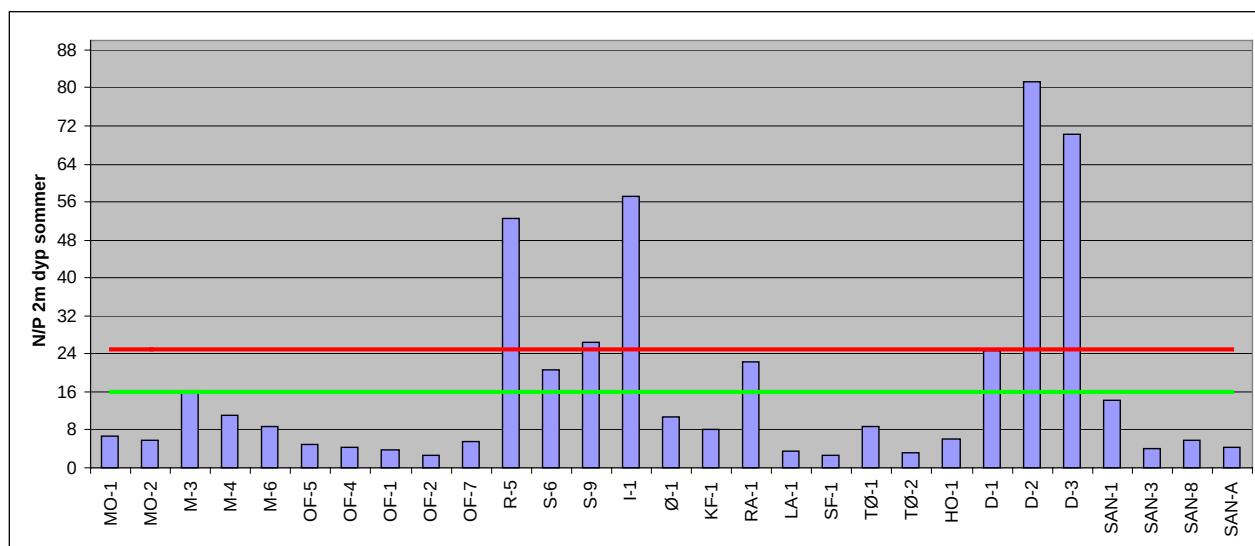


Figur 7-6 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 20m dyp tatt i februar, november og desember 2001. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.

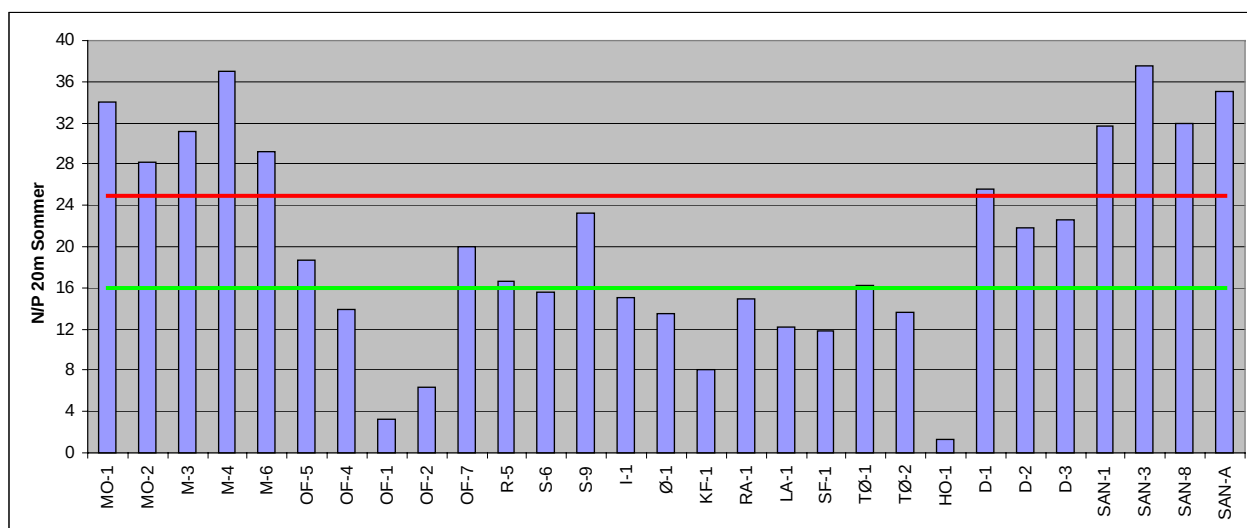
TEKNISK RAPPORT

Sommerverdier av næringssalter vil variere med tilførsler og produksjonen av planktonalger. De korresponderende forholdstallene kan derfor variere i mye større grad enn vinterverdiene (se **Figur 7-7** og **Figur 7-8**).

N:P-forholdet i overflaten (**Figur 7-7**) ligger jevnt over svært høyt i Hvaler og Drammensfjorden, mens de øvrige stort sett har lave verdier.



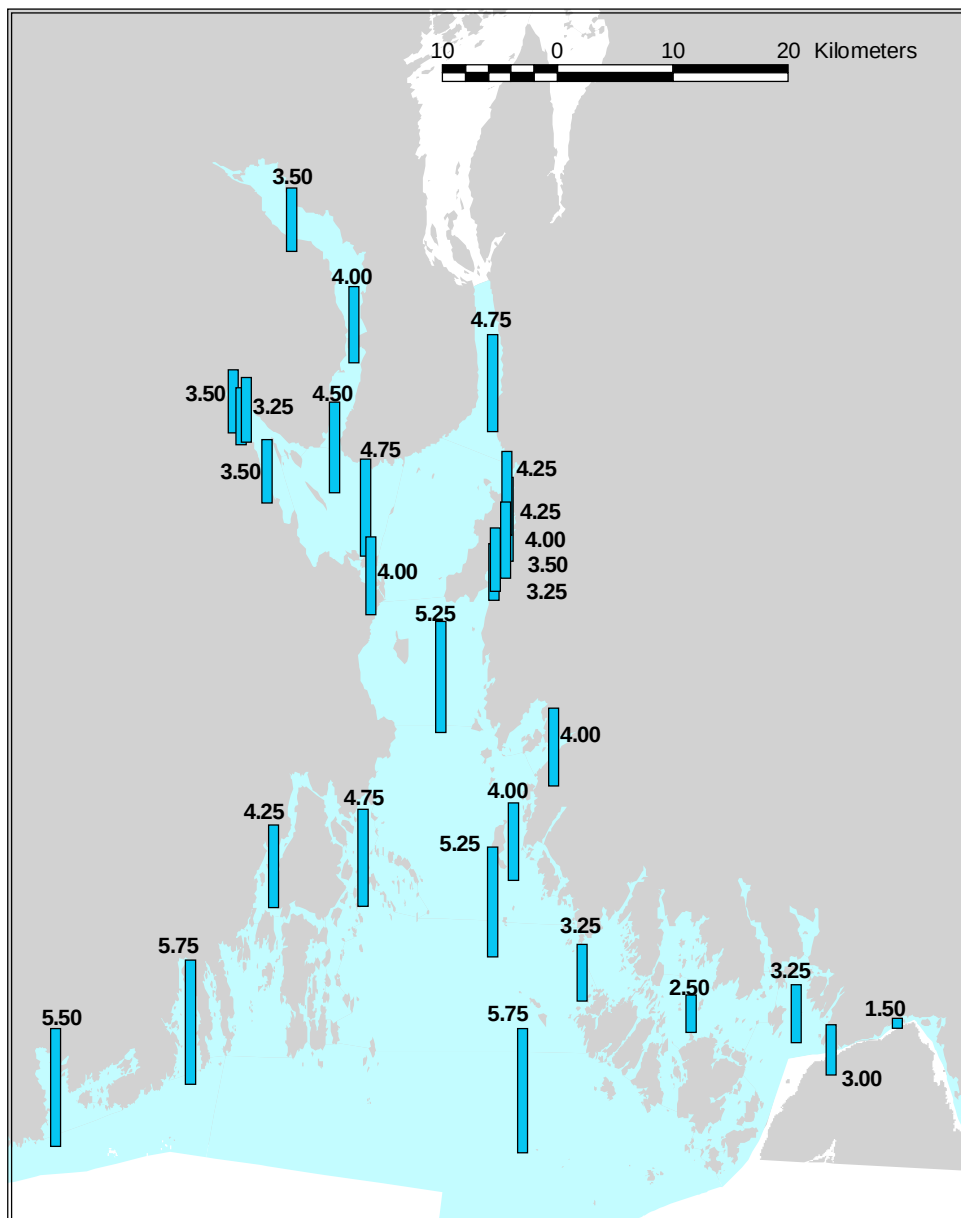
Figur 7-7 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 2m dyp tatt på seks tokt sommer 2001. Rød linje markere forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.



Figur 7-8 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 20m dyp tatt på seks tokt sommer 2001. Rød linje markere forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.

8 SIKTEDYP

Medianverdien av siktedyp-observasjoner i løpet av sommeren (presentert i **Figur 8-1**) er benyttet som grunnlag for å klassifisere tilstanden. Hovedfjorden og deler av Vestfold er karakterisert som Mindre god, mens Sandebukta, Moss og Hvaler er karakterisert som Dårlig. I Ringdalsfjorden som er sterkt påvirket av ferskvann fra Haldenvassdraget, tilsvarer forholdene Dårlig til Meget dårlig.

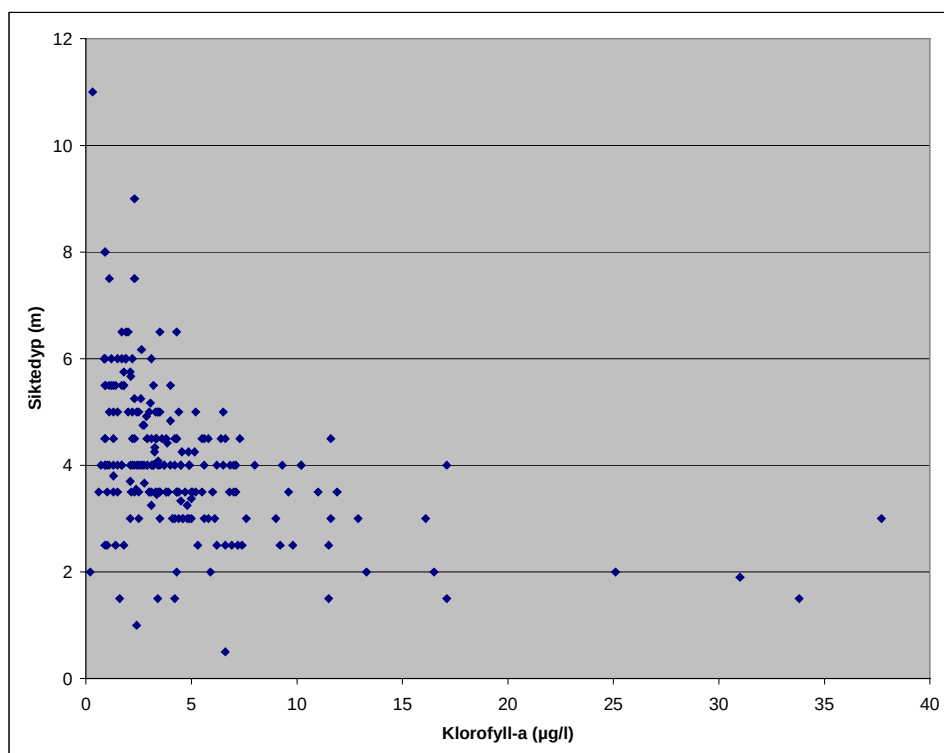


Figur 8-1 Medianverdien av seks observerte siktedyp i løpet av sommeren 2001 (juni-september).

Ytre deler av hovedfjorden har sammenlignbare forhold med ytre del av Vestfold. Innover i hovedfjorden reduseres siktedypet, men er i Breidangen og Drøbaksundet fortsatt høyere enn i lokale resipienter som Mossesundet, Sandebukta, Drammensfjorden og Tønsbergfjorden.

TEKNISK RAPPORT

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 ingen klar sammenheng mellom mengde alger og siktedyp (**Figur 8-2**) og andre typer partikler samt humus spesielt i avrenning fra land spiller derfor en betydelig rolle i enkelte av de lokale resipientene.



Figur 8-2 Sammenhengen mellom mengde klorofyll og observert siktedyp. Data fra samtlige stasjoner i Ytre Oslofjord.

Ringdalsfjorden og Mossesundet er eksempler på sterkt humuspåvirkede resipienter, mens stasjoner i Hvalerområdet periodevis kan være sterkt påvirket av uorganiske partikler fra Glomma.

Generelt er tilstanden i hele området noe redusert i forhold til siktedyp sammenlignet med områder lenger sør og på vestlandet.

9 ALGEPLANKTON I OSLOFJORDEN

Planktonalgene er mikroskopiske planter som svever fritt i vannmassene og utnytter tilgjengelige næringssalter til tilveksten, som er celledeling. Fordi de er planter og dermed er avhengige av lys for å vokse, vil de i alminnelighet holde seg nær overflaten der lystilgangen er god. Der det er mye alger, for eksempel under oppblomstringsperioder, blir overflatelaget grumset, ofte med en karakteristisk farge alt etter hvilken alge det er. Denne misfargingen kan noen ganger ligne på grumset sjø som skyldes tilførsel av partikler fra ferskvannsavrenning, som ved stor vannføring i Glomma. I vannmasser med et stabilt overflatelag vil tilførsel av næringssalter gi betingelser for økt algevekst i form av økt antall algeceller. Algene vil ikke være i stand til å skille mellom næringssalter, for eksempel nitrat, fra de forskjellige kildene, som kan være fra ferskvannsavrenning, kloakk, nedbrytning av alger og andre organismer, eller fra episodisk tilførsel til overflatelaget fra næringsrikt vann under dette. Selv om økt algevekst under slike betingelser blir delvis regulert ved at dyreplanktonet øker sin aktivitet og konsumerer (beiter ned) det ekstra algetilskuddet, viser erfaringene fra Norge og andre land 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 overgjødelse områder, og det kan bli en endring i artssammensetningen.

OSPAR-kommisjonens eutrofieringskomite (EUC) har i sitt siste møte (26-30. november 2001) lagt vekt på å vurdere planktonalgene, spesielt navngitte indikatorarter, i forbindelse med å analysere primæreffektene av eutrofiering. Planktonalgematerialet i denne undersøkelsen er et godt grunnlag for slike vurderinger, men dekker bare en vekstsesong. En del foreløpige konklusjoner kan likevel trekkes også etter dette første året av undersøkelsen etter mer overordnede kvalitative vurderinger, i påvente av at det utvikles numeriske metoder for sammenligning av planktonalgebestander. 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 det utsendte høringsnotatet for gjennomføring av resipientundersøkelser.

9.1 Observasjoner fra de enkelte tokt

26.februar -1.mars.

Algemateriale ble innsamlet fra hovedfjorden og innenskjærs i Østfold. Det var små totalbestander, men algesamfunn som tilsvarer tidlig fase av våroppblomstringen. Håvtrekkmaterialet i hovedfjorden og innenfor Hvalerøyene i Østfold var svært artsrikt og dominert av kiselalger som er vanlige i våroppblomstringen (*Chaetoceros* spp., *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* o.a.), men også en god del dinoflagellater (*Heterocapsa triquetra* og andre). Ringdalsfjorden hadde et artsmessig avvikende algesamfunn med dominans av kaldtvannskiselalgen *Detonula confervacea* og innslag av ferskvannsalger. Høye næringssaltverdier og lave klorofyllverdier både innenskjærs og utenskjærs bekrefter at oppblomstringen var i en tidlig startfase i hele området.

1. april.

Det ble samlet inn materiale fra innenskjærs områder i Østfold. I løpet av mars hadde det vært en kraftig oppblomstring i indre Oslofjord og utover i hovedfjorden, med høye celletall av kiselalger (*Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassionema*, *Pseudo-nitzschia* o.a. i konsentrasjoner på inntil 14 mill. celler/L registrert). Fra ytre Oslofjord og vestover var det en stor oppblomstring av flagellaten *Chattonella* aff. *verruculosa* som blant annet forårsaket omfattende fiskedød på Sørlandet. Denne algen er nærmest umulig å

TEKNISK RAPPORT

identifisere med sikkerhet i fiksert materiale. Mindre fragmenter av algeceller som antas å stamme fra *Chattonella*, ble observert på S 9 (Singlefjorden/Haslau). De høyeste celletallene var av små uidentifiserte celler (5-10 mill/L), men biomassen synes å ha vært dominert av et blandingsamfunn av dinoflagellater (*Heterocapsa triquetra* og morfotypen "*Peridinium laticingulum*"), kiselalger og den store, grønne flagellaten *Eutreptiella*. Det ble målt høye verdier av klorofyll, sammen med sterkt reduserte konsentrasjoner av næringssalter. Tilsammen indikerer dette at det innenskjærs i Østfold hadde utviklet seg en blandet oppblomstring etter den egentlige våroppblomstringen av kiselalger.

6. mai.

Dette er overgangssperiden fra våroppblomstringen til mer utpregede sommerforhold med raske endringer i planktonalgeforekomstene. Materialet, som er fra Østfold, viser at det hadde utviklet seg en moderat oppblomstring av kiselalgen *Diatoma elongatum* i Ringdalsfjorden og i Singlefjordområdet, med et blandet samfunn av følgearter, mens det var svært lite alger i overflatelaget i Leira. Spesielt i Leira og Ringdalsfjorden var det svært mye partikler i prøvene. De to andre stasjonene hadde relativt artsrike algesamfunn.

20. mai.

Ved siden av en moderat oppblomstring av en liten *Chaetoceros*-art (kiselalge), som utgjør relativt lite i biomasse, ble det observert en god del trådformede cyanofyceer ("blågrønnalger") i Ringdalsfjorden og i Sponvika, Østfold, som kan forklare høye klorofyllverdier på disse stedene.

6-7. juni.

Dette er det første prøvesettet fra samtlige stasjoner. Hovedfjorden hadde en moderat oppblomstring av kiselalger, dominert av *Skeletonema costatum* og en *Chaetoceros*-art som ligner *C. fallax* (sjelden observert i Norge) og *C. wighamii*, i bestander på 100 000 - 300 000 celler/L, med størst bestand i Drøbaksundet. Drammensfjorden (spesielt D-2 og D-3) skilte seg ut med små algebestander, relativt artsfattige og med et markert innslag av ferskvannsalger (f.eks. *Tabellaria flocculosa*). I de indre stasjonene i Østfold og i Mossesundet ble det registrert en oppblomstring av dinoflagellaten *Heterocapsa triquetra* med celletall på inntil 290 000/L sammen med *Skeletonema*, men svært lite alger i Iddefjorden. Prøver utenom dette overvåkningsprogrammet viste celletall på inntil 2,4 mill/L av *Skeletonema* i Mossesundet i begynnelsen av juni. Øvrige observasjoner: stor kiselalgebestand i Sandebukta (*Chaetoceros* spp. tilsammen 990 000 celler/L), mye kiselalger (*Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Pseudonitzschia*) også i Sandefjordsfjorden, Tønsbergfjorden, Krokstadvfjorden og ved Horten. Av stasjonene som grenser til hovedvannmassene skilte Larviksfjorden seg ut med små algebestander. Klorofyllverdiene samsvarte relativt godt med algeobservasjonene, med de høyeste klorofyllverdiene der det ble registrert høye celletall (f.eks. klorofyllverdier på over 5 µg/L der det var mye kiselalger eller *Heterocapsa*).

25-27. juni.

Algeforekomstene ble generelt noe redusert utover i juni i Vestfold, men med en endring i artssammensetningen og dominerende arter på mange andre stasjoner. I hovedvannmassene sentralt i fjorden utviklet det seg økende bestander av *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* og kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*. Innenskjærs i Østfold økte kiselalgeforekomstene, blant annet med en begynnende oppblomstring av den karakteristiske kiselalgen *Cyclotella caspia*, også i Iddefjorden (Ringdalsfjorden). I de to indre stasjonene i Drammensfjorden skilte seg igjen ut med små algebestander, denne gangen med

TEKNISK RAPPORT

dominans av en kolonidannende flagellat (*Dinobryon* sp.) som ellers bare sporadisk ble observert utenom Drammensfjorden. Også denne gangen var algebestandene i Larviksfjorden små.

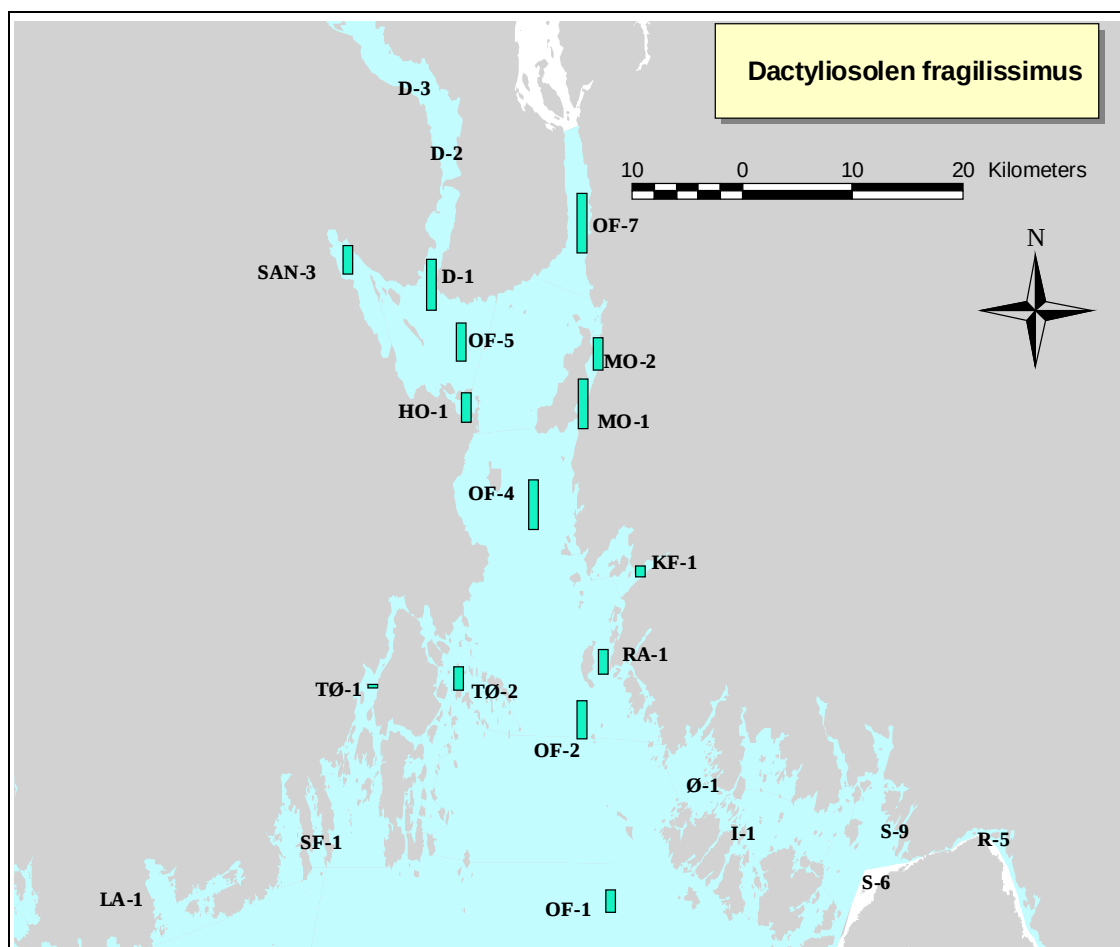
16-18. juli.

På stasjonene midtfjords fortsatte oppblomstringen av *Pseudo-nitzschia* og utviklet seg på hele vestsiden av fjorden fra Sandebukta til Sandefjord, men ikke i Larviksfjorden. Både sentralt i fjorden og på østsiden, spesielt i de innerste områdene i Østfold (Singlefjorden og Ringdalsfjorden) økte forekomstene av *Cyclotella* til en markert oppblomstring. En stor kiselalge, *Dactyliosolen fragilissimus*, som ble observert i store deler av ytre Oslofjord i slutten av juni, ble observert i store bestander over hele området, men ikke i indre Drammensfjord, innenskjærs i Østfold eller i Larviksfjorden (Figur 2). En tilsvarende utvikling hadde en annen kiselalge, *Leptocylindrus danicus*. Alt i alt hadde det dannet seg forskjellige algeregioner i første halvdel av juli, når vi ser celletall og artssammensetning under ett:

- Indre Drammensfjord (D-2, D-3) helt forskjellig fra alle de andre områdene med en moderat oppblomstring av kiselalgen *Diatoma elongatum* og en flagellat, *Dinobryon* sp., begge brakkvannsalger.
- Sentrale fjordstrøk hadde en blandet oppblomstring av flere kiselalger samtidig (*Dactyliosolen*, *Pseudo-nitzschia*, *Cyclotella*, *Leptocylindrus*) fra Drøbaksundet til Torbjørnskjær og innslag av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* (Indre Oslofjord fra Drøbaksundet og innover til Oslo havn hadde en kraftig oppblomstring av *Emiliania* som misfarget sjøen turkis). Fordelingen av de viktigste bestandene på midtfjordsstasjonene (fra OF-1 ved Torbjørnskjær til OF-7 i Drøbaksundet) er vist i **Tabell 9-1**.
- Innenskjærs i Østfold manglet flere av algene (*Dactyliosolen*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia*) som dominerte i åpne farvann, men hadde en markert oppblomstring av *Cyclotella* og en moderat oppblomstring av *Chaetoceros* spp. Det ble observert en begynnende oppblomstring av dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* som har hatt omtrent årvisse oppblomstringer innenskjærs i Østfold om høsten.
- Svært små algebestander sør for Sandefjord (Larviksfjorden), der forholdene mer synes å ha tilsvart forholdene i Skagerrak.

Tabell 9-1 Konsentrasjoner av dominerende arter (celler/L x 1000) i de midtre delene av fjorden 16-18. juli.

Art \ Stasjon	OF-1	OF-2	OF-4	OF-5	OF-7
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	310	580	770	570	910
<i>Leptocylindrus danicus</i>	290	360	230	240	180
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>	280	290	190	90	170
<i>Cyclotella caspia</i>	280	490	710	880	430



Figur 9-1 *Dactyliosolen fragilissimus* 16-18. juli. Fordelingen da oppblomstringen var på topp. Den største søylen (OF-7) tilsvare 910 000 celler/L. Lineær skala.

29. juli – 1. august.

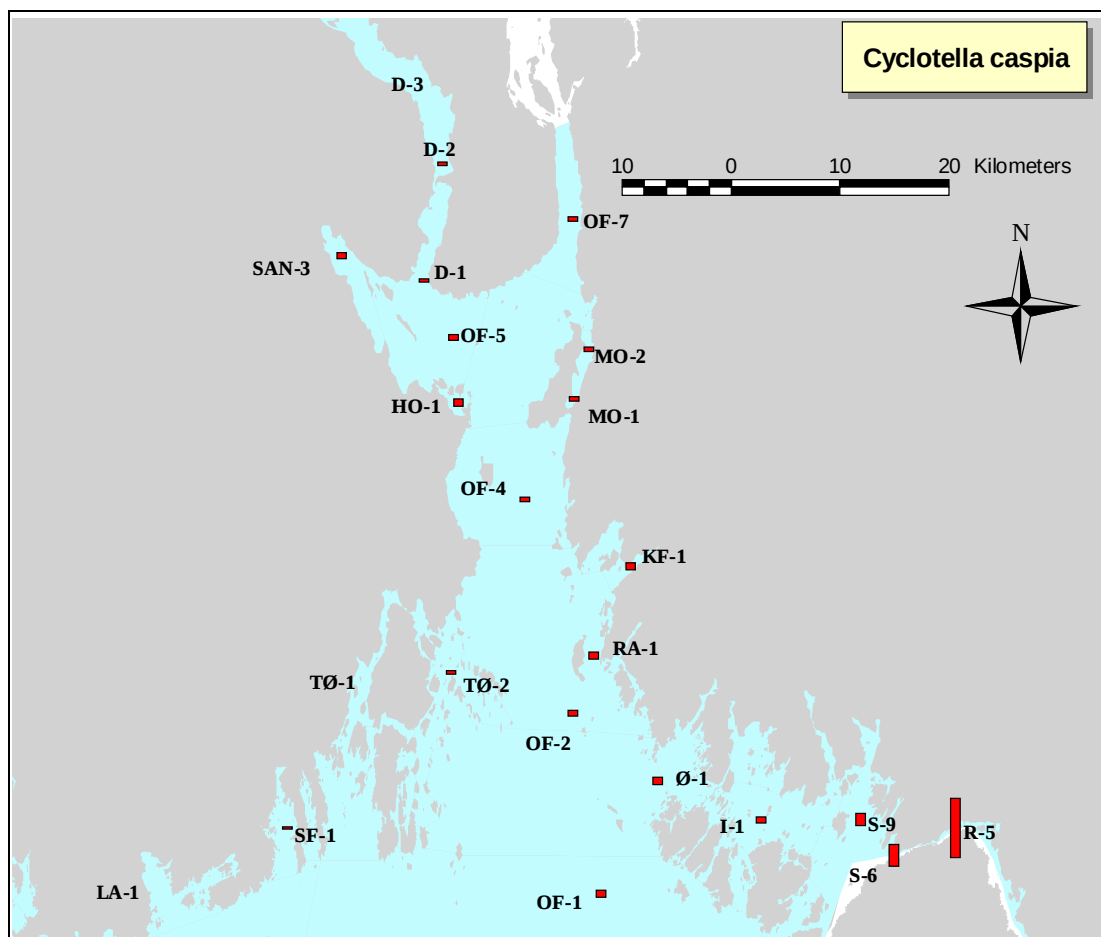
Oppblomstringen av *Pseudo-nitzschia* utviklet seg videre i siste halvdel av juli og gjorde seg gjeldende i sterkere grad i Østfold. I månedsskiftet var det oppblomstringskonsentrasjoner i hele området med unntak av indre deler av Drammensfjorden, indre deler av Østfold (Sponvika, Ringdalsfjorden) og området sør for Sandefjord (Larviksfjorden). Den store forekomsten av *Cyclotella* som hadde utspring i indre områder i Østfold, fortsatte med høye konsentrasjoner i de sentrale delene av fjorden, spesielt i Breiangen og tilgrensende områder, og i kjerneområdet hadde celletallene kommet opp i 2-4 mill celler/L i Singlefjorden og hele 11 mill/L i Ringdalsfjorden. Fordelingen av *Cyclotella* er vist i Figur 3. Sammen med *Cyclotella* økte bestanden av *Prorocentrum minimum* til en oppblomstring i det samme området med celletall 0,8-2 mill/L i Singlefjorden-Ringdalsfjorden. På vestsiden av hovedfjorden var det gjennomgående avtakende bestander fra Tønsberg og sørover, men en lokal oppblomstring av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* (0,8 mill/L) i Tønsbergfjorden. Forekomstene av de kvantitativt viktigste artene fra ytre Drammensfjord og Sandebukta langs vestsiden av fjorden til Larviksfjorden er vist i **Tabell 9-2**.

TEKNISK RAPPORT

Tabell 9-2 Konsentrasjoner av dominerende arter (celler/L $\times$ 1000) langs vestsiden av fjorden i månedsskiftet juli-august 2001 (- betyr celletall < 10 000/L).

Art \ Stasjon	D-1	SA-3	HO-1	TØ-1	TØ-2	SF-1	LA-1
<i>Cyclotella caspia</i>	190	810	480	-	30	30	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	160	340	610	50	30	130	-
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>	310	530	1130	370	30	100	-
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	30	140	80	20	20	20	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	130	260	400	390	-	60	50

Klorofyllverdiene var høye i Singlefjorden-Ringdalsfjorden, med verdier på 10-16,5 μg klorofyll-a/L, som reflekterer oppblomstringen av *Cyclotella* og *Prorocentrum* i dette området. I tillegg var det der høye celletall av *Chaetoceros*, overveiende små celler som utgjør relativt lite av totalbiomassen.

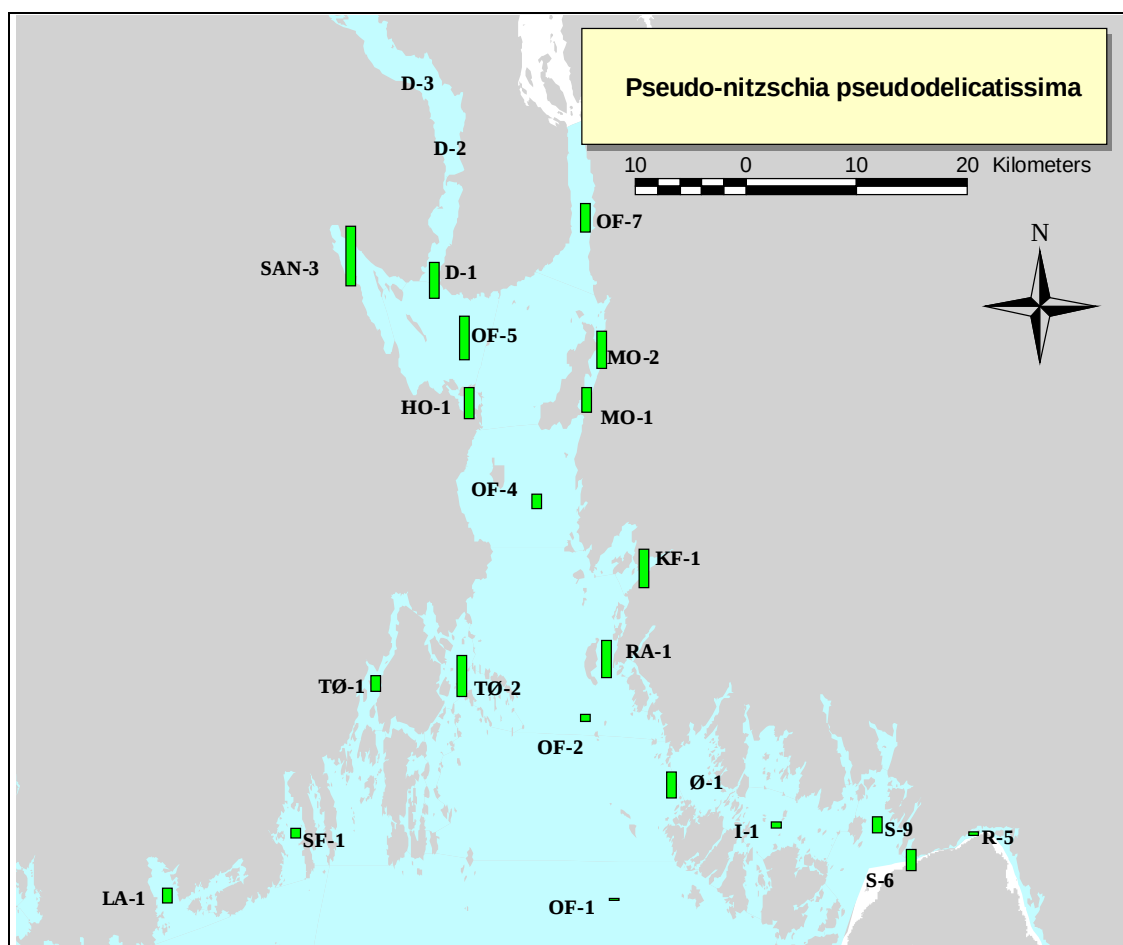


Figur 9-2 *Cyclotella caspia* 29. juli – 1. august. Forekomsten da oppblomstringen var på topp. Søylen på R-5 tilsvarer 11,5 mill celler/L. Lineær skala.

TEKNISK RAPPORT

21-24.august.

I løpet av august økte bestandene av *Pseudo-nitzschia* ytterligere, med spredning innover i Østfold til Singlefjorden og Ringdalsfjorden og sørover i Vestfold til Larviksfjorden (**Figur 9-3**). I dette materialet var det igjen de to innerste stasjonene i Drammensfjorden som skilte seg ut ved at *Pseudo-nitzschia* ikke ble påvist. Der fortsatte forekomstene av brakkvannsalger med dominans av *Dinobryon* sp., mest på den innerste stasjonen (410 000 celler/L). Her er det interessant å merke seg at klorofyllverdiene var omtrent de samme (ca. 4 µg chl/L) på D-1 (ytterst) og D-3 (innerst), med kvalitativt fullstendig forskjellige algeforekomster, dominans av *Pseudo-nitzschia* ytterst og *Dinobryon* innerst. Den markerte oppblomstringen av *Cyclotella* hadde forsvunnet omtrent fullstendig i løpet av august, og også mange andre kiselalger hadde gått sterkt tilbake på mange stasjoner. Dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* opprettholdt store bestander i Singlefjorden og Ringdalsfjorden. En rekke andre arter ble registrert i små oppblomstringskonsentrasjoner lokalt i ytre fjord utenfor Drøbaksundet (innerst i fjorden var det en oppblomstring av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*). Dette var kiselalger (*Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros* spp., *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Diatoma elongatum* o.a.), dinoflagellater (*Prorocentrum micans*, *Ceratium furca*, *Heterocapsa triquetra*, *Scrippsiella trochoidea*, en uidentifisert gymnodiniace, *Dinophysis* spp. o.a.) og forskjellige flagellater (*Emiliania huxleyi*, *Eutreptiella* sp., cryptofyceer o.a.).



Figur 9-3 *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* 21.-24. august 2001. Geografisk utbredelse da oppblomstringen nærmet seg maksimum. Søylen ved OF-5 tilsvarer 2,2 mill celler/L. Lineær skala.

TEKNISK RAPPORT

15-19. september.

Dette materialet dokumenterte at forekomsten av *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* hadde utviklet seg videre til en massiv oppblomstring som dekket hele ytre Oslofjord fra Drøbaksundet til Torbjørnskjær og sørover Vestfoldkysten til Larviksfjorden (og videre til Kragerø). Celletall på over 2 mill/L ble observert på godt over halvparten av stasjonene. Til tross for den store utbredelsen ble ikke *Pseudo-nitzschia* observert i indre Drammensfjord denne gangen heller, og på noen av stasjonene i Østfold (Krokstadsfjorden, Ramsø, Ringdalsfjorden) var celletallene under 0,5 mill/L. Av andre arter opptrådte *Skeletonema*, *Emiliana*, *Leptocylindrus* og *Chaetoceros* spp. i oppblomstringsmengder på enkelte stasjoner. I Breiangen-området fra Sandebukta i vest til Moss i øst og langs fjorden fra Drøbaksundet til Missingene ble det registrert en moderat oppblomstring (maksimum 250 000 celler/L) av den lille dinoflagellaten *Prorocentrum balticum* som er relativt sjelden i norske farvann. Bare i to områder var planktonet dominert av andre alger enn *Pseudo-nitzschia*. I indre Drammensfjord var det dominans av kiselalgen *Diatoma elongatum*, som er en typisk brakkvannsart. På den innerste stasjonen i Østfold, Ringdalsfjorden, hadde det kommet opp en bestand på 1,5 mill celler/L av den lille solitære kiselalgen *Chaetoceros thronsenii*.

21. oktober.

Det ble samlet inn prøver fra Østfold fra Leira (Ø-1), Singlefjorden (S-9, S-6) og Ringdalsfjorden (R-5). I de åpne delene av Oslofjorden var det påvist i andre prøver at det var vekslende og svært artsrike algeforekomster, med påvisning av oppblomstring og flakvise forekomster av den store dinoflagellaten *Ceratium furca* med rødbrun misfarging av sjøen enkelte steder, for eksempel ved Moss. En mindre oppblomstring i Skagerrak av den toksiske dinoflagellaten *Karenia mikimotoi* ("*Gyrodinium aureolum*") berørte så vidt ytre Oslofjord med sporkonsentrasjoner. Resultatene fra Østfold viste fortsatt oppblomstringskonsentrasjoner (600 000-800 000 celler/L) av *Pseudo-nitzschia* i Øra-området og Singlefjorden, men ingen påvisning i Ringdalsfjorden. På den innerste stasjonen i Singlefjorden (S-6) og i Ringdalsfjorden var det fortsatt betydelige bestander av *Prorocentrum minimum* og i tillegg en følgebestand av en liten naken dinoflagellat (*Karlodinium micrum*?). Alt i alt viser algebildet at vekstsesongen enda ikke var over på dette tidspunktet.

6.-7. november.

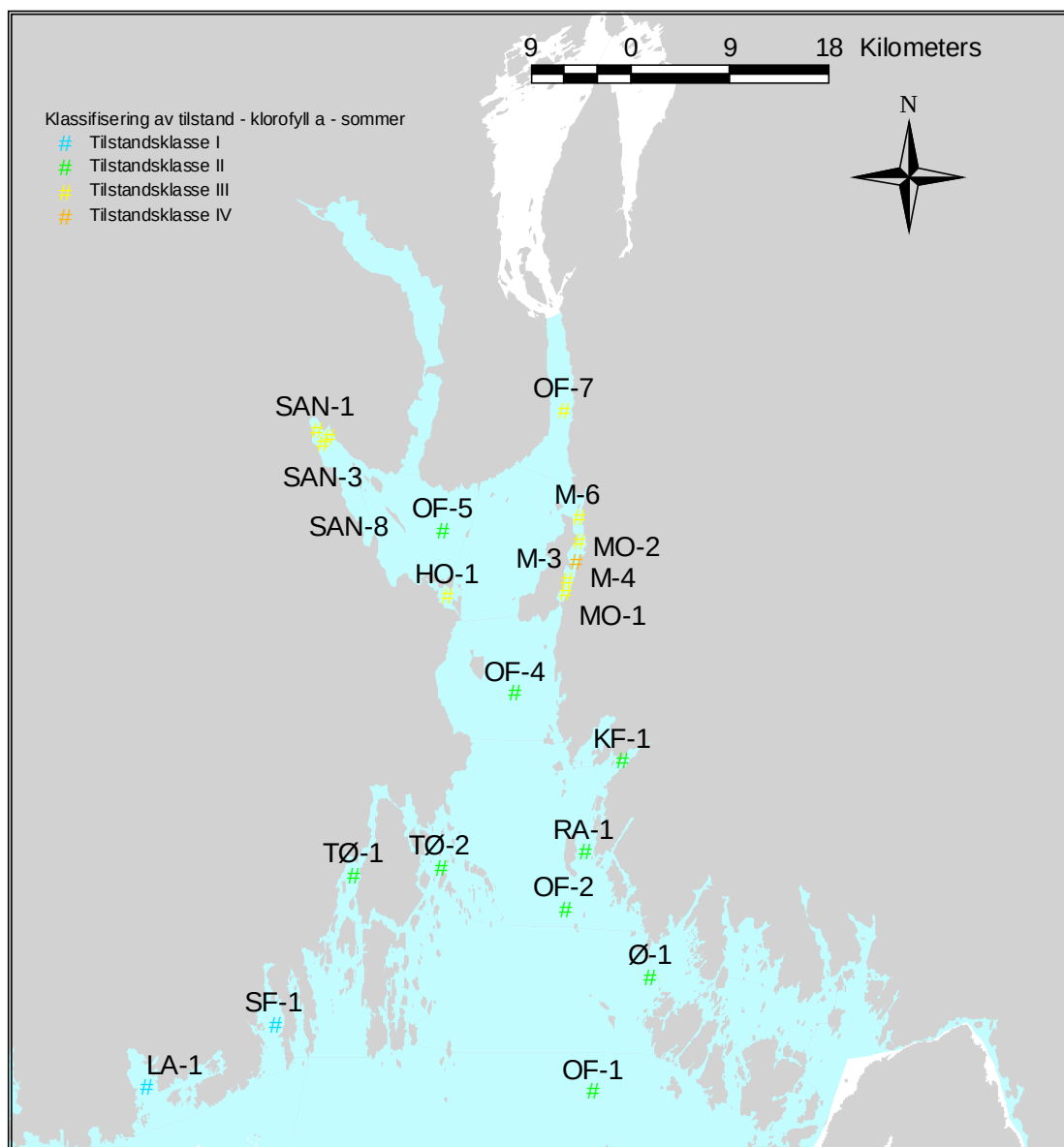
Det ble samlet inn algemateriale fra Sandebukta, Midtfjordstasjonene fra Breiangen og utover (OF-1, OF-2, OF-4, OF-5) og fra Leira og de indre stasjonene i Østfold. Håvtrekkmaterialet viste at det fortsatt var svært artsrike algesamfunn, men stort sett lave konsentrasjoner i vannprøvene. Andre observasjoner viste at det fortsatt kunne være flak av rødbrun sjø i de åpne delene av fjorden på grunn av mye *Ceratium*, men dette ble ikke fanget opp i prøvene fra standardstasjonene, med unntak av dominans av *Ceratium* i håvtrekkmaterialet. Det var bare spor igjen av oppblomstringen av *Pseudo-nitzschia*, men oppblomstringskonsentrasjoner av kiselalgen *Skeletonema costatum* i Sandebukta. I Ringdalsfjorden var det fortsatt en del *Prorocentrum minimum*, som også synes å ha gitt noe høyere klorofyllverdier enn på de øvrige stasjonene.

3.-4. desember.

Materialet fra begynnelsen av desember viste en typisk vintersituasjon med svært små algebestander både innenskjærs i Sandebukta og Østfold og i de åpne delene av fjorden. Som vanlig under slike forhold var klorofyllverdiene lave, og det ble registrert god sikt i sjøen med siktedyp på inntil 10 m. Som vanlig for årstiden var det likevel en rekke arter, mest dinoflagellater, kiselalger og kiselflagellater (*Dictyocha* spp.) i håvtrekkmaterialet.

9.2 Klorofyll-a

Med bakgrunn i klorofyll-a analysene (2 m dyp) fra sommer toktene er medianverdien benyttet til å klassifisere tilstanden til stasjonene (**Figur 9-4**). Kriteriene for klassifisering er bare gitt for vann med saltholdighet høyere enn 20 PSU og stasjonene i Drammensfjorden (med middels høye verdier) og Hvalerområdet (hvor de høyeste verdiene ble observert) er derfor ikke inkludert i figuren.

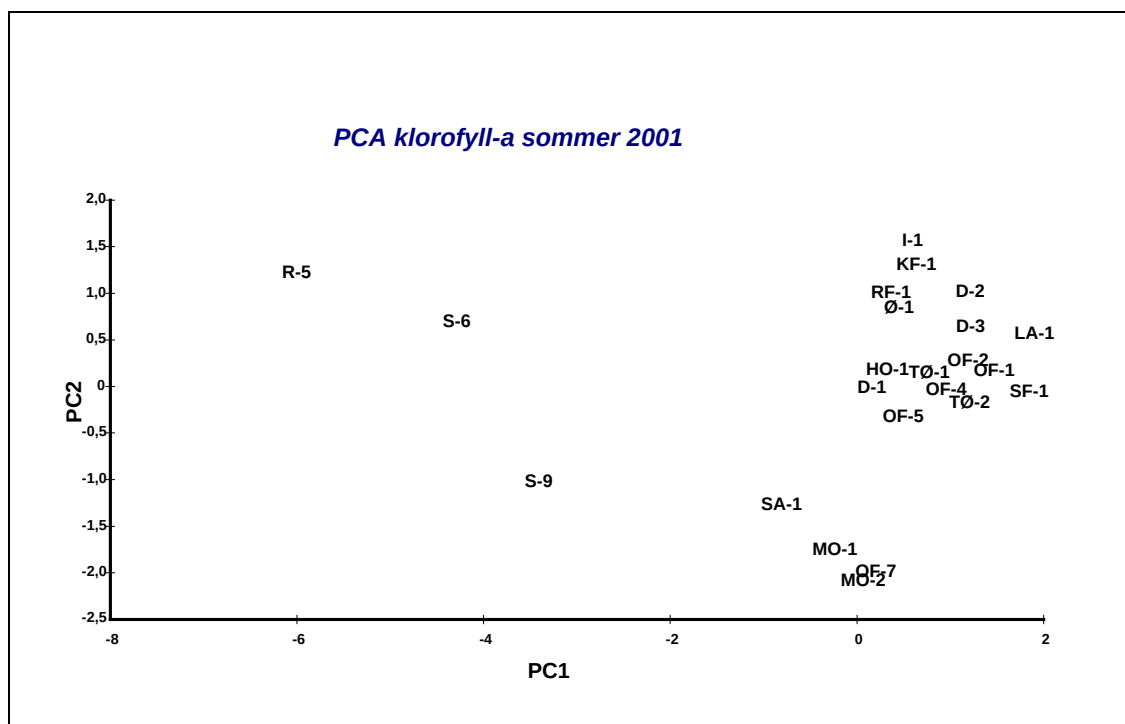


Figur 9-4 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av klorofyll-a fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september). Stasjoner med lav saltholdighet (< 20 PSU) er ikke klassifisert.

TEKNISK RAPPORT

Generelt er det en klar geografisk trend med tilstandsklasse "I – Meget god" eller "II – God" i ytre område og hovedfjorden inn til og med Breidangen, og "III – Mindre god" i indre del og i lokale resipienter.

Klorofyllverdiene for hvert av de seks sommertoktene ble benyttet som datagrunnlag for en Principal Component Analysis (PCA) (se **Figur 9-5**). Det ble bare benyttet en stasjon i Sandebukta (SA-1) og to i mossesundet (MO-1 og MO2). I analysen vil stasjoner med stor likhet befinne seg relativt nær hverandre.



Figur 9-5 Resultatet av PCA basert på målte klorofyll-a verdier fra seks tokt sommeren 2001.

Analysen bekrefter det generelle bildet fra **Figur 9-4** med en stor gruppe med moderate klorofyllverdier, en mindre gruppe (Moss, Sandebukta og Filtvedt) med tilstandsklasse "III – Mindre god" og tre stasjoner i Hvalerområdet (R-5 i Ringdalsfjorden og S6/S9 i Singlefjorden) som alle skiller seg ut med relativt høye klorofyllverdier gjennom sommeren spesielt i august og september. Hvalerstasjonene Ø-1 og I-1 er begge gruppert i hovedgruppen.

9.3 Kvantitativt viktige oppblomstringer.

I beskrivelsen av observasjonene er det nevnt en rekke alger som er observert i høye konsentrasjoner. Den mest markerte algen i denne sammenhengen var kiselalgen *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. Den hadde en svært kraftig og langvarig oppblomstring som dekket hele sommerperioden fra begynnelsen av juni til utpå høsten og som etterhvert dekket hele det undersøkte området med unntak av de indre delene av Drammensfjorden. De kvantitative resultatene er vist i **Tabell 9-3**. Oppblomstringen hadde følgende hovedtrekk:

- Oppblomstringen hadde en varighet på over fem måneder.
- Den startet og utviklet seg videre i de åpne, sentrale delene av fjorden og hadde den mest massive forekomsten i Breidangen og tilgrensende områder rundt midten av september.

TEKNISK RAPPORT

- Den ser ut til å ha vært kraftigere på vestsiden enn på østsiden av fjorden (men forskjellene var ikke store).
- Den spredte seg inn utenfra og gradvis lenger inn i Østfold i løpet av august-september.
- Den spredte seg sørover i Vestfold til Larviksfjorden i september og ble en del av en større oppblomstring som strakte seg vestover på Sørlandskysten.

Tabell 9-3 Forekomsten av *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* i ytre Oslofjord i 2001 (celler/L x 1000) (- = <10).

Stasjon	5-6.6	25-27.6	16-18.7	29.7-1.8	21-24.8	15-19.9	21.10
OF-1	90	270	280	520	40	2060	
OF-2	-	460	290	410	250	2120	
OF-4	80	30	190	560	630	1940	
OF-5	20	60	90	990	2180	4530	
OF-7	-	-	170	1430	1350	3080	
D-1	-	20	470	310	1770	2230	
D-2	-	-	-	-	-	-	
D-3	-	-	-	-	-	-	
RA-1	-	340	<10	590	1820	810	
KF-1	120	80	50	590	1880	190	
LA-1	-	80	-	-	640	2430	
SF-1	-	60	280	100	420	1720	
TØ-1	240	40	40	370	720	2300	
TØ-2	80	260	60	30	1980	3110	
HO-1	-	-	310	1130	1480	4030	
SA-1	20	-	410	530	2960	2900	
MO-1	20	-	340	110	1150	1460	
MO-2	-	-	260	300	1780	2400	
Ø-1	20	80	-	260	1250	570	790
I-1	20	100	-	270	140	160	
S-9	-	140	-	150	750	3960	610
S-6	-	10	-	-	970	1600	730
R-5	-	20	-	-	50	70	<10

Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima er ikke nevnt blant OSPARCOM's indikatorarter, men dette bør tas opp til ny vurdering, i og med at den er potensielt toksinproduserende. En rekke oppblomstringer er tidligere observert i Oslofjordområdet og flere steder langs norskekysten. Forekomsten i Oslofjorden i 2001 tyder på at *Pseudo-nitzschia* hadde bedre vekstvilkår i de sentrale delene av fjorden enn i innenskjærs områder. Hvorvidt dette skyldes næringssaltforholdene eller andre økologiske forhold, er foreløpig ukjent.

Oppblomstringen av *Cyclotella caspia* hadde sitt utspring i innenskjærs områder i Østfold, slik det er kjent fra flere oppblomstringer tidligere. Observasjonene gjennom sommerperioden er vist i **Tabell 9-4**. Denne oppblomstringen hadde et annet forløp enn det som er beskrevet ovenfor for *Pseudo-nitzschia*.

- Oppblomstringen hadde en varighet på to måneder i juni-juli og en svak sekundæroppblomstring i september.

TEKNISK RAPPORT

- Den hadde et kjerneområde i de innerste farvannene i Østfold med den største bestanden i Ringdalsfjorden/Iddefjorden.
- Den spredte seg til de midtre delene av hovedfjorden, men gjorde seg lite gjeldende på vestsiden av fjorden sør for Horten.

Cyclotella caspia er ikke nevnt blant indikatorartene av OSPARCOM. Dette er primært en brakkvannsart, antagelig med innenskjærs områder i Østfold som kjerneområde i Norge. Det er rimelig å anta at utviklingen av store bestander i dette området i sommerperioden har sammenheng med næringstilførsel til brakkvannslaget fra land.

Tabell 9-4 Forekomsten av kiselalgen *Cyclotella caspia* i ytre Oslofjord i 2001. (Celler/L x 1000) (- = <10).

Stasjon	5-6.6	25-27.6	16-18.7	29.7-1.8	21-24.8	15-19.9	21.10
OF-1		40	280	790	-	60	
OF-2		50	490	580	-	-	
OF-4		20	710	280	-	-	
OF-5		90	880	670	-	50	
OF-7		-	430	240	-	90	
D-1		-	-	190	-	-	
D-2		-	-	20	-	-	
D-3		-	-	-	-	-	
RA-1		-	590	810	-	-	
KF-1		30	270	910	-	-	
LA-1		-	-	-	-	-	
SF-1		-	30	30	-	20	
TØ-1		-	40	-	-	-	
TØ-2		-	80	20	-	-	
HO-1		-	810	840	-	90	
SA-1		30	590	810	-	-	
MO-1		-	350	140	-	20	
MO-2		50	410	360	-	30	
Ø-1		-	290	840	-	-	-
I-1		40	630	480	-	-	
S-9	20	290	2640	1890	-	30	-
S-6		180	3860	3850	-	220	-
R-5		260	3900	11500	90	230	-

Oppblomstringen av den relativt store kiselalgen (overveiende store celler i denne oppblomstringen) *Dactyliosolen fragilissimus* (tidligere navn *Rhizosolenia fragilissima*) var en mer klassisk algeoppblomstring, med varighet på vel en måneds tid fra slutten av juni til begynnelsen av august, med maksimum litt senere enn *Cyclotella* og hovedtyngden i de åpne delene av fjorden. Forekomstene er vist i **Tabell 9-5**. I likhet med *Pseudo-nitzschia* ser det ut til at Breiangelområdet og tilgrensende områder hadde de største bestandene.

Dactyliosolen fragilissimus er relativt vanlig i norske kystfarvann om sommeren, ofte i oppblomstringskonsentrasjoner. OSPAR har ikke denne arten på listen over indikatorarter, og med den registrerte utbredelsen i Oslofjorden i kan vi regne dette som en vanlig kystoppblomstring. Imidlertid er den observerte forekomsten, sammen med forekomsten av en rekke andre arter som hadde mer moderate

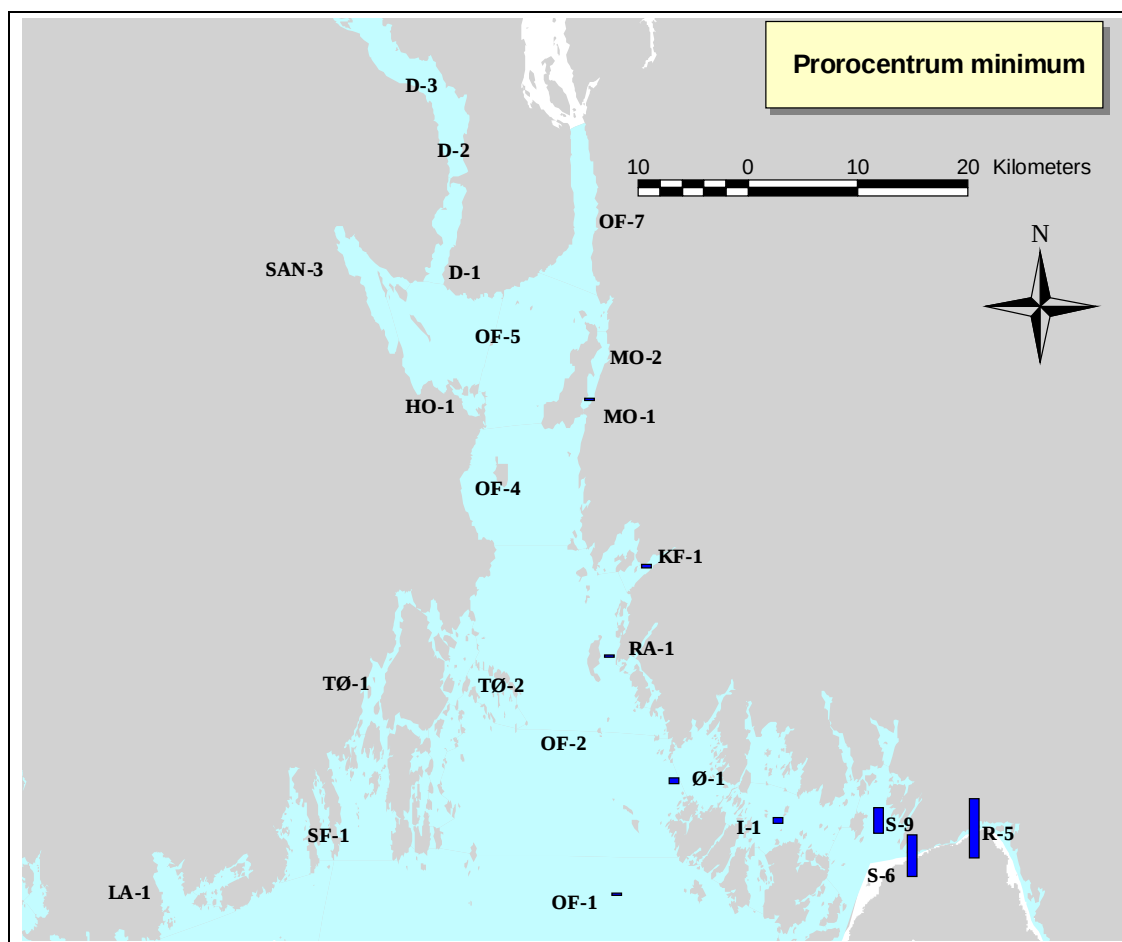
TEKNISK RAPPORT

oppblomstringer, en indikasjon på at vekstbetingelsene i Breiangenområdet er gunstige for en rekke kiselalger.

Tabell 9-5 Forekomsten av kiselalgen *Dactyliosolen fragilissimus* i ytre Oslofjord i 2001. (Celler/L x 1000) (- = <10)

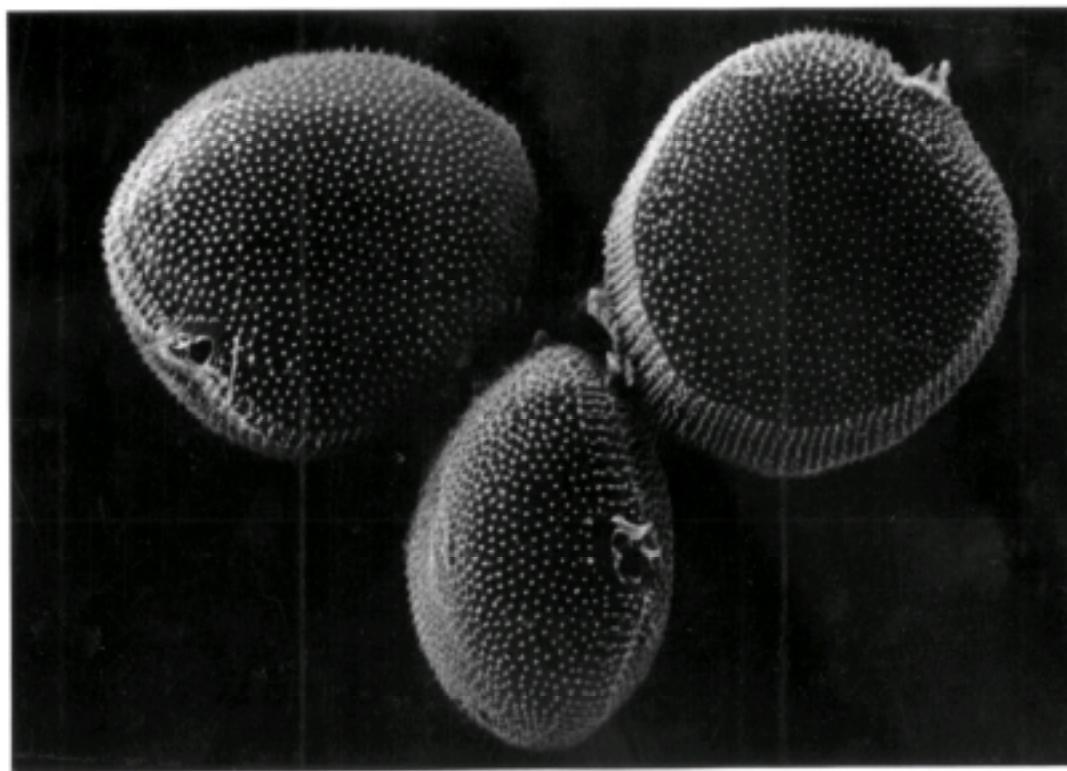
Stasjon	5-6.6	25-27.6	16-18.7	29.7-1.8	21-24.8	15-19.9	21.10
OF-1	-	30	310	40	-	-	
OF-2	-	90	580	50	-	-	
OF-4	-	-	770	80	-	-	
OF-5	-	-	570	130	-	-	
OF-7	-	-	910	410	30	-	
D-1	-	10	780	30	-	-	
D-2	-	-	-	-	-	-	
D-3	-	-	-	-	-	-	
RA-1	-	-	360	-	20	10	
KF-1	-	30	140	40	20	-	
LA-1		-	-	-	-	-	
SF-1	10	50	-	20	-	-	
TØ-1	10	90	20	20	-	-	
TØ-2	-	60	340	20	20	-	
HO-1	-	20	430	80	-	-	
SA-1	-	-	410	140	-	-	
MO-1	-	-	770	110	-	-	
MO-2	-	10	480	90	-	-	
Ø-1	-	-	-	70	40	-	-
I-1	-	-	-	20	-	-	
S-9	-	10	-	10	-	-	-
S-6	-	10	-	50	-	-	-
R-5	-	-	-	-	-	-	-

To dinoflagellater, *Prorocentrum minimum* og *Ceratium furca*, hadde markerte oppblomstringer i ytre Oslofjord i 2001. Forekomsten av *Ceratium furca* kan vi regne som en del av en større oppblomstring langs Skagerrak-kysten og delvis på Vestlandet. Det har enkelte år vært tilsvarende oppblomstringer i hovedfjorden, og dannelse av rødlig misfarging av sjøen er typisk. *Prorocentrum minimum* er en karakterart for ytre Oslofjord, spesielt Østfold. Utbredelsen av *Prorocentrum minimum* da oppblomstringen var på maksimum, er vist i **Figur 9-6**. Sammen med oversikten over tidsutviklingen (Tabell 7) viser dette klart at denne arten er knyttet til Østfold som kjerneområde.



Figur 9-6 Utbredelsen av dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* i ytre Oslofjord 29. juli – 1. august 2001 da oppblomstringen var på topp. Søylen på R-5 tilsvarer 2 mill celler/L. Lineær skala.

Prorocentrum minimum ble første gang dokumentert i Nord-Europa under en massiv oppblomstring på begge sider av ytre Oslofjord i 1979 (Tangen 1980). Åpenbart har denne arten funnet en økologisk nisje i Oslofjorden. Etter 1979 har det nærmest årvisst vært store oppblomstringer i det samme området og i indre fjord i begynnelsen av 1980-årene. Oppblomstringene strekker seg ut i de åpne områdene av fjorden, men konsentrasjonene, f.eks. ved Torbjørnskjær, har aldri nådd opp i maksimumskonsentrasjonene innenskjærs. Forekomsten har spredt seg fra dette kjerneområdet til Kattegat og inn i Østersjøen. Typisk er oppblomstringene knyttet til overflatelaget og forårsaker grumset sjø med dårlig sikt og gulbrun misfarging. De aller største konsentrasjonene som kan bli på flere hundre millioner celler per liter vann, har vært observert i indre Oslofjord og innenskjærs i Østfold og sjeldnere i Vestfold. I global målestokk danner *Prorocentrum minimum* tilsvarende oppblomstringer på østkysten av USA, spesielt i estuarområder (f.eks. Chesapeake Bay og Long Island) og i en rekke skjermede lokaliteter i Japan, langs den bulgarske Svartehavskyst og den franske Middelhavskyst. Karakteristisk for arten er at oppblomstringene finner sted i overflatelaget i lagdelte vannmasser der det er rik tilgang på næringssalter over sprangskiktet. *Prorocentrum*-arter er nevnt som indikatorer på eutrofiering av OSPARCOM's eutrofikomite.



Figur 9-7 Elektronmikroskopbilde av tre celler av *Prorocentrum minimum* fra den første oppblomstringen i Norge (Sponvika i Østfold) i 1979.

TEKNISK RAPPORT

Tabell 9-6 Forekomsten av dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* i ytre Oslofjord i 2001 (celler/L x 1000) (- betyr < 10000/L).

Stasjon	5-6.6	25-27.6	16-18.7	29.7-1.8	21-24.8	15-19.9	21.10
OF-1	-	-	-	10	-	-	
OF-2	10	-	-	-	-	-	
OF-4	-	-	-	-	-	-	
OF-5	-	-	-	-	-	-	
OF-7	-	-	-	-	-	-	
D-1	-	-	-	-	-	-	
D-2	-	-	-	-	-	-	
D-3	-	-	-	-	-	-	
RA-1	-	-	-	10	-	-	
KF-1	-	-	-	20	10	-	
LA-1	-	-	-	-	-	-	
SF-1	-	-	-	-	-	-	
TØ-1	-	-	-	-	20	-	
TØ-2	-	-	-	-	10	-	
HO-1	-	-	-	-	-	-	
SA-1	-	-	-	-	-	-	
MO-1	-	-	-	10	20	-	
MO-2	-	-	-	-	-	-	
Ø-1	-	-	-	90	20	-	40
I-1	-	-	-	90	20	-	
S-9	-	-	90	830	540	30	-
S-6	-	-	80	1440	1380	60	230
R-5	-	-	80	2080	1460	350	380

9.4 Forekomsten av enkelte indikatorarter.

Nedenfor har vi kommentert forekomsten i ytre Oslofjord av arter som OSPAR/EUC har nevnt spesielt som eutrofieringsindikatorer og relatert dette summarisk til kjennskapen vi har til disse artene i norske farvann.

- ***Alexandrium* spp.** Dette er dinoflagellater som produserer toksiner i PSP-komplekset og som har vært årsak til sterkt giftige blåskjell i Oslofjorden. OSPAR/EUC nevner at forekomsten kan være knyttet til tilførsler av næringssalter. Det er usikkert om dette gjelder norske farvann. Her har det vært store oppblomstringer og en rekke forekomster helt nordover til Varangerfjorden på lokaliteter som ikke kan settes i forbindelse med eutrofiering, men oppblomstringer er også observert i eutrofierte områder, for eksempel Nordåsvannet i Bergen og indre Oslofjord på 1970-tallet.

I 2001 ble *Alexandrium tamarense* og *Alexandrium minutum* observert i sporkonsentrasjoner både innenskjærs og i de åpne delene av fjorden om sommeren og høsten. *Alexandrium ostenfeldii* ble observert i noen vårprøver (håvtrekk).

TEKNISK RAPPORT

- ***Dinophysis* spp.** produserer toksiner i DSP-komplekset. Flere arter er vanlige i ytre Oslofjord og tilgrensende havområder og har vært årsak til giftige blåskjell. OSPAR/EUC nevner denne slekten blant indikatorene, uten å begrunne det med tilknytning til eutrofiering. *Dinophysis* er en naturlig komponent av planktonsamfunnet langs norskekysten med større forekomst i Sør-Norge enn i Nord-Norge. Oppblomstringer har vært knyttet til spesielle hydrografiske forhold og sprangsjiktet (skillet mellom overflatelaget og det egentlige fjordvannet under dette).

I 2001 var det påvisning av moderate bestander gjennom hele året, og tidvis var det tilnærmet dominans i håvtrekkprøver, spesielt i innskjærs farvann på begge sider av fjorden, men nesten ikke i indre Drammensfjord. De vanligste artene var *D. norvegica* og *D. acuta*, men også *D. acuminata*, *D. rotundata* og *D. skagii* ble observert. Forekomsten av disse algene har ført til problemer med produksjon av blåskjell for salg i Østfold i 2001.

- ***Chrysochromulina polylepis*.** Denne flagellaten hadde en massiv oppblomstring i 1988 i Skagerrak-Kattegat, også de vestre delene av ytre Oslofjord (Færder), men i mindre grad de østre delene (Hvaler). Den forårsaket omfattende fiskedød og økosystemskader til tross for at biomassen var liten. Det har senere vært oppblomstringer i indre Skagerrak og påvisninger i ytre Oslofjord uten at det har vært observasjoner av skadelige effekter.

Chrysochromulina er vanskelig eller nærmest umulig å identifisere med sikkerhet i fiksert materiale som analyseres i lysmikroskop. *Chrysochromulina*-celler blir derfor rutinemessig inkludert i sekkeposten "Flagellater og monader indet." Analyser av levende prøver fra Torbjørnskjær og Singlefjorden (innsamlet i annen sammenheng av Oceanor) viste at *Chrysochromulina* var tilstede i enkelte prøver gjennom sommerperioden, men ble aldri observert i store bestander. OSPAR/EUC gjengir en del synspunkter på forekomsten av denne arten i forhold til eutrofiering og spesielle næringssaltforhold.

- ***Karenia mikimotoi*.** Denne arten (tidligere kalt *Gyrodinium aureolum*) opptrer vanligvis i august-oktober. Regionale oppblomstringer har forekommet i 1966, 1976, 1981, 1982, 1985, 1988 og 1990, 1991, 1992, 1993 og 1994, mest utbredt på strekningen Oslofjorden-Rogaland. Den har også opptrådt hyppig i vestre deler av Den Engelske Kanal. Utgangsbestander synes å oppstå i åpent farvann i spranglaget. *Karenia mikimotoi* er godt tilpasset denne nisjen. Den vokser relativt sent og er lite populær som næring for beitende dyreplankton. Algene konsentreres ved kysten. De opptrer ofte i store mengder i overflaten ved pålandsvind. Lokal oppstuvning av algen skyldes en kombinasjon av nedstrøm ved land og algens vandring mot lyset. Ved større opphopninger kan de trolig skygge for seg selv og derved søke mot overflaten. Mye nedbør og avrenning gir markerte skift av brakkvann hvor algen kan opptre særlig tett. Det er uavklart hvor viktig nedbør og avrenning er som næringskilder, men for en større oppblomstring langs kysten i 1981 ble havet selv funnet å være viktigste nitrogenkilde (Dahl & al. 1987). Betydningen av balansen mellom nitrogen og fosfor for slike oppblomstringer og deres giftighet er ikke avklart. Oppblomstringene langs vår kyst er neppe spesielt knyttet til lokale næringssalttilførsler, men en større oppblomstring av *Karenia* i et området vil effektivt utnytte alle næringssalter den kommer i kontakt med. Forekomstene i ytre Oslofjord har først og fremst hatt sammenheng med større oppblomstringer, som har gått langs hele kysten av Skagerrak. Oppblomstringene har avtatt litt i styrke innover i fjorden. Dog er det eksempler på lokale oppblomstringer i indre Oslofjord. Unntaksvis har *Karenia* vært årsak til fiskedød i ytre Oslofjord. De store oppblomstringene i Norge, med unntak av oppblomstringer i indre Oslofjord, er neppe knyttet til lokale næringssalttilførsler, men er et regionalt fenomen. En oppblomstring vil effektivt utnytte alle næringssalter den kommer i kontakt med og dermed kunne øke algemengdene lokalt. I de senere

TEKNISK RAPPORT

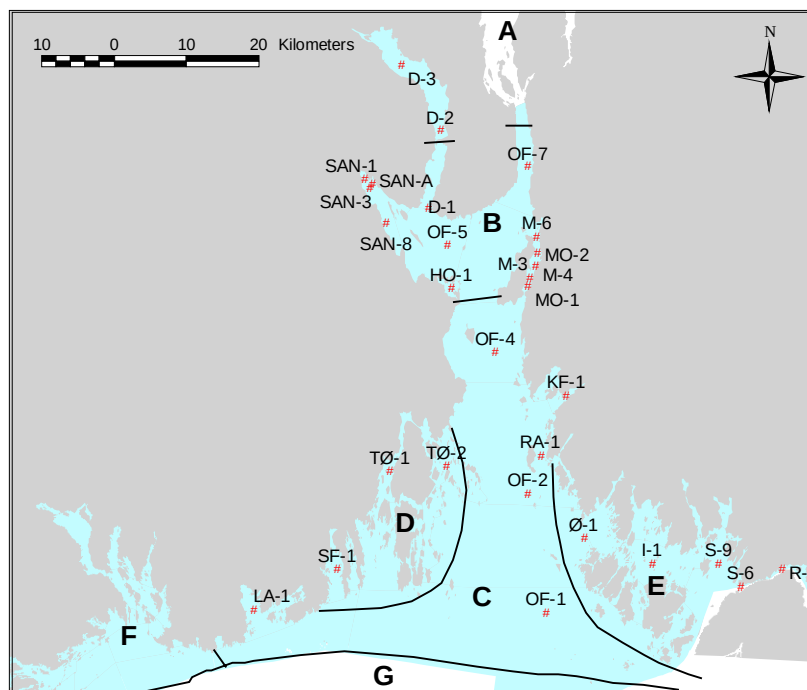
årene er det observert moderate oppblomstringer av *Karenia* mange steder langs kysten, også i Nord-Norge.

Forekomstene var små i 2001, men arten ble observert i Oslofjorden, både innenskjærs i Østfold og utenskjærs i hovedvannmassene. OSPAR/EUC har ikke relatert denne arten til lokale eutrofi-forhold, men setter forekomstene i forbindelse med mer storstilte endringer i næringssaltforholdene.

- ***Prorocentrum minimum***. Denne arten er omtalt ovenfor (9.3 s. 49).
- Av øvrige arter nevnt av OSPAR/EUC ble det observert sporbestander av *Noctiluca scintillans*. Dette er en stor heterotrof dinoflagellat som hos oss er den klassiske morild-organismen. Enkelte år danner den masseforekomster og flak av tomatsuppefarget sjø i Skagerrak, som også kan nå inn til ytre Oslofjord.

9.5 Geografiske forskjeller i planktonalgeforekomstene – regional inndeling

Situasjonen i 2001, slik den er dokumentert ovenfor, gir grunnlag for å dele inn Oslofjorden i fjordavsnitt som hvert enkelt har særtrekk som har sammenheng med planktonalgeforekomstene. Avgrensingen av fjordavsnittene er også kommentert nedenfor i forhold til tidligere undersøkelser og inndelingen som ble gjort i forbindelse med SFT's ekspertgruppes utredning av eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord (se Figur 9-8).



Figur 9-8 Inndeling av Oslofjorden i avsnitt, basert på forskjeller i forekomsten av planktonalger og deres vekstbetingelser (fra Oceanor, 1995). Stasjoner benyttet overvåkingen av planktonalger i 2001 er indikert med rødt punkt.

TEKNISK RAPPORT

Avsnitt A. Indre fjord fra Drøbaksundet og innover.

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

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

Allerede Braarud & Bursa (1939) relaterte høye konsentrasjoner av *Skeletonema costatum* i dette avsnittet i 1933-34 til effekten av kloakkutslipp, men utslagene var mindre enn i 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 (*Pseudonitzschia*, *Dactyliosolen*) i 2001 indikerer 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.

Avsnitt B2. Drammensfjorden innenfor Svelvikterskelen.

Algematerialet fra dette kystavsnittet er forholdsvis sparsomt, men resultatene fra 2001 bekrefter mye av informasjonen fra undersøkelser på 1950-tallet (Braarud & Hasle 1958). Det er generelt dominans av brakkvannsarter som *Diatoma elongatum* og flagellater (f.eks. *Dinobryon*). Det var ingen indikasjoner i 2001 på unormalt store algeforekomster som kan relateres til eutrofiering. Imidlertid var det tidvis høyere klorofyllkonsentrasjoner enn algedataene skulle tilsi. Dette kan ha sammenheng med innsamlingsmetodikken ved at prøvesettene representerer noe forskjellig dybdeintervall.

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 nitzschoides*) 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 viste også i 2001 at det periodevis kan være relativt store bestander i de åpne delene av fjorden av arter som samtidig har oppblomstringer i innenskjærs farvann i Østfold (eller Vestfold) (f. eks. *Cyclotella caspia*, *Prorocentrum minimum*), og dette avsnittet er som regel en del av oppblomstringsområdet for store oppblomstringer av *Karenia mikimotoi* som har utgangspunkt i Skagerrak.

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 2001 synes å være det eneste algemateriale av noe omfang fra dette området, og flere års

TEKNISK RAPPORT

undersøkelser bør foreligge før en ser om det er grunnlag for å dele inn området i mindre avsnitt. Det synes likevel å være klart at det er et skille et sted mellom Sandefjord og Larvik, med gjennomgående mindre algeforekomster i Larviksfjorden enn i områdene lenger nord.

Avsnitt E. Innenskjærs områder og skjærgården i Østfold.

Dette avsnittet ble ikke inkludert i undersøkelsene i 1970-årene, men resultatene fra senere undersøkelser og det omfattende materialet fra 1990-årene som er referert ovenfor, viser at dette avsnittet skiller seg markert ut som den delen av ytre Oslofjord som har de gjennomgående største planktonalgebestandene. Dette ble bekreftet av resultatene fra 2001. 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. Høsten 1995 har det vært en massiv oppblomstring av den store dinoflagellaten *Ceratium furca* med misfarget sjø begrenset til dette avsnittet og avsnitt D. Resultatene fra 2001 tyder på at Ringdalsfjorden/Iddefjorden har en annen algestatus enn Singlefjorden, og at nærområdet til Glommas utløp også skiller seg ut.

9.6 Foreløpige konklusjoner - algesamfunn

Planktonalgeforekomstene i ytre Oslofjord er beskrevet på grunnlag av et relativt omfattende materiale fra 2001 og resultater som har vært tilgjengelige fra tidligere undersøkelser. Fjorden er inndelt i avsnitt som hvert enkelt har særtrekk som har betydning for algevekst. Avsnittet som omfatter innenskjærs områder og skjærgården i Østfold skiller seg ut ved å ha gjennomsnittlig betydelig høyere konsentrasjoner av kiselalger enn de andre avsnittene. 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 enn områdene lenger sør. 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 Vestfold, 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* som globalt sett er kjent for å ha oppblomstringer i eutrofierte brakkvannsområder.

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.

Anon, 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold 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.

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

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.

TEKNISK RAPPORT

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

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

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

Magnusson, J. & K. Sørensen, 1996. Overvåkning 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, vannutskiftning og hydrokjemi. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 170/84.

Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Del I, Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill A/S. Del II: Marinbiologiske undersøkelser. Rapport nr. P82-020.

Miljøplan, 1984. Forurensningssituasjonen i Sandefjordsfjorden og Mefjorden belyst gjennom forekomst av fastsittende alger. Fremdriftsrapport 1977 – 1983.

Miljøplan, 1990. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Miljøplan rapport.

NIVA 1971. Forurensningsproblemene i Sandebukta. Rapport 59/69.

NIVA, 1978. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i juli 1978. Rapport nr. 1. O-74095.

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

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

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

NIVA, 1997. Vannutskiftning og næringssaltbudsjetter i ytre Oslofjord. NIVA Rapport LNR. 3593-97.

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

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, 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

SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03.

TEKNISK RAPPORT

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

- o0o -

APPENDIKS

A

SFT TILSTANDSKLASSER

- o0o -