OVERVÅKING AV EUTROFITILSTANDEN I YTRE OSLOFJORD

SAMLERAPPORT 2002

RAPPORT NR. 2003-0441

REVISJON NR. 01

DET NORSKE VERITAS

DET NORSKE VERITAS

SAMLERAPPORT 2002

Dato for første utgivelse: 2002-06-18	Prosjekt nr.: 59000343
Godkjent av: Odd Reidar Humlegård DNV Consulting	Organisasjonsenhet: DNV Consulting Service Area SHE Management
Oppdragsgiver: Fagråd for Ytre Oslofjord / Statens forurensningstilsyn	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen / Tor Johannessen

DET NORSKE VERITAS AS
DNV Consulting
SA SHE Management

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

Sammendrag:

Fagråd for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord. Overvåkingen startet i 2001 og programmet er planlagt videreført i første omgang til år 2005. Programmet omfatter vannkvalitet, gruntvannssamfunn og bløtbunnsfauna. Denne rapporten omhandler alle temaene for 2002.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden. Sjøområdene i Grenland ble inkludert i overvåkingen i 2002.

Undersøkelsene av *vannkvalitet* gikk over hele året, men med ulik intensitet i delområder. Totalt 29 stasjoner fordelt over hele området ble besøkt i sommersesongen. Hydrografi, næringssalter, oksygen, klorofyll og algeplankton inngikk som parametere. Generelt framsto tilstanden i hovedfjorden som meget god til mindre god i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det ble observert noe økt eutrofiering innover i fjorden og spesielt i lokale mer innelukkede fjordavsnitt.

25 *gruntvannsstasjoner* ble undersøkt i 2002 hvorav 12 var de samme som i 2001. Årets undersøkelse benyttet ruteanalyser i fjæra i to nivåer.

Bløtbunnsfaunaen ble undersøkt på 11 stasjoner fordelt på de største bassengene i fjorden. Drammensfjorden ble ikke undersøkt fordi denne er oksygenfri.

Generelt framsto tilstanden i hovedfjorden som meget god til god i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det ble observert noe økt eutrofiering innover i fjorden. En del av de lokale områdene bar preg av ulike indikatorer for eutrofiering.

Rapport nr.: 2003-0441	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Samlerapport 2002		
Utført av: Egil Dragsund, Karl Tangen, Tor Jensen, Ole Ø. Aspholm		
Verifisert av: Sam-Arne Nøland		
Dato for denne revisjon: 2002-06-18	Rev. nr.: 01	Antall sider: 8

Indekseringstermer

Eutrofiering
Vannkvalitet
Bunnfauna
Gruntvann

☒ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år

☐ Strengt konfidensiell

☐ Fri distribusjon

Innholdsfortegnelse *Side*

1 SAMMENDRAG 1

2 LOKALE OMRÅDER 4
2.1 Drammensfjorden 5
2.2 Sandebukta 6
2.3 Horten (Indre havn) 6
2.4 Vestfjorden ved Tønsberg 7
2.5 Nøtterøy – Tjøme skjærgården 8
2.6 Sandefjord 8
2.7 Larvik 9
2.8 Grenland 9
2.9 Mossesundet 10
2.10 Krokstadfjorden 11
2.11 Hvaler – Singlefjorden 11
2.12 Ringdalsfjorden 12

3 INNLEDNING 14

4 TILFØRSLER 16

5 VANNKVALITET 18
5.1 Hydrografi - utskiftning av bassengvann 19
5.2 Oksygenforhold 21
5.2.1 Oksygenutviklingen over året 21
5.2.2 Oksygenminimum bunnvann - tilstandsklassifisering 23
5.2.3 Oksygen i vannsøylen 24
5.3 Næringssalter 25
5.3.1 Nitrat 25
5.3.2 Total-nitrogen 26
5.3.3 Fosfat 26
5.3.4 Total fosfor 27
5.3.5 N/P forhold 27
5.4 Siktedyp 29
5.5 Planktonalger 29
5.5.1 Planktonalgebiomasse 30
5.5.2 Algesituasjonen i 2002 31

6 GRUNTVANNSSAMFUNN 34
6.1 Generelt 34

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

6.2 Observasjoner 2002 35
6.3 Samlet vurdering 39

7 BLØTBUNNSFAUNA.....40
7.1 Stasjoner 40
7.2 Sedimentkarakteristika og innhold av organisk materiale 40
7.3 Diversitet og dominans 41
7.4 Sammenligning med tidligere års undersøkelser 43
7.5 Likhetsanalyser 44
7.6 Samlet vurdering 46

8 REFERANSER.....47

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

1 SAMMENDRAG

På oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn ble det gjennomført en overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord for år 2002. Programmet er planlagt videreført i første omgang fram til 2005. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden.

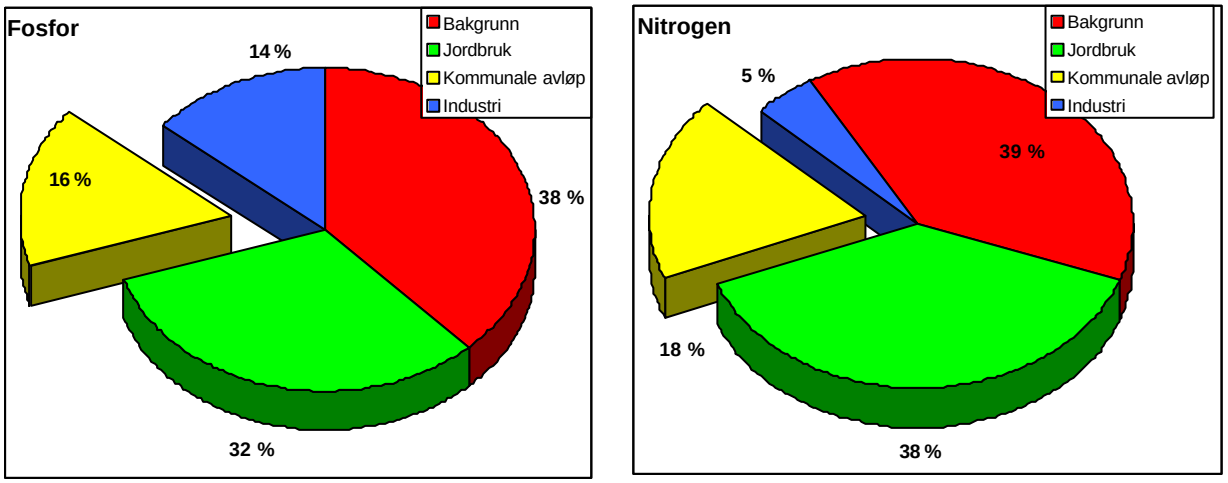
Programmet omfatter:

- Innhenting av tilførselsdata
- Vannkvalitet
- Gruntvannssamfunn
- Bløtbunnsfauna

Eutrofiering skyldes økte tilførsler av næringssalter og organisk materiale. Generelle primæreffekter har vært beskrevet som økt primærproduksjon og økt sedimentasjon av organisk materiale til dypere vannlag og sediment. Dette har igjen ført til endret bløtbunnsfauna med først økende diversitet ved moderat belastning og deretter redusert ved ytterligere økning. Oksygenmetningen i vannmassene er redusert særlig ved sprangsjiktet og ved bunnen. Biomassen av bunnlevende alger kan øke og andelen av ettårige opportunistiske alger, spesielt grønnalger, kan øke i forekomst. Økte mengder av algeplankton kan gi skyggeeffekter og redusert voksedyp for bentiske alger.

Imidlertid har det vært dokumentert at områder med store tilførsler av næringssalter ikke alltid reflekterer dette generelle bildet. Blant annet har det vært hevdet at store mengder blåskjell har filtrert ut algeplankton slik at en ikke har kunnet påvise økte klorofyllmengder eller økt organisk belastning av dypvannet og sedimentet. Ytre Oslofjord er sammensatt av en rekke lokale resipienter hvor tilførsler og tilstand varierer og en hovedfjord inndelt i bassenger med mer homogene forhold.

Tilførselskildene for næringssalter og organisk stoff til Ytre Oslofjord er lokale (bakgrunnsavrenning, landbruk, industri, kommunale) og langtransporterte (atmosfæren og havstrømmer). I årets undersøkelse er de lokale kartlagt. I følge TEOTIL beregninger fordeler de totale tilførslene seg som vist i figuren under. Totalt utgjør de lokale kildene 20.000 – 30.000 tonn nitrogen og 500 – 1500 tonn fosfor.



Figur 1-1 *Fordelingen av de lokale tilførslene på fire kildetyper.*

Tilførslene har blitt redusert de siste 20 årene som følge av rensetiltak i kommunene og industrien. De største enkeltkildene er de store elvene.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Generelt fremstår Ytre Oslofjord som lite til moderat eutrofiert med økende eutrofiering innover i fjorden og i de lokale resipientene (*Tabell 1-1*).

Tabell 1-1 *Klassifisering av tilstanden til stasjoner basert på kriterier i SFT veiledning 97:03. For næringssalt og klorofyll er benyttet medianverdier fra 2 m dyp for sommersesongen. Klassifiseringen av næringssalter er vurdert i forhold til saltholdigheten på stasjonen. For klorofyll og siktedyp er det benyttet en klassifisering i henhold til kriterier for sjøvann også når psu<20. En del bløtbunnsfauna data fra 2001 er benyttet.*

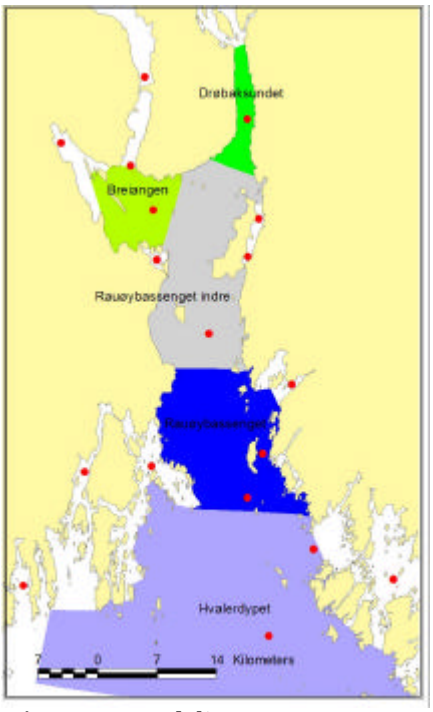
Område	Stasjon	Tot-P (µg P/l)	Tot-N (µg N/l)	Klorofyll-a (µg/l)	Siktedyp (m)	Oksygen dypvann ml/L	Bløtbunns-fauna Diversitet
Hovedfjorden	OF-1	18	276	1,8	6,8	4,6	3,1
	OF-2	19	245	2,9	4,8	5,0	4,3*
	OF-4	16	282	3	5	5,0	4,7*
	OF-5	11	257	4,85	4,3	3,6	3,7
	OF-7	16	342	3,95	4,5	4,8	4,6*
Buskerud	D-1	15,5	256	3,4	4,8	4,6	4,6*
	D-2	11	345	5,25	3,5	<1	
	D-3	12,5	368	2,5	3,3	<1	
Vestfold	SAN-3	15	276	5	4	3,9	4,3
	HO-1	17	302	4,9	4,3	<1	
	TØ-1	15	298	4,15	4,3	3,3	3,5
	TØ-2	13	308	3,35	4,5	3,6	
	SF-1	12	260	2,55	5,3	4,1	
	LA-1	17,5	266	1,95	5,8	4,9	4,8
Grenland	BC-1	9,5	382	4,45	3,8	<1	1,8
	FG-1	11	349	3,85	5	3,6	4,0
	GI-1	14	310	2,8	5,8	2,1	1,2
Østfold	MO-1	14	293	4,4	3,5	3,1	
	MO-2	21,5	312	4,95	3,8	3,6	
	KF-1	20,5	306	5,4	2,8	2,9	
	RA-1	17,5	347	4,1	4	4,7	
Hvaler - Singlefjorden	Ø-1	18	308	3,45	3,8	4,1	4,0
	I-1	13	346	3,5	3,3	2,0	4,5*
	S-6	16,5	403	8,05	3,8	4,5	
	S-9	10,0	348	5,5	4,8	3,4	
	R-5	19	462	9,7	2,3	<1	2,7

* Data fra 2001

Tilstanden i forhold til næringssaltverdier, klorfyll og siktedyp er dårligst i områder som mottar store mengder ferskvann, mens oksygenet i dypvannet og bløtbunnsfaunaen viser dårligst forhold i bassenger med begrenset vannutskiftning. Basert på innholdet av næringssalter fremstår tilstanden vinterstid i hovedfjorden som *III Mindre god* i forhold til nitrat og *I Meget god – II God* i forhold til fosfat. Det er en klar trend i økende N:P forhold innover i fjorden med tilnærmet lik 16 i ytre del som øker til vel 24 i

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Breiangen. Dette skyldes økende lokal påvirkning fra særlig Drammenselva. De ytre deler mottar både tilførsler fra Glomma og langtransportert med havstrømmer og nedbør.



Figur 1-2 *Inndeling av hovedfjorden i bassenger.*

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. Området tilføres periodevis relativt store planktonalgebestander fra indre fjord. Oppblomstringene av enkelte kiselalger i 2002 indikerer at dette er et område med gunstige forhold for algevekst. Dette kan skyldes hydrografiske forhold som tilfører overflatelaget næringssalter, i kombinasjon med tilførsler fra indre fjord, Drammensfjorden og til dels fra Glomma.

I de ytre deler er det periodevis relativt store bestander av arter som samtidig har oppblomstringer i innenskjærs farvann i Østfold (eller Vestfold), og dette avsnittet er som regel en del av oppblomstringsområdet for store oppblomstringer av dinoflagellater som har utgangspunkt i Skagerrak.

I bassengene i hovedfjorden er det stagnante vannmasser hvor utskiftning vanligvis skjer minimum en gang årlig i løpet av høsten/vinteren. Høsten 2002 var det en større utskiftning, men innstrømmende vann hadde moderat oksygenmetning. Nivået ved utgangen av 2002 var tilnærmet likt det en hadde i 2001. Hvalerbassenget og Breiangen skiller seg ut med noe redusert tilstand (*II God*) sammenlignet med de andre bassengene.

I de ytre områdene i sørvestlige deler av fjorden, fra Tønsberg til Kragerø, bærer hardbunnsamfunnet ingen tydelige preg av eutrofiering eller ferskvannspåvirkning. På østsiden kan det være tegn til effekter av eutrofiering i Hvalerområdet, men dette kan også komme av ferskvannspåvirkning. I indre del av Ytre Oslofjord forekommer tegn på eutrofiering både innerst i fjorder og lengre ute mot den åpne delen av Oslofjorden. For den fremtidige sammenlikningen av stasjoner fra år til år er det viktig å ta hensyn til at sommeren 2002 var en spesiell sommer med høye sjøvannstemperaturer over en lang periode. Dette kan virke inn på artsfordelingen i algesamfunnet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

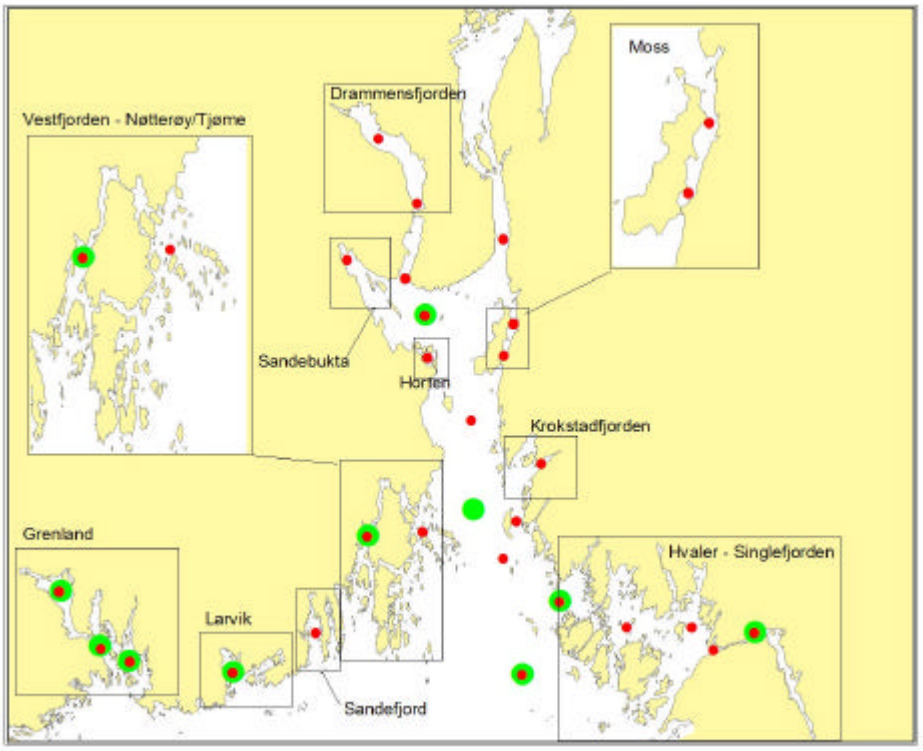
2 LOKALE OMRÅDER

Tilførselskilder, lokale tilførselsmengder og vannutskiftning varierer mellom de lokale resipientene i fjorden. Blant annet dette fører til varierende tilstand avhengig av hvilken parameter man benytter som grunnlag for vurderingen. I det følgende er det derfor forsøkt gitt en oppsummering av tilstand og tilførsler i de enkelte områder.

Inndelingen som ble benyttet i 2001 var basert på forekomst og karaktertrekk ved forekomsten av algeplankton. Den følgende inndelingen er primært basert på topografi; dvs. fjorder avstengt med terskler og/eller skjærgårdsområder avgrenset i forhold til hovedfjorden av øyer og gruntområder.

Figurene under indikerer hovedinndelingen av fjorden med i alt 12 områder:

1. Drammensfjorden. Den ytre del utenfor terskelen ved Svelvik utgjør en lokal del av Breiangen
2. Sandebukta. Denne er ikke atskilt topografisk fra Breiangen.
3. Horten (indre havn). Utgjør et lokalt basseng med svært grunne terskler.
4. Vestfjorden ved Tønsberg
5. Skjærgårdsområdet vest for Nøtterøy/Tjøme
6. Sandefjord
7. Larvik
8. Grenland
9. Mossesundet
10. Krokstadfjorden
11. Hvaler – Singlefjorden
12. Ringdalsfjorden

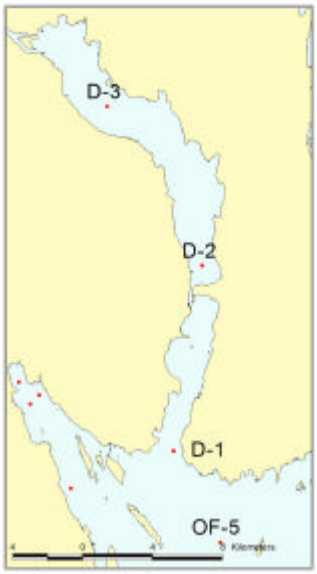


Figur 2-1 *Lokale områder av Ytre Oslofjord. Røde sirkler angir stasjoner benyttet for vannkvalitet, mens grønne angir bløtbunnsfauna stasjoner i 2002.*

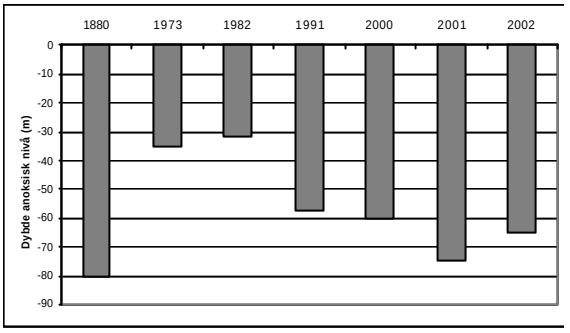
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

2.1 Drammensfjorden

Vannmassene i Drammens-fjorden er sterkt lagdelt med tilnærmet rent ferskvann i det øvre laget på grunn av Drammenselva. Dypvannet innenfor Svelvikterskelen regnes å være naturlig oksygenfritt hvor redusert belastning og/eller hyppigere vannutskiftning bare vil redusere mengde sulfid i bassengvannet. Det er foreslått å benytte dypeste observasjon av oksygenholdig vann som indikator for tilstanden til fjorden (NIVA, 2000) (se figur under, 2001 og 2002 er fra denne undersøkelsen, øvrige fra NIVA, 2000). Data fra ytre Oslofjordundersøkelsene indikerer en svak bedring fra 1991. Data fra denne undersøkelsen er fra september, mens tidligere data er fra oktober.

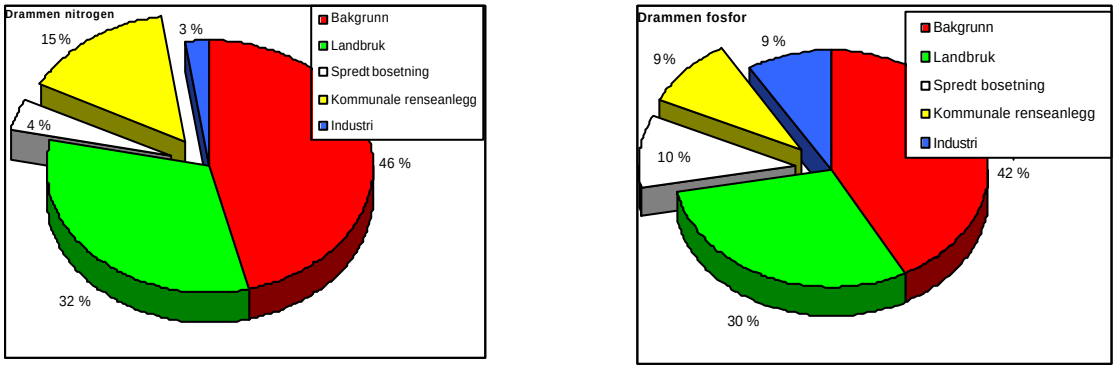


Tilstanden i overflatelaget er helt dominert av tilførslene fra Drammenselva. Siktedypet bedres utover i fjorden sannsynligvis på grunn av partikler fra elvene. Klorofyllmengden tilsvarer *II God – III Mindre god.* Algesamfunnet domineres generelt av brakkvannsarter. Til forskjell fra 2001 ble det i 2002 observert store oppblomstringer av kiselalger. Hvorvidt disse store algeforekomstene kan relateres til eutrofiering er enda uklart.



Figur 2-2 *Dypeste observerte oksygenholdig vannmasse. Historiske data referert fra NIVA (2000)*

Tilførslene til Drammensfjorden domineres fullstendig av Drammenselva. Kommunale utslipp utgjør ca. 19% både for fosfor og nitrogen.



Figur 2-3 *Bidraget fra ulike kilder til Drammensfjorden*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

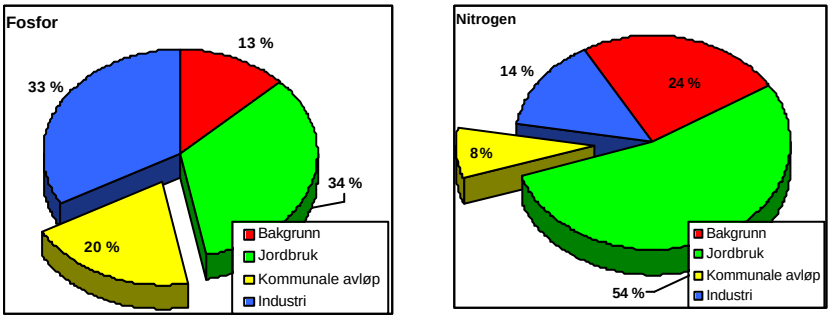
2.2 Sandebukta

Sandebukta er et åpent sjøområde uten terskler eller andre topografiske avgrensninger mot Breiangen. Dypet øker jevnt utover til ca. 80 m i ytre deler av bukta. Fordi Sandebukta mottar lokale tilførsler fra Sandeelva som preger tilstanden til området behandles den som et eget lokalt område. Oksygenforholdene i bunnvannet karakterisert generelt som *II God*. Bløtbunnsfaunaen er karakterisert som en typisk uforstyrret fjordfauna (*I Meget god*).

I tilknytning til sprangsjiktet observeres det et markert fall i oksygennivået under overflatelaget i høstmånedene både i Sandebukta og ytre Oslofjord generelt. På de indre stasjonene i Sandebukta (ved utslippet fra Sande Papermill (SPM) og utløpet fra Sandeelva) lå oksygen-nivået i gjennomsnitt vel 1 mg/l lavere enn på stasjonen i ytre del. Denne forskjellen skyldes sannsynligvis lokale tilførsler av hurtig nedbrytbart organisk materiale. Forskjellene gikk noe ned etter at SPM gikk over til returfiber som råvare (redusert utslipp av organisk materiale). Driften ved SPM er nå stoppet.

I overflatevannet kan forholdene karakteriseres som *IV Dårlig* i forhold til nitrat vinterstid. For øvrig er tilstanden *II God* til *III Mindre god*. Dette ble reflektert i N:P forholdet som var ca. 50 vinterstid. I perioder kan det opptre turbide vannmasser i overflaten. Dette skyldes sannsynligvis hovedsakelig Sandeelva. Siktedypet og klorofyll mengder ble karakterisert som *III Mindre god*.

Tilførslene av næringsaltene er dominert av Sandeelva, mens utslippet fra SPM utgjorde henholdsvis 27 og 15 %.



Figur 2-4 *Bidraget fra ulike kilder til Sandebukta*

2.3 Horten (Indre havn)

Indre havn i Horten er sannsynligvis et naturlig oksygenfritt basseng. Terskeldypet er ca 7 m og største dyp i bassenget er ca. 25m. Både i 2001 og 2002 har det vært oksygenfritt i det nederste laget på samtlige sommertokt. I 2001 var det > 1 ml O_2/L ned til 18 m i juni, ca. 12 m i juli og august, mens det kom en utskiftning i september som førte oksygenholdig vann ned til 22 m. I 2002 var det oksygenfritt fra ca. 12 – 13 m gjennom hele sommersesongen.

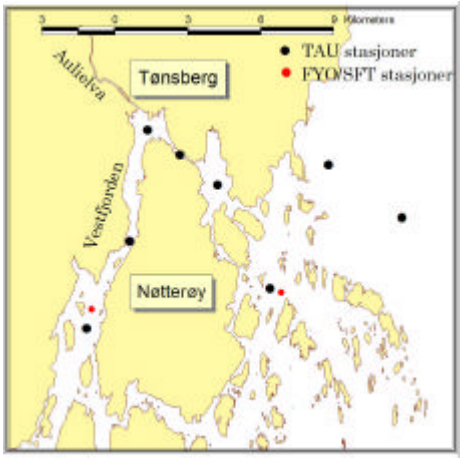
I det oksygenfrie sjiktet registreres det høye næringssaltverdier og periodevis store klorofyllmengder. Klorofyllet skyldes oppblomstring

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

av spesielle alger med høy toleranse overfor hydrogensulfid. Forholdene i overflatelaget er tilsvarende med Breiangen med siktedyp og klorofyllmengder karakterisert som, *IV Dårlig*.

Det er ikke innhentet detaljerte tilførselsdata for Horten. Tilførsler fra utenforliggende områder må antas å kunne utgjøre et vesentlig bidrag. Lokale tilførsler domineres sannsynligvis av overløp fra pumpestasjoner og lekkasjer i kloakksystemet.

2.4 Vestfjorden ved Tønsberg



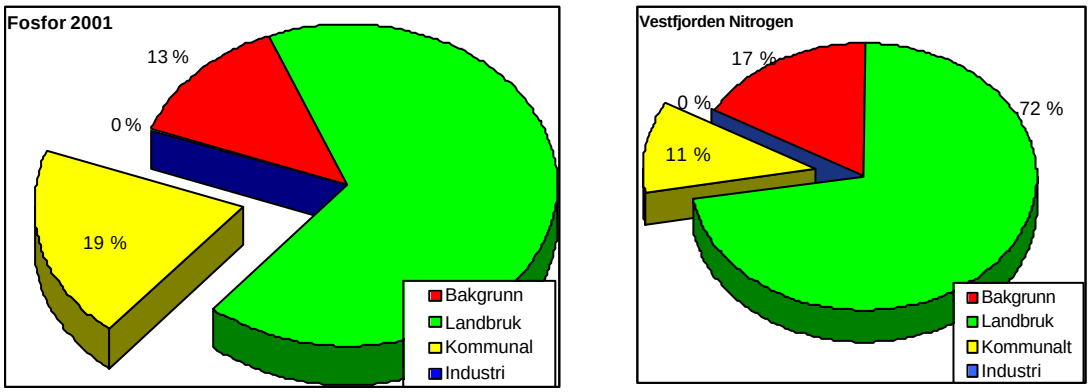
Vestfjorden er en terskelfjord med redusert oksygenverdier i bunnvannet (*III Mindre god*) og noe forstyrret bløtbunnsfauna (*II God – III Mindre god*). Overvåking utført av TAU har dokumentert en markert bedring i forhold til oksygen i perioden 1982 – 1996 basert på gjennomsnittsverdier fra sommersesongen.

I likhet med flere andre lokale resipienter som mottar store tilførsler fra elver, er oksygenverdiene i vannsøylen markert dårligere enn i bunnvannet. I september ble det observert verdier under 2 ml/L i 10 – 30 m dyp.

Næringssaltverdiene i sommerperioden tilsvarer *I Meget god – II God* og N:P forholdet var nær det normale. Siktedypet ble karakterisert som *IV Dårlig* sannsynligvis på grunn av partikkeltransport fra Aulielva. Klorofyllmengdene tilsvarer *III Mindre god*. I følge overvåkingen til TAU har konsentrasjonen gått betydelig ned i perioden 1976 – 1996.

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. Hvorvidt dette er unntakstilfeller eller om situasjonen har endret seg i de senere år, er ikke kjent. Materialet fra 2002 gir et bilde som ikke er særlig forskjellig fra observasjonene i 2001.

Det foreligger ikke tilstrekkelig detaljerte opplysninger vedrørende tilførslene til å kvantifisere disse. Basert på TEOTIL beregninger for 2001 kan man antyde en foreling på kilder som presentert i figuren under.



Figur 2-5 *Bidraget fra ulike kilder til Vestfjorden ved Tønsberg*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

2.5 Nøtterøy – Tjøme skjærgården

Området er en typisk skjærgård med en komplisert topografi med flere bassenger avgrenset av øyer, grunner og terskler med varierende dyp. Vannutskiftningen i overflatevannet synes generelt å være god. Oksygenforholdene i bunnvannet på stasjonen (TØ-2) er karakterisert som *II God*.

I vannsøylen observeres et oksygenminimum som ligger i tilsvarende nivå som i Breiangen.

Næringssaltverdien tilsvarer *I Meget god – II God* og N:P forholdet sommerstid er lavt. Siktedypet er *III Mindre god* tilsvarende hele ytre del av ytre Oslofjord. Klorofyllmengdene tilsvarer *II God*. I følge overvåkingen til TAU har næringssaltkonsentrasjonene gått betydelig ned i perioden 1976 - 1996.

Heller ikke her foreligger sammenhengende måleserier av algeplankton og tilsvarende kommentarer kan knyttes til dette som for Vestfjorden, men algesamfunnet ligner mest på de åpne områdene og er noe forskjellig fra fjordene ved Tønsberg og Sandefjord.

2.6 Sandefjord

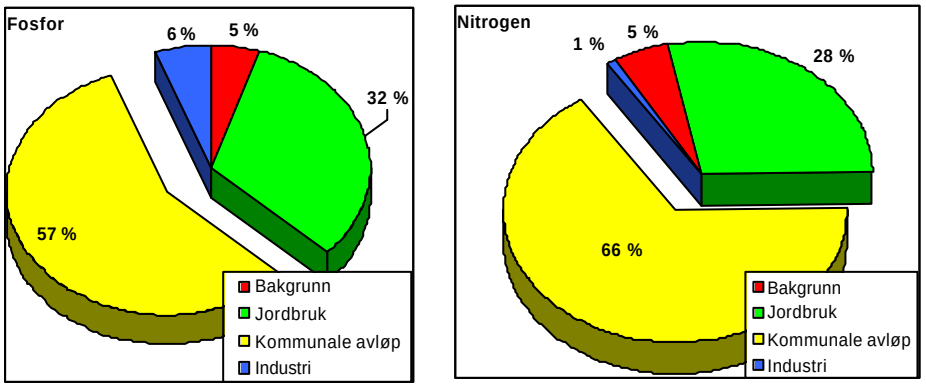
Sandefjordsfjorden er en åpen fjord uten markerte terskler. Utskiftningen er derfor relativt god i alle vannlag. Oksygenforholdene i bunnvannet er klassifisert som *II Gode*. Nivået var omtrent likt det man fant i 1997/98 (NIVA, 1998). I tidligere undersøkelser fant man redusert oksygenmetning på stasjoner i de indre områdene (havnebassenget). Undersøkelser av bløtbunnsfaunaen i samme periode (DNV, 1998) viste samme trend med økende påvirkning innover fjorden.

I likhet med de fleste stasjonene ble det også her observert et markert oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet. I september 2002 var oksygenverdien nede i ca. 3 ml/L.

Det foreligger ikke næringssaltanalyser fra vinterprøver, men sommerprøvene tilsvarer alle *I Meget god – II God*. Siktedypet var *III Mindre god* tilsvarende flertallet av stasjoner i ytre område, mens klorofyll ble karakterisert som *II God*. I 1997-98 ble tilstanden i hele fjorden karakterisert som *I Meget god – II God* i forhold til klorofyll.

Algeplanktonsamfunnet i Sandefjord var i 2001 relativt likt Larvik, men noe mer avvikende i 2002.

Ingen store elver munner ut i Sandefjordsfjorden og tilførsler av næringssalter og organisk materiale er derfor dominert av kommunale utslipp og mindre avrenning fra land hvor hovedkilden er landbruksarealer. Det er ikke innhentet detaljert informasjon for fjorden, men TEOTIL beregninger som omfatter både Mefjorden, Sandefjordsfjorden og området til og med Ula er vist i figuren under.



Figur 2-6 *Bidraget fra ulike kilder til Sandefjordsfjorden*

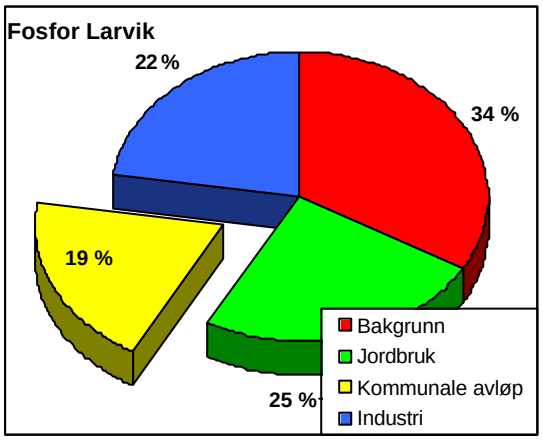
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

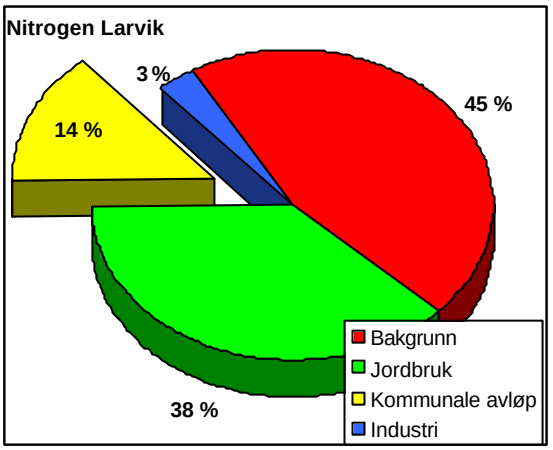
2.7 Larvik

Larvikfjorden er en åpen fjord uten terskler ut mot de ytre områdene av ytre Oslofjord. Vannutskiftningen er god i alle vannlag. Forholdene i overflatelaget særlig i indre område, er sterkt påvirket av Lågen. Stasjonen er derfor plassert noe ut i fjorden for at vurderingene skal være relevante for marine forhold.

Oksygenforholdene og bløtbunnsfaunaen er begge karakterisert som *I Meget god.* Det kan observeres et oksygenminimum ved sprangsjiktet, men dette er mindre markert enn i Breiangen og andre lokale resipienter.

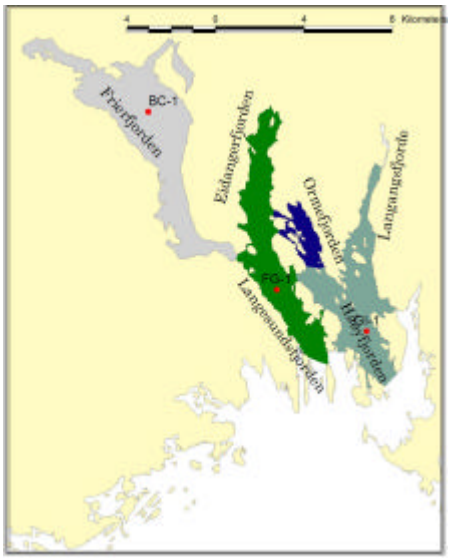
Næringssaltverdiene sommerstid tilsvarer *I Meget god – II God* og N:P forholdet er tilnærmet lik 16. Siktedypet tilsvarer også her *III Mindre god*, mens klorofyllmengdene var *I Meget god*.





Figur 2-7 *Bidraget fra ulike kilder til Larviksfjorden*

2.8 Grenland



Området er delt inn i flere terskelbassenger markert med ulik farge i kartet. Hvert av bassengene er karakterisert ved ulike utskiftningsfrekvenser av bassengvannet. Tidligere beregninger tyder på at frekvensen er 1-3 år i Frierfjorden, Ormefjorden og Håøyfjorden, mens den skjer 1-2 ganger pr år i Eidangerfjorden og Langesundsfjorden (NIVA, 1999). Dette gjenspeiles i tilstanden i forhold til oksygen i bunnvannet hvor Frierfjorden er vurdert som *V Svært dårlig*, Håøyfjorden som *IV Dårlig* og Langesundsfjorden som *II God.* Dette ble videre reflektert i bløtbunnsfaunaen hvor tilstanden ble karakterisert som henholdsvis *IV Dårlig, IV Dårlig* og *I Meget god*.

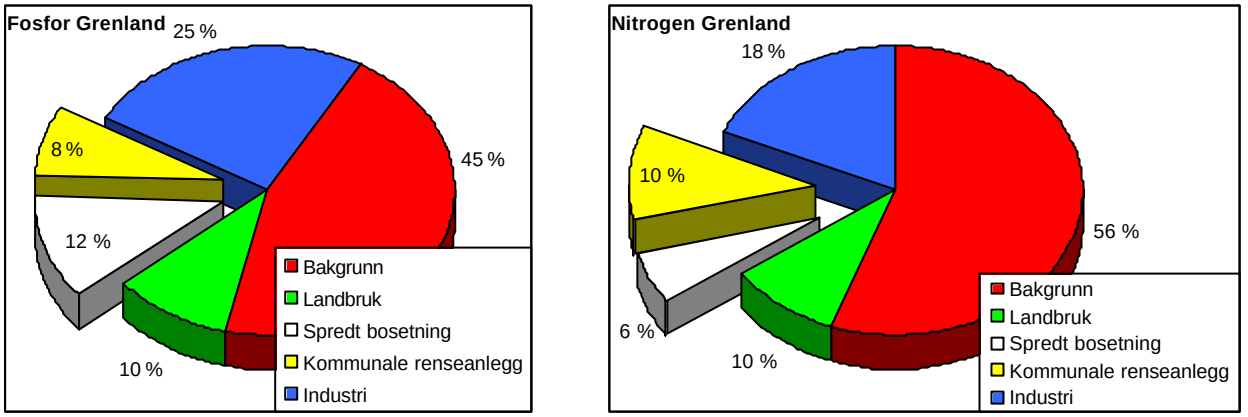
Det mangler vinterverdier for næringssalter. Sommerstid er tilstanden karakterisert som *I Meget god – II God* i forhold til nitrat/fosfat og *II God – III Mindre god* i forhold til Tot-N/Tot-P. N:P forholdet er høyt (80) i indre område og synker med økende avstand til Skienselva (ca. 16 i Håøyfjorden). Siktedypet er vurdert som *III Mindre* god på alle tre stasjoner, mens klorofyllmengdene tilsvarer *III Mindre god* (*II God* i Håøyfjorden).

Området utmerket seg ikke med spesielle oppblomstringer, men viste en veksling i algeplanktonet som må regnes som normal for områder som ikke er sterkt belastet. Frierfjorden hadde et større innslag av

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

brakkvannsalger enn de to andre stasjonene. En foreløpig vurdering av områdeinndelingen basert på planktonforholdene er at Håøyfjorden beholdes sammen med det ytre området og at Frierfjorden og Langesundsfjorden utgjør et eget indre område.

En tidligere vurdering (NIVA, 1999) antydet store reduksjoner i tilførslene av nitrogen (47%), fosfor (54%) og suspendert materiale (81%) fra 1988 til 1996. Dette skyldtes tiltak i industrien (nitrogen og suspendert materiale) og kommunale renseanlegg (fosfat). TEOTIL beregninger for 2001 tyder på at bakgrunnstilførsler dominerer, mens industri og kommunale bidrag er tilnærmet like store.



Figur 2-8 *Bidraget fra ulike kilder til Grenland*

2.9 Mossesundet

Mossesundet er en typisk terskelfjord hvor dybden er jevnt økende mot nord til Kippenes hvor det er en terskel med dyp ca. 70 m. Største dyp innenfor terskelen er 105 m. I sør er det en trang kanal, Mossekanalen, som betyr lite for vannutskiftningen i området.

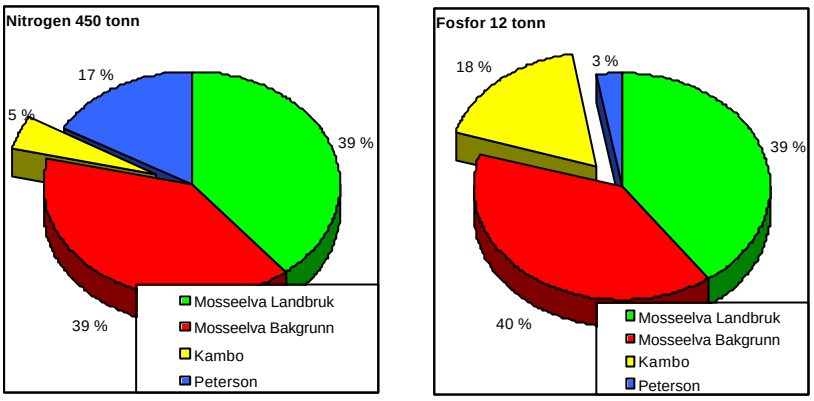
Det største miljøproblemet i Mossesundet har vært oksygensvikt ved sprangsjiktet. Tidligere undersøkelser har tydet på at dette hovedsakelig har vært forårsaket av oksygenforbruket i sedimentet fra tidligere utslipp og utslipp av organisk materiale fra Peterson Linerboard (PLM). Oksygenforholdene ved bunnen på den innerste grunneste stasjonen ble karakterisert som *III Mindre god*, mens de var *II Gode* på den dypeste like innenfor terskelen. Bunnfaunaen i indre område har tidligere vært karakterisert som *IV Dårlig*.

Konsentrasjonen av næringssalter er lav sommerstid, men tilstanden karakteriseres som *III Mindre* god i forhold til klorofyll og området må betraktes som eutrofiert.

Humus fra Mosseelva og utslippet fra PLM har gitt fargepåvirkning av vannmassene og redusert siktedyp i store deler av indre område (*IV Dårlig*).

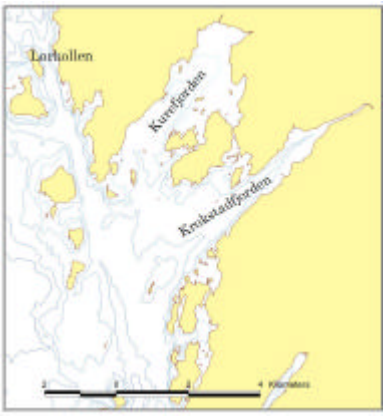
Det er hovedsakelig Mosseelva, PLM og Kambo renseanlegg som bidrar med næringssalttilførsler. Det kommunale utslippet er ubetydelig sammenlignet med Mosseelva. Det foreligger ikke tilstrekkelig detaljerte data til å sikkert fordele bidraget fra landbruket og bakgrunnsavrenning og figuren under må derfor betraktes som en tilnærming.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Figur 2-9 *Bidraget fra ulike kilder til Mossesundet*

2.10 Krokstadfjorden

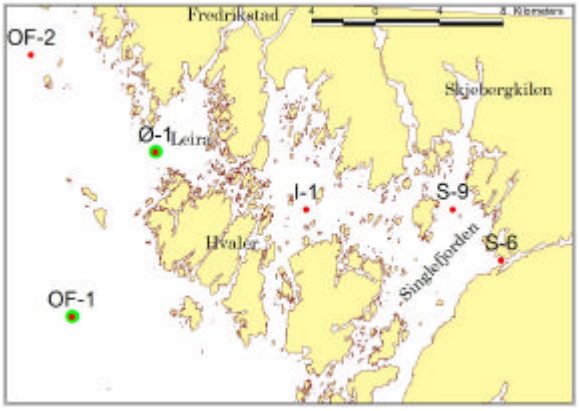


Krokstadfjorden er en mindre fjordarm nord for Rauer uten terskler mot hovedfjorden. Oksygenforholdene i bunnvannet (*III Mindre god*) tyder på stor belastning av organisk materiale.

Næringssaltverdiene i sommersesongen er lave og tilsvarer tilstandsklasse *I Meget god – II God*. N:P forholdet er lavt. Siktedypet er *IV Dårlig*, mens klorofyllmengdene tilsvarer tilstand *III Mindre god*.

Det foreligger ikke tilstrekkelig detaljerte data til å kvantifisere tilførslene eller fordele de på ulike kilder. I avrenningsområdet (beregnet med TEOTIL) dominerer landbruk.

2.11 Hvaler – Singlefjorden



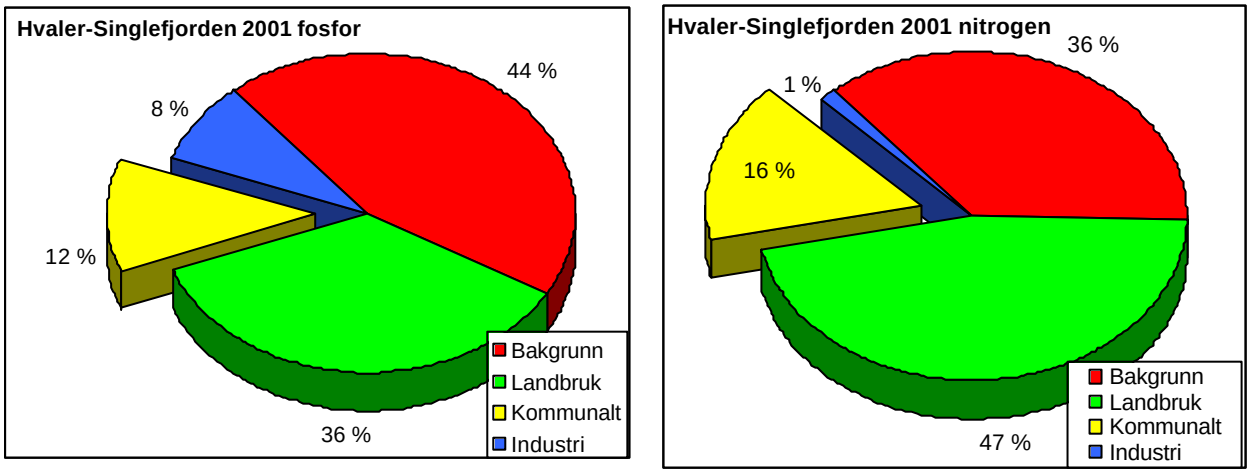
Området består av en rekke mindre terskelbassenger og er til dels avgrenset av Hvaler skjærgården. I flere av bassengene er det dokumentert reduserte oksygenforhold i bunnvannet (I-1: *IV Dårlig*, S-9: *III Mindre god*). I tidligere undersøkelser er bløtbunnsfaunaen karakterisert som forstyrret, mens undersøkelsene i 2001 ble tilstanden vurdert som *I Meget god.* Leira er et åpent område hvor oksygenforholdene er tilsvarende som i de åpne vannmassene. Bløtbunnsfaunaen var også her vurdert som I Meget god, mens den i tidligere undersøkelser er vurdert som forstyrret.

Forholdene i overflatevannet er sterkt preget av Glomma. I vinterperioden tilsvarer konsentrasjonen *III Mindre god - IV Dårlig*, mens den i sommer sesongen er sterkt varierende *I Meget god – IV Dårlig*. Fosfat skiller seg ut med relativt lave konsentrasjoner også vinterstid. N:P forholdet er høyt både i sommer- og vintersesongen. Siktedypet er sammenlignbare med forholdene i hele ytre fjordsystem (III Mindre god).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

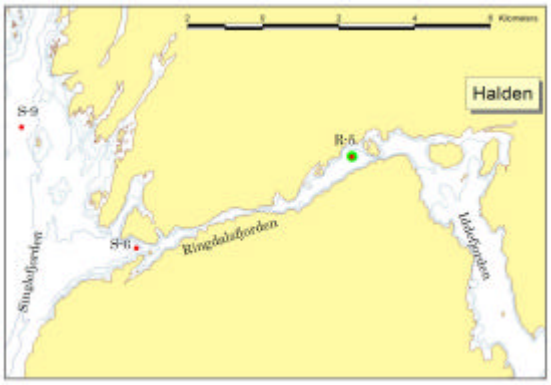
I forhold til klorofyll og sammensetningen av algeplankton har Leira til dels sammenlignbare forhold som de åpne områdene i hovedfjorden. Det øvrige skiller seg markert ut som den delen av ytre Oslofjord som har de gjennomgående største planktonalgebestandene (klorofyll a: *III Mindre god – Dårlig*). Dette ble bekreftet av resultatene fra 2001 og igjen i 2002. Det er her omtrent hvert år en serie av oppblomstringer der alle hovedgrupper av planktonalger kan være representert. Etter den første dokumenterte oppblomstringen av *Prorocentrum minimum* i Nord-Europa, som fant sted i innenskjærs områder i Østfold og Vestfold i 1979 (Tangen 1980), har Østfold blitt et kjerneområde for denne arten, med tildels massive oppblomstringer omtrent hvert år. Høsten 1995 har det vært en massiv oppblomstring av den store dinoflagellaten *Ceratium furca* med misfarget sjø begrenset til dette området. Nærområdet til Glommas utløp (Ramsø – I-1) skiller seg ut med gjennomgående noe mindre algebestander enn de øvrige stasjonene.

Tilførslene er dominert av Glomma med landbruk som en dominerende kilde. Det kommunale bidraget utgjør 12% (P) og 16% (N).



Figur 2-10 *Bidraget fra ulike kilder til Hvaler - Singlefjorden*

2.12 Ringdalsfjorden



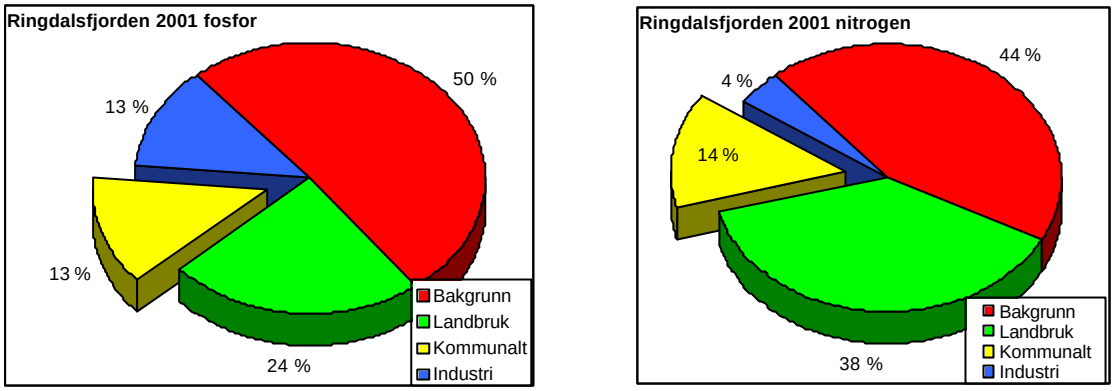
Ringdalsfjorden er en grunn terskelfjord med redusert oksygenforhold (*V-Meget dårlig*) og sterkt påvirket bløtbunnsfauna (*V-Meget dårlig*). Bunnvannet er tilnærmet oksygenfritt store deler av sommeren.

Overflatevannet er sterkt preget av tilførslene fra Tista med sterkt misfarget vann (humus) (siktedyp: *IV Dårlig*) og høye næringssaltkonsentrasjoner spesielt vinterstid (*IV Dårlig-V Meget dårlig*) og i forhold til nitrogen. Dette fører til et meget høyt N:P forhold.

Mengde klorofyll tilsvarer tilstandsklasse *IV Dårlig*. Resultatene fra 2002 bekrefter antakelsene fra 2001 som tydet på at Ringdalsfjorden/Iddefjorden har en annen algestatus enn Singlefjorden.

Tilførslene er dominert av bakgrunnsavrenning, mens landbruk dominerer som kilde.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



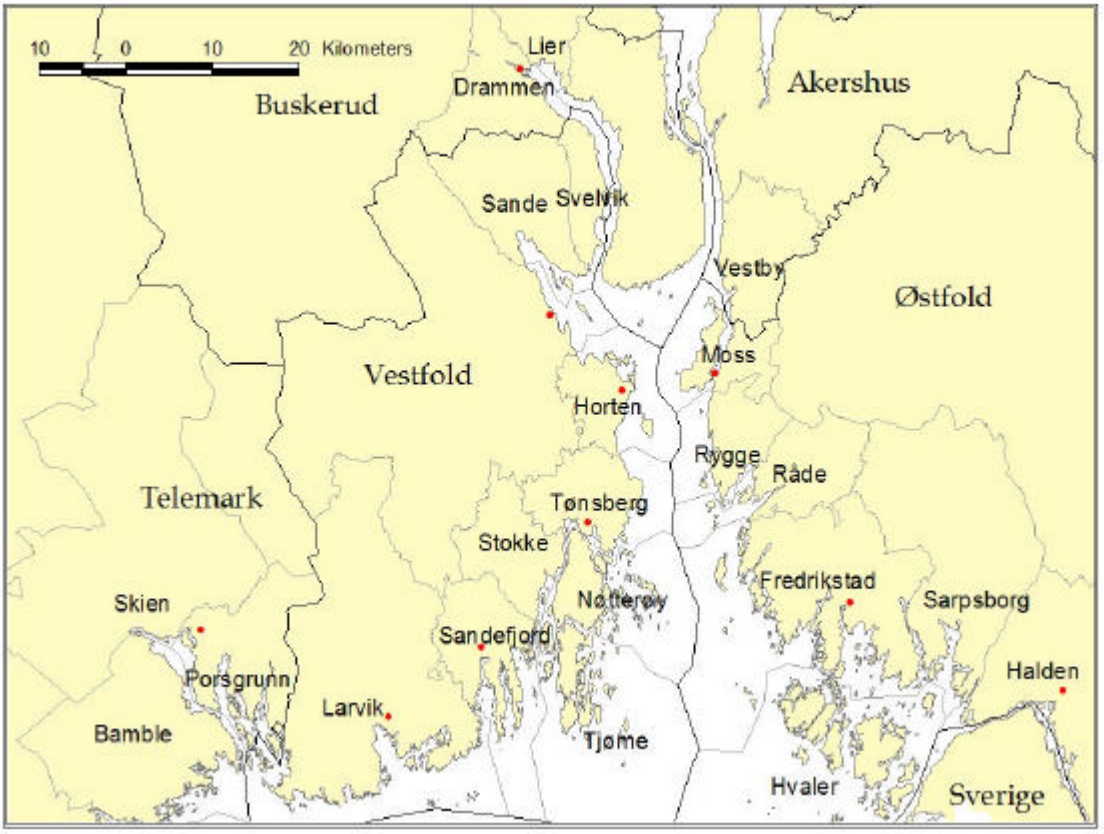
Figur 2-11 *Bidraget fra ulike kilder til Ringdalsfjorden – Iddefjorden*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

3 INNLEDNING

Fagrådet for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens Forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord for år 2002. Programmet startet opp i år 2001 og er planlagt videreført til år 2005.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør (se kart Figur 3-1). Overvåkingen i 2002 inkluderer også sjøområdene i Telemark.



Figur 3-1 *Kart over undersøkelsesområdet med de aktuelle kommunene som er med i Fagrådet for Ytre Oslofjord.*

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

Målsetningen med overvåkingen er å:

- Fremskaffe en årlig oversikt over tilførsler av næringssalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- Beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:
  - hydrografi

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

- 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 2002 er gjennomført i samarbeid med:

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

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

DNV, 2003. Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Samlerapport – 2002.

DNV, 2003. Delrapport: Vannkvalitet 2002.

DNV. 2003. Delrapport: Gruntvannssamfunn 2002.

DNV, 2003. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2002.

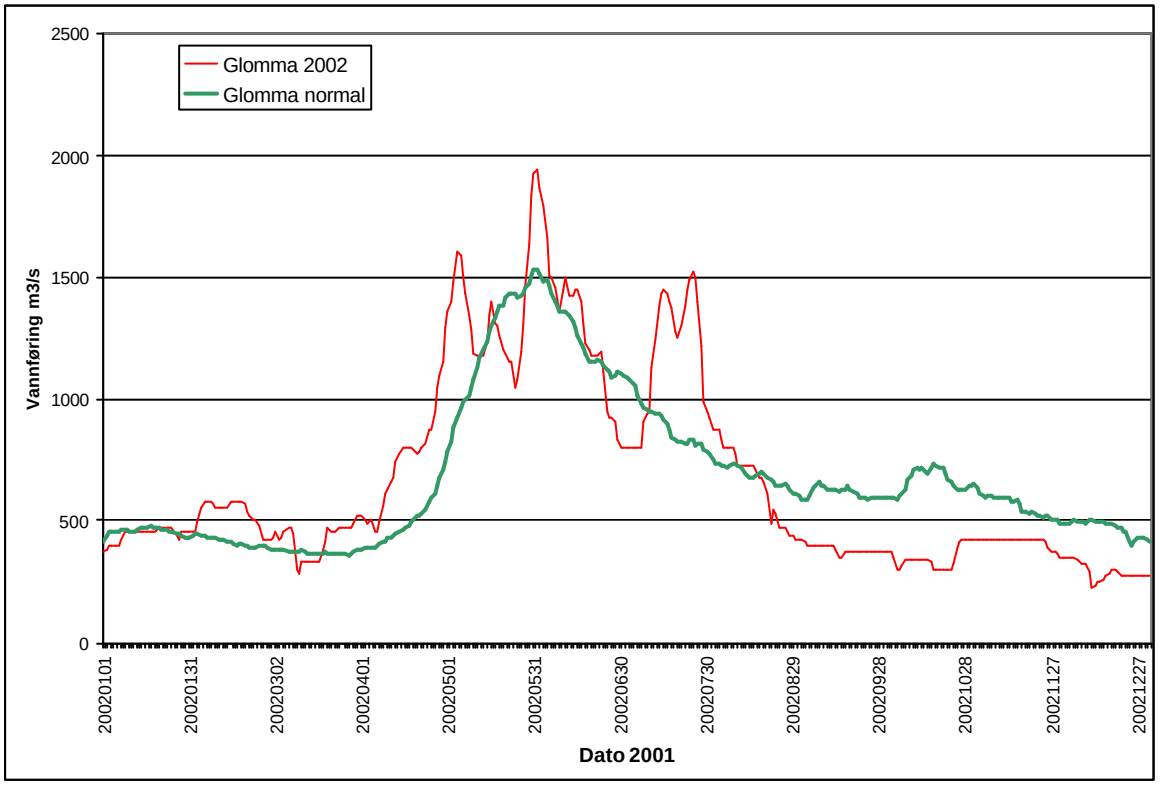
Denne rapporten gir en samlet fremstilling av de enkelte undersøkelsene som er gjennomført i 2002. Delrapportene gir hver for seg en detaljert beskrivelse av metoder og resultatene for 2002. I hver delrapport er det gitt en konklusjon for arbeidet som er utført. Ut i fra målsetningen om å vurdere forholdene over tid er det foreløpig ikke lagt vekt på en sammenfattende analyse av resultater fra flere av undersøkelsene eller omforente konklusjoner. Dette vil bli gjennomført når en har samlet inn data over noen år mot slutten av overvåkingsperioden (2001 – 2005).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

4 TILFØRSLER

Grunnlaget for rapporteringen av tilførsler i årets rapport er beregninger utført med modellen TEOTIL (NIVA, 1996) og vassdragsovervåkingen (Aquateam, 2001; 2002) begge gjennomført på oppdrag fra SFT. Siste tilgjengelige data fra begge var for året 2001. Formålet med vurderingen av tilførsler gjennomført i 2002 var å detaljere tilførslene noe mer geografisk slik at en bedre kunne vurdere tilførslene i forhold til tilstanden til de lokale resipientene. I tillegg er det hentet inn avrenningsdata for de største vassdragene fra NVE.

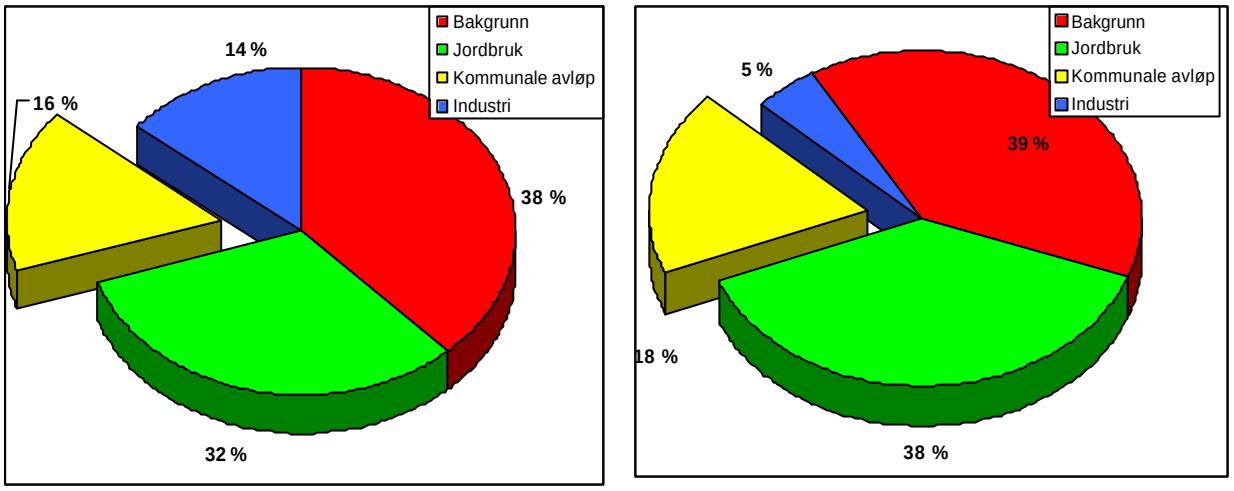
Tilførsler fra landarealer (jordbruk og bakgrunn) øker med økende ferskvannsavrenning. Totalt over året var disse tilnærmet normale, men med noe lavere tilførsler i første halvdel og noe høyere på slutten av året (*Figur 4-1*)



Figur 4-1 *Vannføring i Glomma 2002 sammenlignet med normalvannføringen (data fra NVE)*

Totalt utgjør bidraget fra kommunale avløp til analyseområdet av fosfor og nitrogen henholdsvis 16 og 18% av de totale landbaserte tilførslene (*Figur 4-2*).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Figur 4-2 *Beregnede total tilførsler fra land i 2001 (TEOTIL beregninger)*

Avrenningskoeffisienter for N og P fra jordbruksarealer er endret (ca. 15% høyere) sammenlignet med tidligere beregninger rapportert i fjor. De nye koeffisientene fører til at data presentert i denne rapporten ikke er direkte sammenlignbare med data presentert i ICG (2001).

De største enkeltkildene til ytre Oslofjord er de store elvene. Tilførsler beregnet med bakgrunn i overvåkningen 2000 (Aquateam, 2001) er presentert i *Tabell 4-1*.

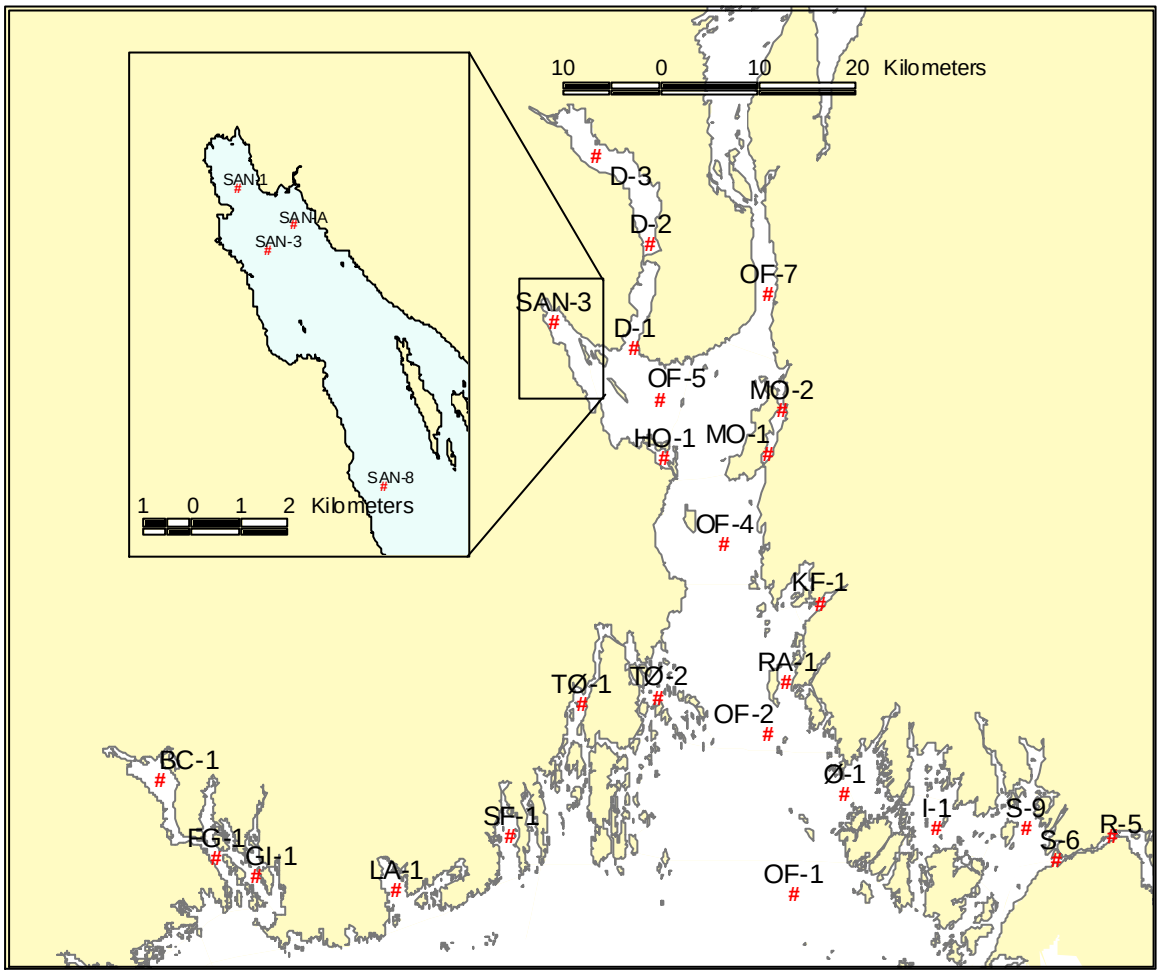
Tabell 4-1 *Totale tilførsler til ytre Oslofjord 2000 fra større vassdrag til Ytre Oslofjord (Aquateam, 2002). * - Beregninger basert på et lite antall vannprøver.*

Vassdrag	**Årlige tilførsler 2000 (tonn)**						
	TOC	**PO_4-P**	**Tot-P**	**NO_3-N**	**NH_4-N**	**Tot-N**	**SiO_2**
Tista*	8205	1,16	17,3	663	24,3	1082	<104
Glomma	153936	196	835	9374	929	17731	193645
Mosseelva*	3784	1,53	10,2	423	11,3	677	307
Drammenselva	50460	33	187	3348	316	6212	47278
Lierelva*	851	5,7	10,3	153	8,0	214	1270
Sandeelva*	789	2,4	5,6	97	5,2	162	932
Aulielva*	798	2,75	10,7	38	14,9	154	259
Numedalslågen	29242	26,7	256	1488	144	2805	31006
Farris*	222	1,1	3,3	215	13,3	352	2619
Skienselva	33696	30	35	2370	154	4027	34864
Totalt	**281983**	**300**	**1370**	**18169**	**1620**	**33416**	**312180**

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5 VANNKVALITET

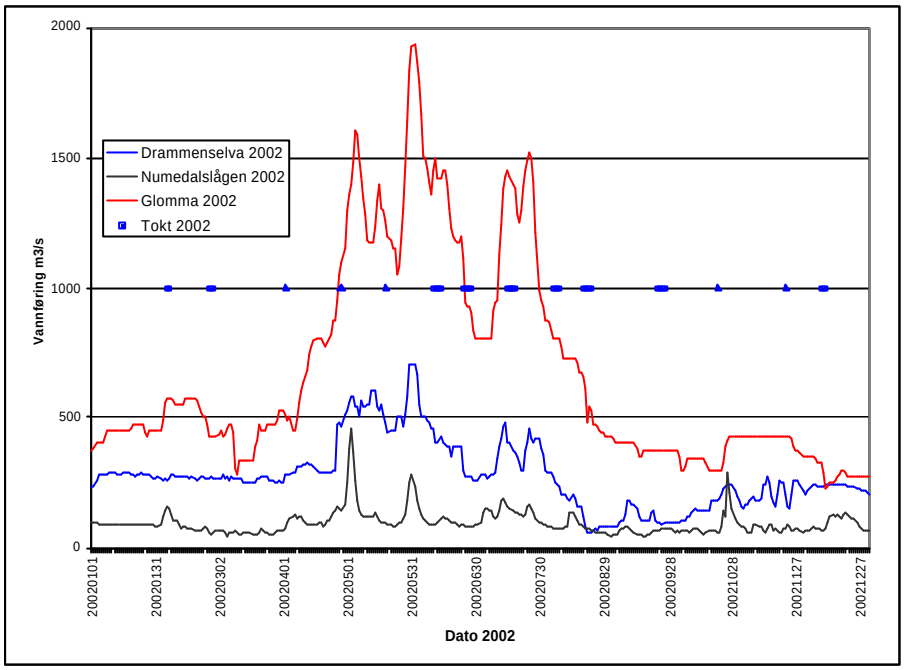
Totalt ble 29 stasjoner besøkt i løpet av 2002 (se *Figur 5-1*). Lokale stasjoner i Sandebukta førte til et relativt tett stasjonsnett fram til juli 2002.



Figur 5-1 *Kart med stasjonsoversikt benyttet i 2002. I Sandebukta ble det benyttet fire stasjoner i deler av perioden.*

Den relativt store vannføringen i løpet av sommeren kan ha påvirket vannkvaliteten ved store tilførsler til overflatevannet i tilknytning til de tre første sommertoktene (*Figur 5-2*).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Figur 5-2 *Vannføringen i de tre største elvene i Ytre Oslofjord 2002 (data fra NVE). Toktene er markert med punkter, vår/høst-tokt med trekanter.*

Hovedvekten av feltarbeidet foregikk i perioden juni – august hvor totalt 26 (29) stasjoner ble besøkt. Åtte stasjoner i hovedfjorden og Hvalerområdet ble benyttet i vinterperioden (februar, desember), mens fire stasjoner i Hvaler/Singlefjorden ble besøkt hele året. Undersøkelsene omfattet hydrografi, oksygen (profilering med instrument i vannsøylen, vannprøve fra bunnvannet), næringssalter (nitrat/nitritt, ammonium, total-N, fosfat, total-P), siktedyp og algeplankton (vannprøve, håvtrekk).

5.1 Hydrografi - utskiftning av bassengvann

Vannmassene i Ytre Oslofjord er inndelt i sjikt ut fra salholdighet og opprinnelse. Øverst finner man et brakkvannslag (saltholdighet < 25 psu[1]) med midlere tykkelse ca. 5 m. Dette skyldes bidrag fra lokale ferskvannstilførsler. Under dette ned til ca. 20 – 25 m finner man Skagerrak-kystvann med saltholdighet mellom 25 og 32 psu som hovedsakelig er en blanding av Østersjøvann, lokalt elvevann og vann med opprinnelse fra sørlige og til dels sentrale deler av Nordsjøen. Fra ca. 25 m ned til ca. 50 m om sommeren og 80 om vinteren finner man Skagerrakvann med saltholdighet vanligvis mellom 32 og 34,5 psu. Dette har sin opprinnelse i sørlige og til dels sentrale Nordsjøen med innblanding av Østersjøvann. Enkelte år observeres innstrømming av tungt atlantisk vann med saltholdighet ca. 35 psu (Aure & Danielssen, 1998).

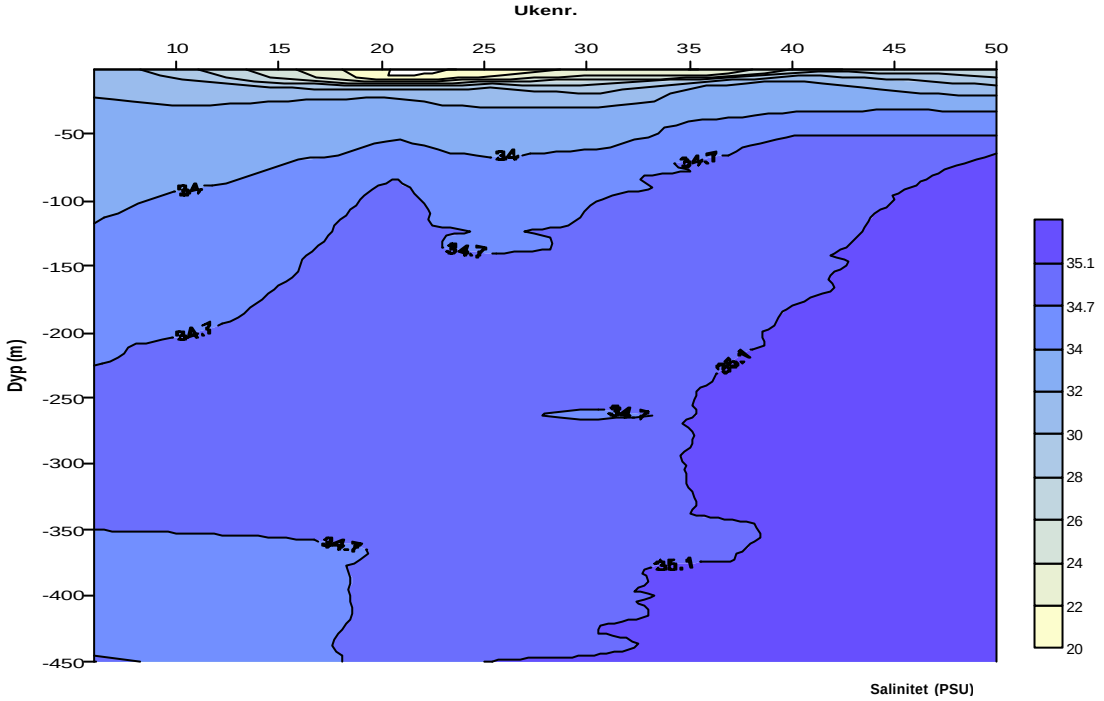
I fjordbassenger med bunnvann innestengt av terskler fornyes dette vannet ved innstrømming av tyngre vann. Der terskelen er grunn skjer dette ofte tidlig på vinteren, mens fjorder med dypere terskel får utskiftningen noe senere. Det innstrømmende vannet vil normalt ha høy oksygenmetning.

Før undersøkelsene startet i februar 2001 hadde det vært en større innstrømming av vann med høy saltholdighet. Vinteren 2001/2002 var det en mindre innstrømming av vann med noe lavere saltholdighet (*Figur 5-3*), men på slutten av året ser man en større innstrømming av atlantisk vann med saltholdighet

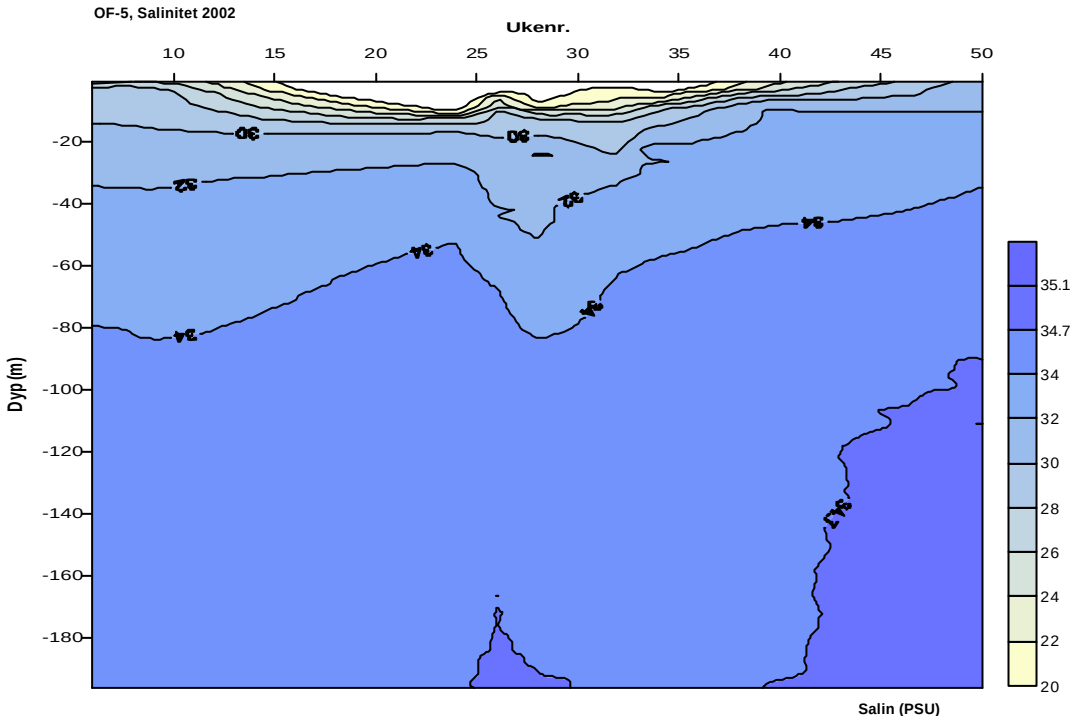
[1] Psu – practical salinity unit

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

over 35 psu som medfører fortrengning og utskiftning av bassengvannet i de innenforliggende bassengene i fjorden.



Figur 5-3 *Saltholdigheten på stasjon OF-1 gjennom 2002. Horisontal akse er ukenummer*



Figur 5-4 *Saltholdigheten på stasjon OF-5 gjennom 2002. Horisontal akse er ukenummer*

Figur 5-4 viser at innstrømmingen ikke når Breiangen, men at man får en utskiftning av bassengvannet her etter uke 40 hvor det innstrømmende vannet har salinitet 34,7 – 34,8 psu.

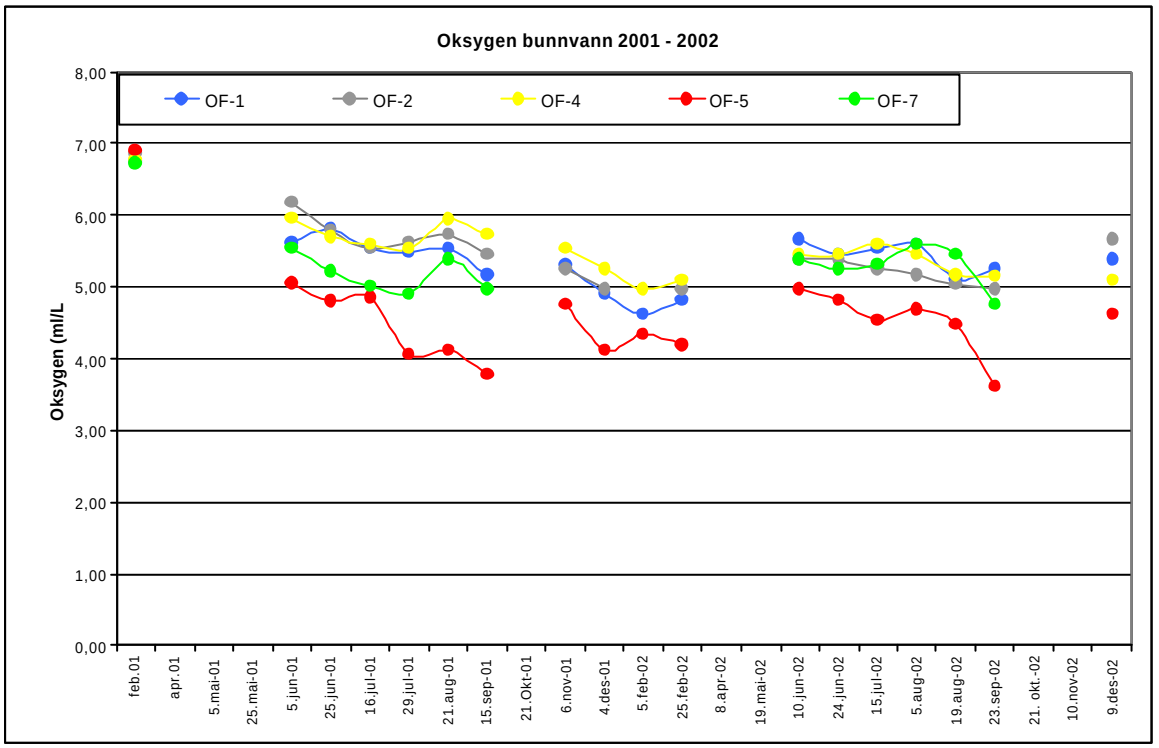
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.2 Oksygenforhold

Oksygen tilføres sjøvannet fra atmosfæren og ved fotosyntesen til algene. Innstrømmende vann fra utenforliggende områder kan ha høyere oksygenmetning enn vannet det erstatter. Oksygenet forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Dette kan enten tilføres direkte fra landbasert kilder eller indirekte ved økt primærproduksjon som følge av tilførsler av næringssalter. I enkelte lokale resipienter som for eksempel Mossesundet og Sandebukta kan det være store mengder organisk materiale i sedimentet fra tidligere tilførsler som medfører et betydelig oksygenforbruk. Forbruksraten er en indikasjon på tilførslene av organisk materiale. Lave oksygenverdier observeres særlig i bassengvannet i terskelfjorder og i tilknytning til sprangsjiktet hvor synkende organisk materiale kan akkumulere.

5.2.1 Oksygenutviklingen over året

Figur 5-5 viser utviklingen i oksygennivået ved bunnen i bassengene i hovedfjorden i løpet av 2001 og 2002.

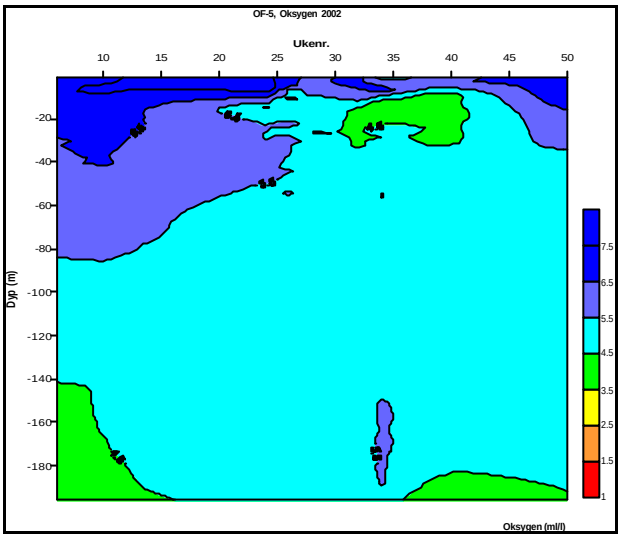


Figur 5-5 *Utviklingen i oksygennivået i bassengene i hovedfjorden 2001 og 2002.*

Oksygennivået februar 2002 var lavere enn februar 2001. Utskiftningen av bassengvannet i 2002 skjedde i løpet av våren etter siste februar-tokt, men oksygennivået juni 2002 var lavere enn tilsvarende verdi 2001 noe som kan tyde på lavere oksygenmetning i det innstrømmende vannet.

Isoplot av oksygenforholdene på stasjon OF-5 Breiangen (*Figur 5-6*) viser at innstrømmingen av nytt vann på slutten av året (*Figur 5-4*) ikke førte til markert høyere oksygenmetning i bassengvannet.

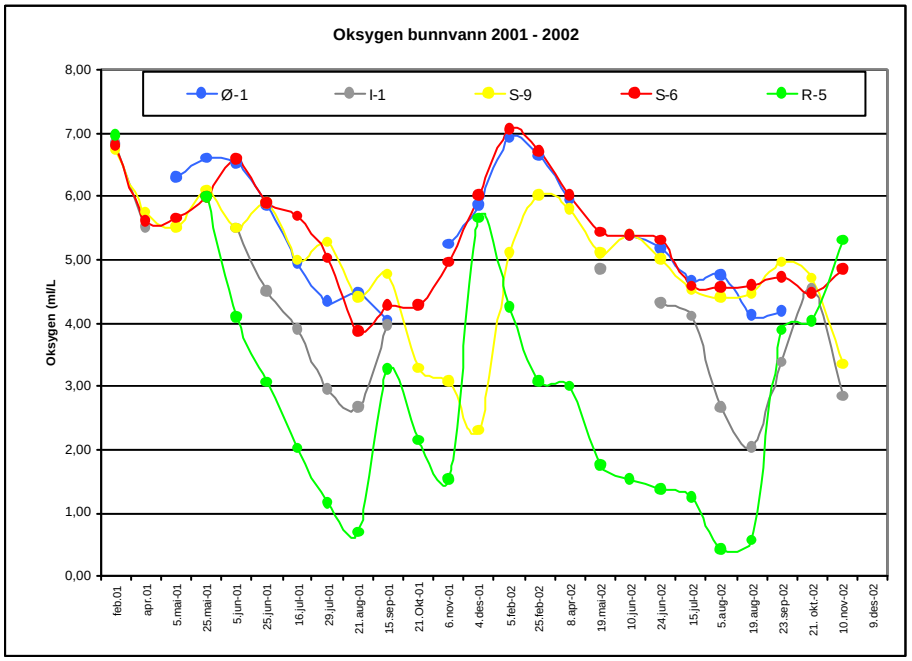
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Figur 5-6 *Isoplott av oksygenforholdene på stasjon OF-5 gjennom 2002. Horisontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i I Meget god (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en mer detaljert inndeling.*

Tilsvarende forhold observeres også i en del av de lokale resipientene. Hvalerområdet er inndelt i mange større og mindre bassenger av terskler med sterkt varierende dyp. Heller ikke her ble det observert noen fullstendig utskiftning av dypvannet samtidig i alle bassengene (*Figur 5-7*). Størst avvik viste den innerste stasjonen R-5 i Ringdalsfjorden og til dels også S-9 Haslau.

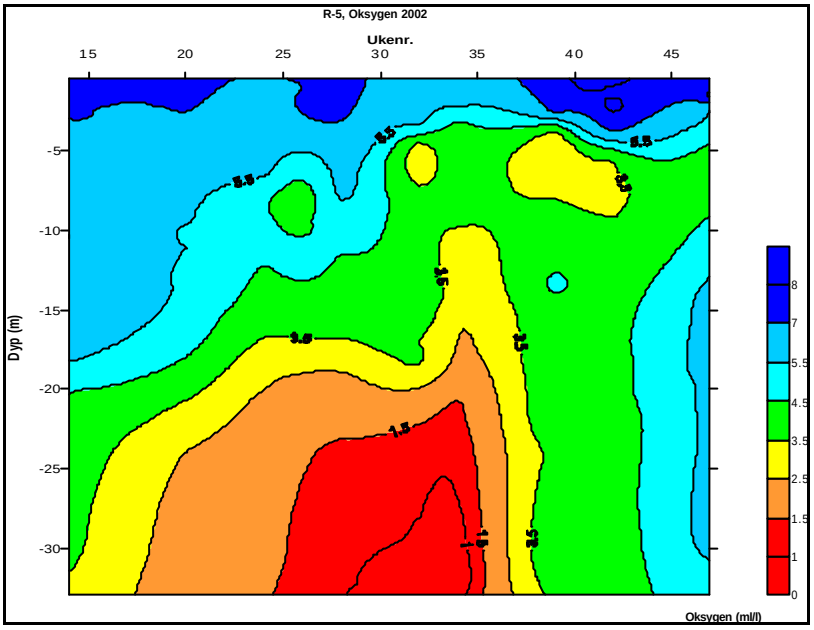
På stasjon R-5 ble det observert en kort periode med oksygenverdier lavere enn 1 ml/l både sommer 2001 og 2002. Stasjon I-1 som ble klassifisert med dårligere tilstand i 2002 enn i 2001 hadde ca. 0,75 ml/l lavere verdier i 2002. Reduksjonsraten i perioder uten utskiftning av bassengvannet varierer med den organiske belastningen av dypvannet. Sammenlignet med hovedfjorden viser hele Hvalerområdet stort oksygenforbruk.



Figur 5-7 *Oksygenutviklingen i dypvannet i Hvalerområdet 2001 – 2002*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

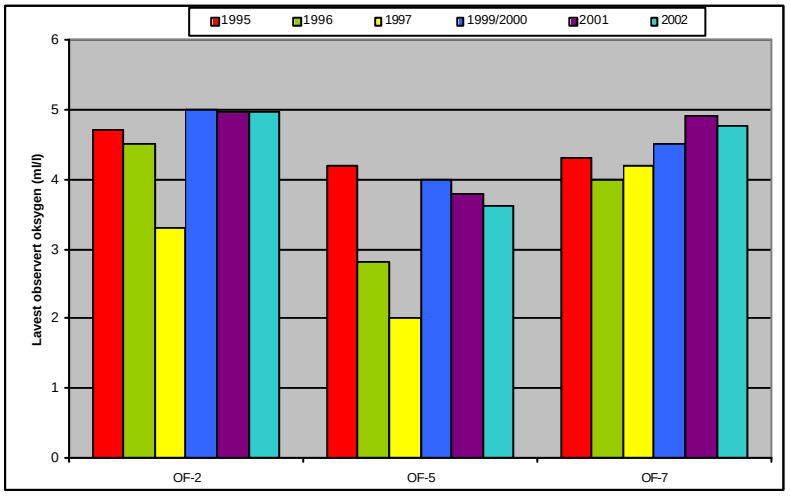
Figur 5-8 viser isoplott av oksygennivået gjennom året på stasjon R-5 Ringdalsfjorden.



Figur 5-8 *Isoplott av oksygenforholdene på stasjon R-5 gjennom 2002. Horisontal akse representerer ukenummer. Fargekoden tilsvarer SFT tilstandsklasser bortsett fra i I Meget god (> 4,5 ml/L) hvor det er angitt en inndeling.*

5.2.2 Oksygenminimum bunnvann - tilstandsklassifisering

Observerte minimumsverdier over flere år kan benyttes som grunnlag for å vurdere om det er en trend i utviklingen av tilførslene av organisk materiale. *Figur 5-9* viser observert minimum i tre av bassengene i hovedfjorden fra 1995 fram til 2002.

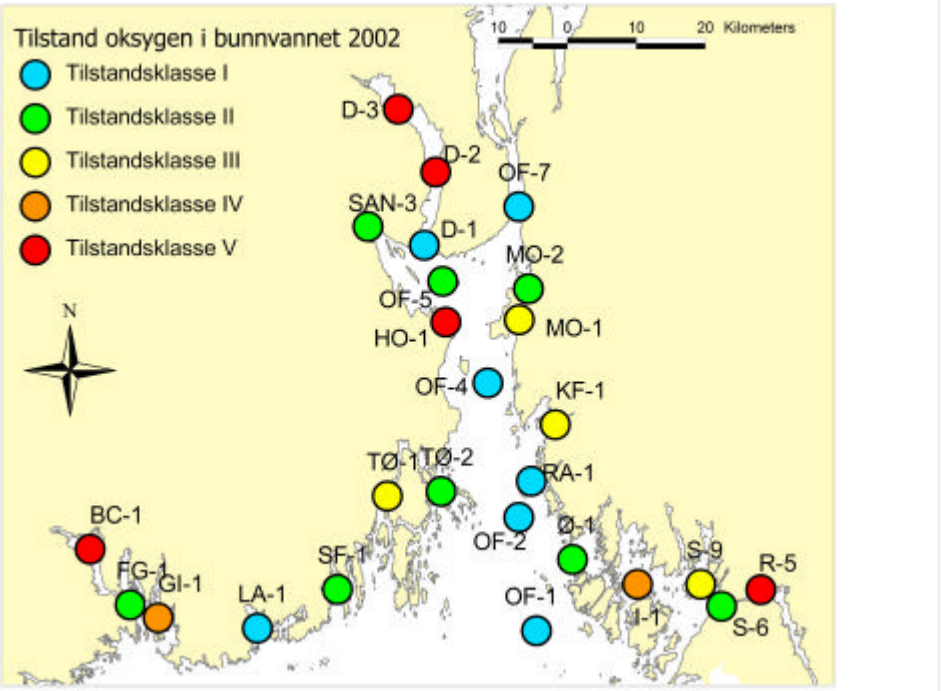


Figur 5-9 *Lavest observerte oksygennivå i dypvannet i tre bassenger i ytre Oslofjord 1995-2002.*

Oksygennivåene i alle bassenger har ligget høyere enn observert minimum i 1997 og det er ingen åpenbar trend i dataene.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Kriteriene for oksygen i bunnvann i SFTs veiledning (SFT 97:03) for klassifisering av vannkvalitet er benyttet som grunnlag for en vurdering avtilstanden på de 26 stasjonene (*Figur 5-10*).



Figur 5-10 *Klassifisering av vannkvalitet på stasjoner i Ytre Oslofjord på grunnlag av lavest observerte oksygenverdi i vannprøver tatt i løpet av 2002.*

Sammenlignet med tilstandsklassifiseringen for 2001 er det små endringer:

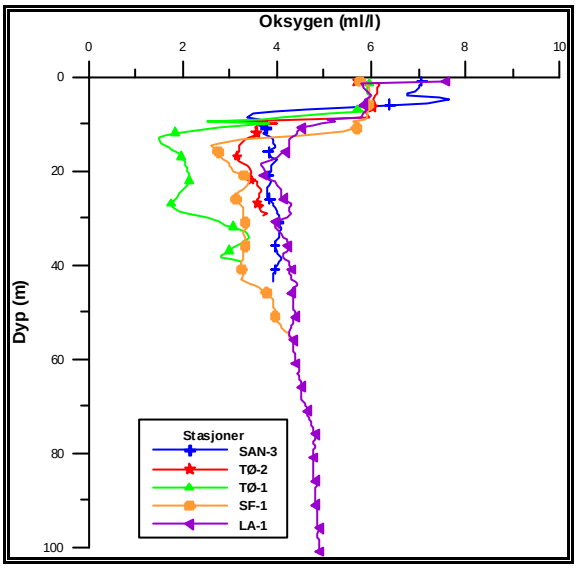
- MO-1 i Mossesundet ble i 2001 klassifisert som *IV – Dårlig* og *III – Mindre god* i 2002.
- I-1 i Hvalerområdet, 2001: III – *Mindre god*, 2002: IV – *Dårlig*.

Stasjonene i Grenland ble ikke vurdert i fjorårets undersøkelse. Årets resultater er i samsvar med tilstanden tidligere år (NIVA, 1999a, 1999b, 2000c).

5.2.3 Oksygen i vannsøylen

Organisk materiale som synker nedover i vannmassene, vil i perioder med sterk tetthetssjiktning kunne akkumulere i disse sjiktene. Ved nedbrytning forbrukes oksygenet og gir et oksygenminimum som ofte ligger rundt 20 – 30 m. Dette observeres både i de lokale resipientene (*Figur 5-11*) og i hovedfjorden. Dette oksygennivået kan i perioder ligge lavere enn nivået i bassengene slik som stasjon TØ-1 september 2002.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



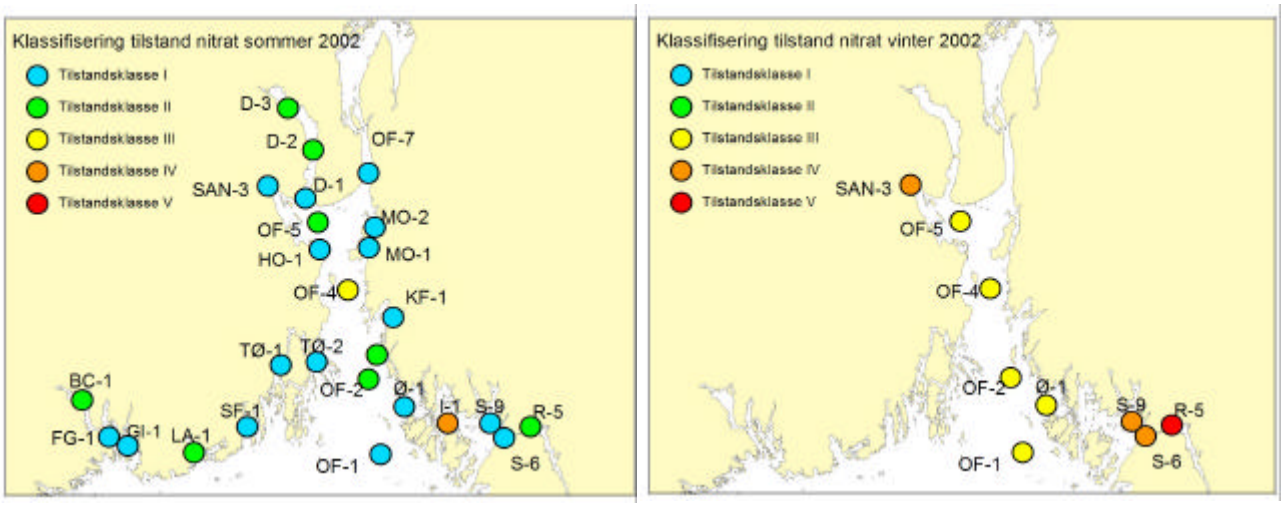
Figur 5-11 *Oksygenprofiler Vestfold september 2002*

5.3 Næringssalter

Næringssalter er en forutsetning for primærproduksjon. I vekstsesongen vil primærproduksjonen i overflatelaget generelt utnytte alle tilgjengelige næringssalter og konsentrasjonene vil følgelig være lave. Stabile (over sesongen) og betydelige konsentrasjoner av næringssalter i denne perioden kan tyde på lokale tilførsler.

5.3.1 Nitrat

Tilstanden til området basert på nitratverdiene (*Figur 5-12*) har endret seg lite i forhold til 2001.



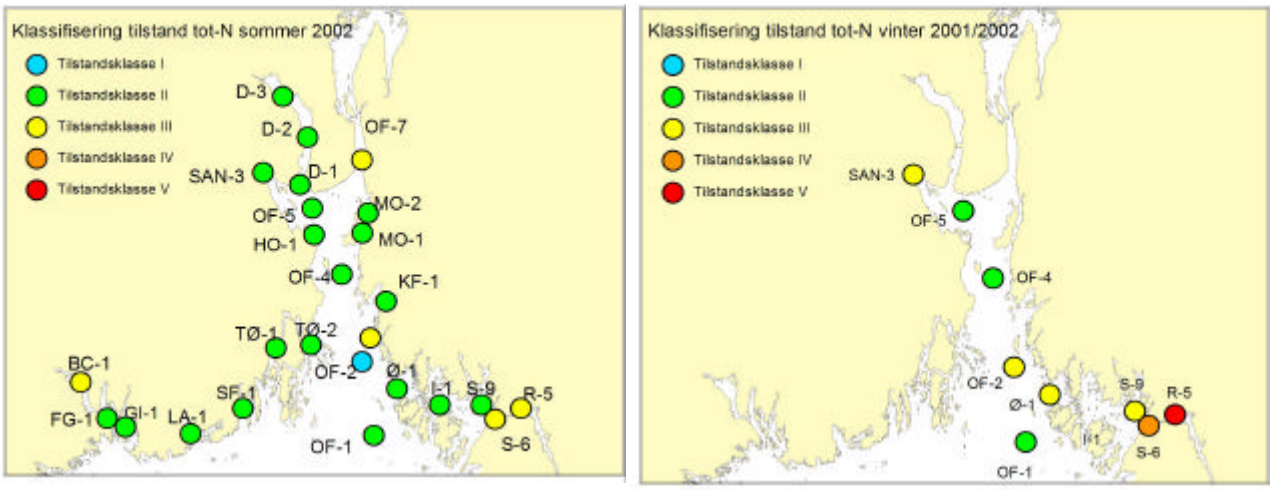
Figur 5-12 *Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av nitrat fra vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) og vintersesongen 2001-2002*

Generelt ligger verdiene på en del stasjoner noe høyere både i vinter og sommersesongen 2002 sammenlignet med 2001. Dette har medført en endret tilstandsklasse på enkelte stasjoner.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.3.2 Total-nitrogen

Tilsvarende nitrat observeres også noe høyere i verdier av total-nitrogen i 2002 sammenlignet med 2001. (se *Figur 5-13*).

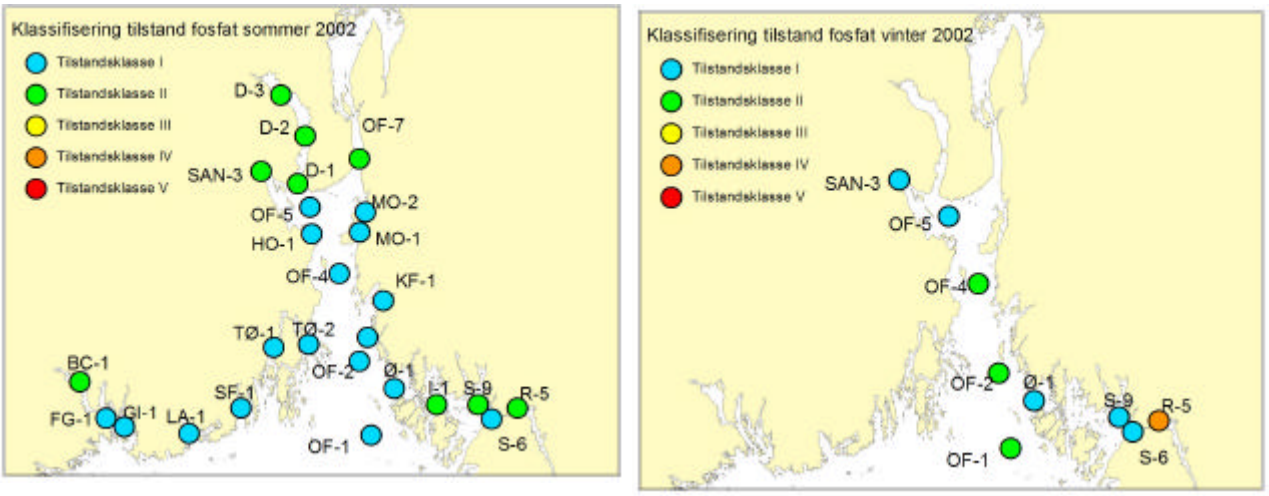


Figur 5-13 *Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av totalnitrogen fra vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) og vintersesongen 2001/2002 (desember 2001 – februar 2002).*

De økte verdiene er spesielt tydelig i Ringdalsfjorden vinterstid. I sommerperioden generelt er store deler av fjorden i Tilstandsklase II *God* (2002) i stedet for I *Meget god* (2001).

5.3.3 Fosfat

I likhet med sommerverdiene for nitrat kan tilstanden til området generelt karakteriseres som Meget god – God i forhold til fosfat (*Figur 5-14*). Lokale resipienter med store tilførsler av ferskvann som Sandebukta, Singlefjorden/Ringdalsfjorden, Drammensfjorden og Frierfjorden har høyest konsentrasjoner.



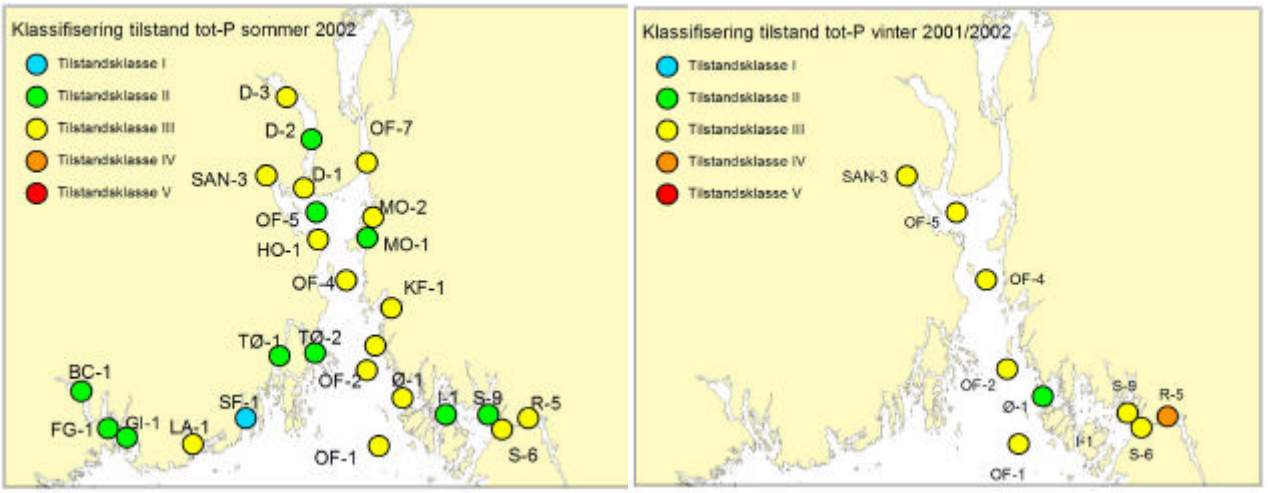
Figur 5-14 *Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av fosfat fra vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) og vintersesongen 2001/2002 (desember -februar)*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Vinterverdiene av fosfat fører til liten endring av dette bildet, men tilstanden i Sandebukta ble karakterisert som I *Meget god* og stasjonene i hovedfjorden som II *God*. Ringdalsfjorden har høyest verdier IV *Dårlig*. Det observeres igjen generelt en svak økning i medianverdiene sammenlignet med 2001.

5.3.4 Total fosfor

Basert på de totale konsentrasjonene av fosfor kan tilstanden til området generelt karakteriseres som *II God* til *III Mindre god*.



Figur 5-15 *Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av tot-P fra vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september) og vintersesongen 2001/2002 (desember -februar).*

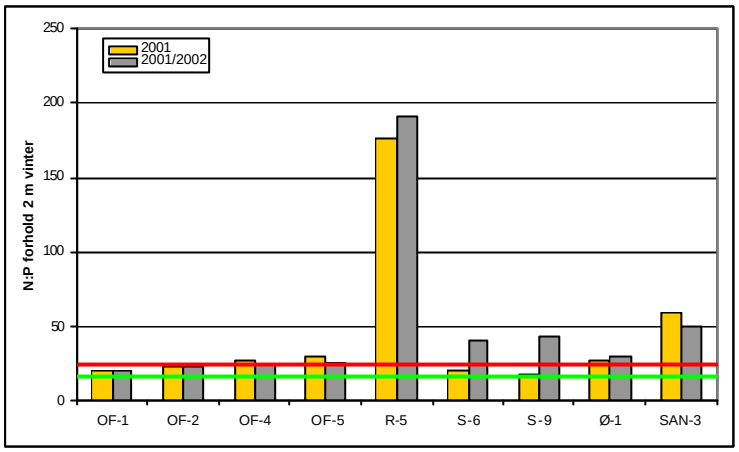
For vinterverdiene ser man den samme trenden som for de øvrige parametrene med noe økte konsentrasjoner i 2001 sammenlignet med 2001.

5.3.5 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. Det er hevdet at betydelige avvik kan føre til oppblomstringer av skadelige alger.

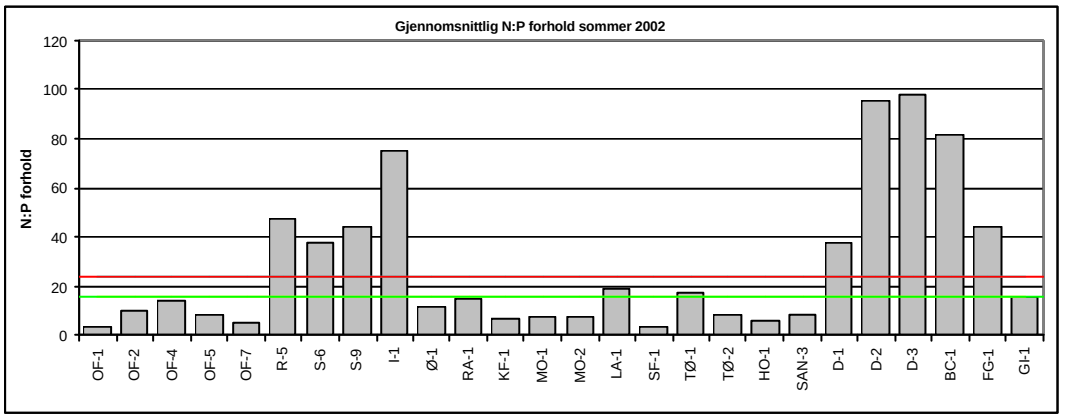
OSPAR arbeidsgruppe innen eutrofiering angir et forholdstall større enn 25 (50% økning) basert på vinterverdiene som kriterium for betydelig avvik fra normale verdier.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Figur 5-16 *Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat i overflatevann fra prøver tatt i februar, november og desember 2001 og vinter 2001/2002. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn Redfield-forholdet 16.*

Det er generelt noe høyere verdier vinter 2001/2002 sammenlignet med foregående vinter (*Figur 5-16*) Dette gjelder spesielt de lokale stasjonene i Hvaleområdet og i Sandebukta.



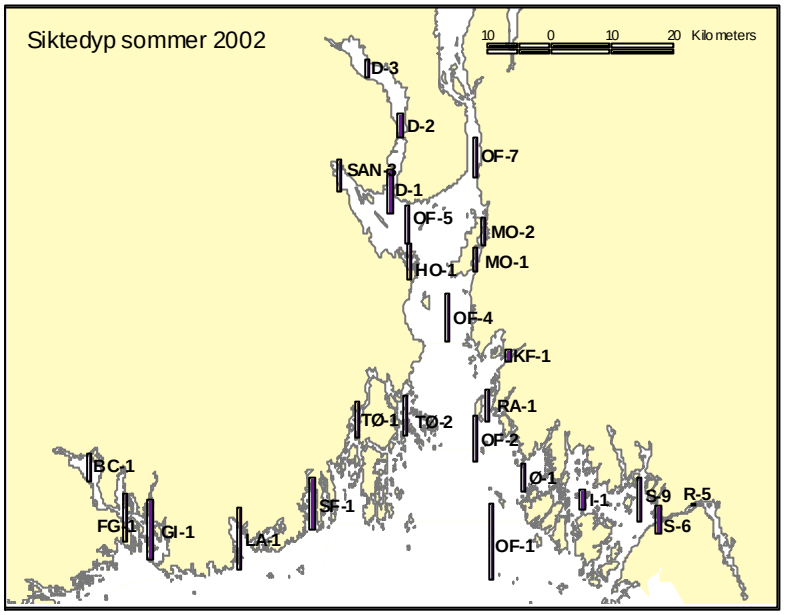
Figur 5-17 *Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 2m dyp tatt på seks tokt sommer 2001. Rød linje markerer forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.*

I likhet med 2001 er det markert forhøyede forholdstall i de lokale resipientene Hvaler/Ringsdalsfjorden, Drammensfjorden og Grenlandsfjordene (*Figur 5-17*). Forholdene varierer en del gjennom året og reflekterer blant annet lokale forhold hvor spesielt ferksvannsavrenningen er markert i Hvaleområdet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.4 Siktedyp

Medianverdien av siktedyp-observasjoner i løpet av sommeren er presentert i *Figur 5-18*. Hovedfjorden og deler av Vestfold er tilsvarer tilstandsklasse *Mindre god (God* – OF-1), mens typiske ferskvannspåvirkede lokale områder er karakterisert som *IV Dårlig* eller *V Meget dårlig*. Dette skyldes humus og/eller partikler i elvevannet.



Figur 5-18 *Medianverdien av seks observerte siktedyp i løpet av sommeren 2002 (juni-september).*

5.5 Planktonalger

Planktonalgene er primærprodusenter og står sentralt i forhold til eutrofiering. I vannmasser med et stabilt overflatelag vil tilførsel av næringssalter gi betingelser for økt algevekst i form av økt antall algeceller. Algene vil ikke være i stand til å skille mellom næringssalter, for eksempel nitrat, fra de forskjellige kildene, som kan være fra ferskvannsavrenning, kloakk, nedbrytning av alger og andre organismer, eller fra episodisk tilførsel til overflatelaget av næringsrikt nedenfra. Erfaringene fra Norge og andre land er at områder med ekstra tilskudd av næringssalter i gjennomsnitt får høyere algekonsentrasjoner enn i upåvirkede områder. Sammenliknet med mer næringsfattige områder er primærproduksjonen pr. mengdeenhet av alger også normalt høyere i eutrofierte områder, og det kan bli en endring i artssammensetningen. I rapporten om algeforekomstene i 2001 ble det gjort forsøk på en regional inndeling basert på slike forskjeller.

I SFTs veiledning i gjennomføring av resipientundersøkelser (SFT 2002) er planktonalgeproduksjonen nevnt som en målparameter som kan indikere stadier av eutrofiering. OSPAR-kommisjonens eutrofieringskomite (EUC) har lagt vekt på å vurdere planktonalgene, spesielt navngitte indikatorarter, i forbindelse med å identifisere primæreffektene av eutrofiering. Planktonalgematerialet fra Ytre Oslofjord er omfattende, men tidligere erfaringer fra mange års algeanalyser fra to faste stasjoner på Østfoldsiden (Oceanor, upubliserte data) har vist at det er store forskjeller fra år til år i hvilke alger som gir oppblomstringer og når oppblomstringene kommer. Algematerialet fra 2002 er omtrent tilsvarende år 2001. Noen sammenligninger kan trekkes, men sikre konklusjoner er det for tidlig å trekke. Det er likevel mulig å utfylle det bildet som ble beskrevet for 2001 for de regionale forskjellene i undersøkelsesområdet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Spesielt vil det være viktig å få et bilde på forholdene i Telemarksfjordene som tidligere ikke er grundig undersøkt for planktonalger.

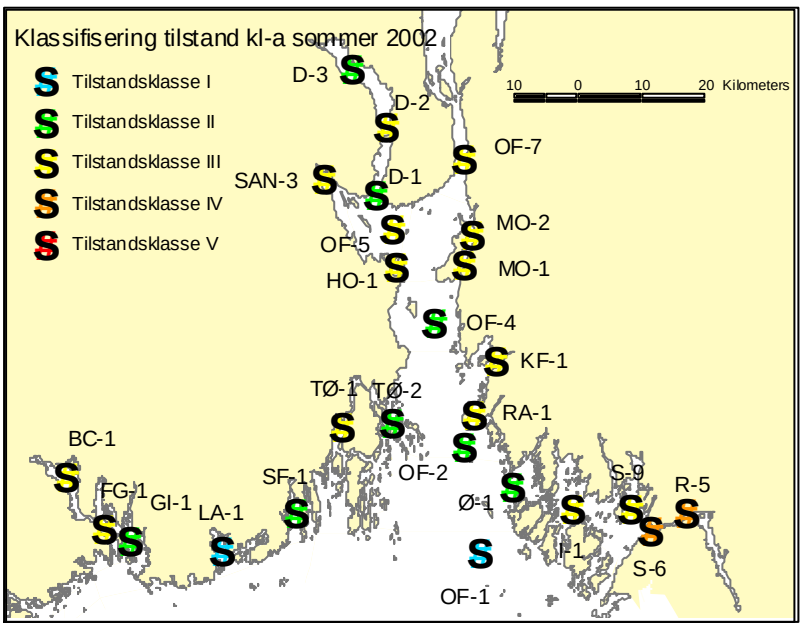
OSPAR har foreløpig ikke beskrevet vurderingskriteriene for indikatorartene eller algesamfunnene ellers. Slike kriterier er heller ikke beskrevet i SFT's veiledning for klassifisering av miljøtilstand (SFT 1997) eller i veiledningen for gjennomføring av resipientundersøkelser. I påvente av at det utvikles numeriske metoder for sammenligning av planktonalgebestander må vurderingene derfor gjøres på faglig skjønn. I materialet fra 2002 har vi forsøkt å evaluere noen indikatorarter spesielt. Dette er dinoflagellatslekten *Dinophysis* som ellers er mest kjent for å produsere toksiner som akkumuleres i skjell, men som OSPAR har nevnt som en mulig indikator på eutrofiering.

5.5.1 Planktonalgebiomasse

Mengden av klorofyll-a er et mål på biomassen av planktonalger. Høye verdier i sommerperioden kan være en indikasjon på høy produksjon som skyldes lokale tilførsler (eutrofiering). I noen tilfeller kan høy algebiomasse på en lokalitet om sommeren skyldes naturlig gunstige vekstbetingelser for planktonalger, for eksempel fra hydrografisk betingede tilførsler av næringssalter. Også fysisk oppkonsentrering av algeceller eller strømdrevet transport av algeceller kan gi høye klorofyllverdier på en gitt lokalitet. Data fra algeanalyser gir et sikrere grunnlag for å vurdere klorofyllanalysene.

Klorofyll-a-analysene (medianverdiene fra 2 m dyp) fra sommertoktene er benyttet til å klassifisere tilstanden til stasjonene (*Figur 5-19*). Kriteriene for klassifisering er bare gitt for vann med saltholdighet høyere enn 20 PSU (SFT 1997). Stasjonene i Drammensfjorden (med middels høye verdier), Grenlandsfjordene og innenskjærs i Østfold (hvor de høyeste verdiene ble observert) er vurdert i henhold til sjøvannskriterier og inkludert i figuren.

Sammenlignet med 2001 er det en generelt økt mengde klorofyll på flere stasjoner. Dette gjelder både i hovedfjorden (OF-5) og lokalt (TØ-1, D-2, SF-1). Torbjørnskjær (OF-1) er i 2002 klassifisert som I Meget god, mens den var i Tilstandsklasse II God i fjor.



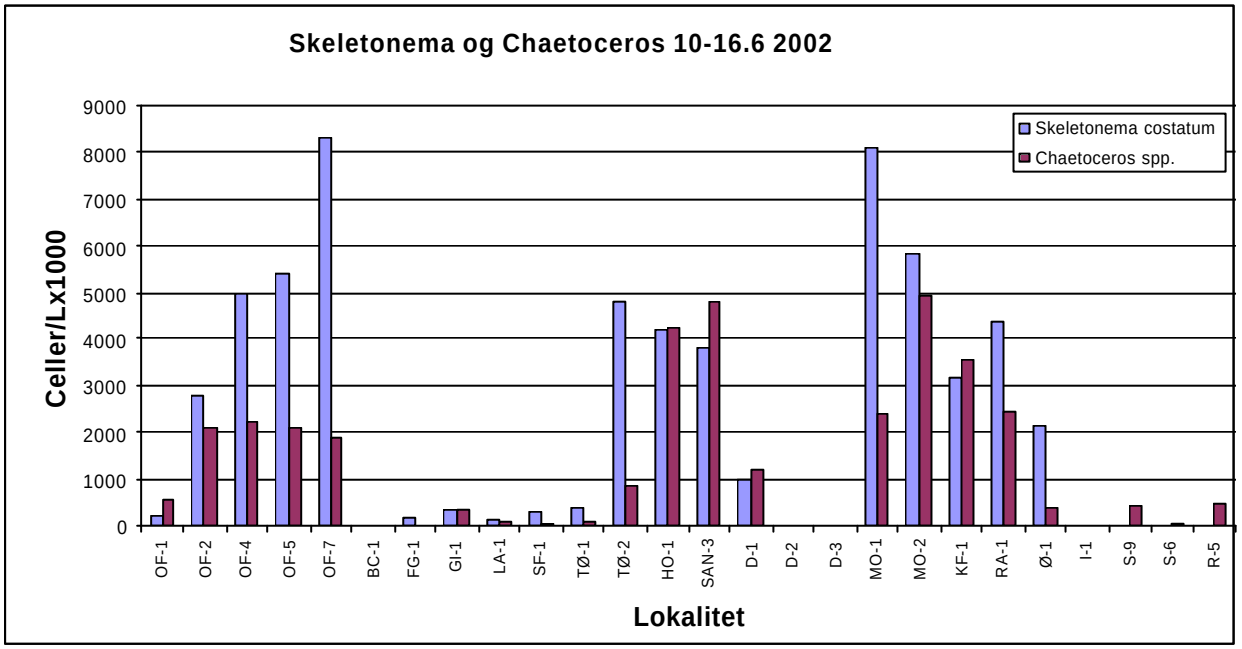
Figur 5-19 *Klassifisering av vannkvaliteten på grunnlag av analyser av klorofyll-a fra seks vannprøver fra sommersesongen (juni-september) 2002.*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.5.2 Algesituasjonen i 2002

Som i 2001 ble en rekke alger observert i høye konsentrasjoner i sommerperioden. Samlet sett viste algeforholdene indikasjoner på eutrofiering, men det var markerte forskjeller mellom de enkelte områdene av ytre fjord også i 2002. Oppblomstringene i hovedfjorden (OF-stasjonene) var oftest dominert av andre alger enn i innenskjærs farvann på begge sider av fjorden. Den mest markerte algen i 2001 (kiselalgen *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*) ble observert bare i mindre forekomster i 2002.

I de åpne områdene av fjorden var oppblomstringene dominert av kiselalger (*Dactyliosolen fragilissimus*, *Chaetoceros* spp. og *Skeletonema costatum*) som ellers er vanlige i norske kystfarvann. I flere tilfeller var dette oppblomstringer som dekket større områder av indre Skagerrak og kan ha sammenheng med tilførsler av næringssalter utenfra. Et eksempel på den geografiske fordelingen av en blandet kiselalgeoppblomstring i med hovedutbredelse i de åpne delene av fjorden er vist i *Figur 5-20* Tilsvarende fordelinger ble observert under oppblomstringer av store dinoflagellater. Generelt høye konsentrasjoner av algeplankton i Skagerrak- og Kyststrøm-influerte områder indikerer at vekstbetingelsene i de åpne områdene er gunstige for en rekke alger.



Figur 5-20 *Skeletonema og Chaetoceros i midten av juni.*

Innenskjærs på begge sider av hovedfjorden var det markerte oppblomstringer gjennom sommeren og høsten. Det var store bestander av små kiselalger (*Cyclotella caspia, Chaetoceros throndsenii*) og dinoflagellaten *Prorocentrum minimum.* Oppblomstringene av *Chaetoceros throndsenii* var det som skilte 2002 mest fra 2001. Denne arten er observert nå og da, spesielt i Østfold, men ikke dokumentert i så store forekomster som i 2002. Den er derfor ikke en nyinnvandrer i området. Den tilhører en gruppe av små solitære *Chaetoceros*-arter som ofte finnes i eutrofierte brakkvannsområder. Det er for tidlig å avgjøre om den har betydning for vurderingen av eutrofiforholdene i Ytre Oslofjord, men det er verdt å merke seg at den hadde oppblomstringsmengder i alle de mest utpregede brakkvannsområdene i Drammensfjorden, Østfold og Grenlandsområdet (

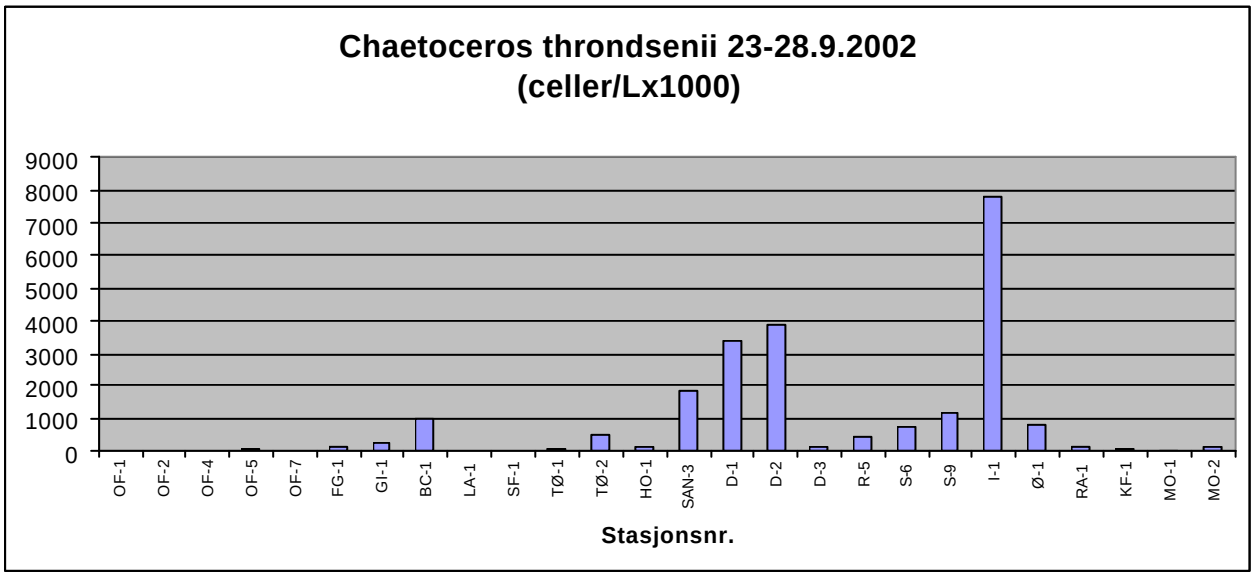
Prorocentrum minimum er en karakterart for ytre Oslofjord, spesielt Østfold. Utbredelsen av *Prorocentrum minimum* var omtrent som i 2001, med maksimum innenskjærs i Østfold. *Prorocentrum minimum* ble første gang dokumentert i Nord-Europa under en massiv oppblomstring på begge sider av

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

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.

Oppblomstringene av *Cyclotella caspia* hadde også i 2002 sitt utspring i innenskjærs områder i Østfold, slik det er kjent fra flere oppblomstringer tidligere. I 2002 hadde den en markert oppblomstring i Drammensfjorden, som ikke er vanlig (ikke dokumentert tidligere?). *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.

Vekstbetingelsene for planktonalger i brakkvannsområdene var preget av unormalt høye N/P-forhold. Dette kan indikere en eutrofieringseffekt i form av overgjødsling av nitrat som her først og fremst kan knyttes til ferskvannsavrenning. Det kan også være grunn til å se på den skjeve næringstilgangen som en viktig årsak til at artsssammensetningen ("biodiversiteten") i brakkvannsområdene (Drammensfjorden, Østfold, Grenland) skiller seg markert fra de åpne delene av ytre Oslofjord.



Figur 5-21 *Celletall av Chaetoceros throndsenii 23.-28. september 2002.*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

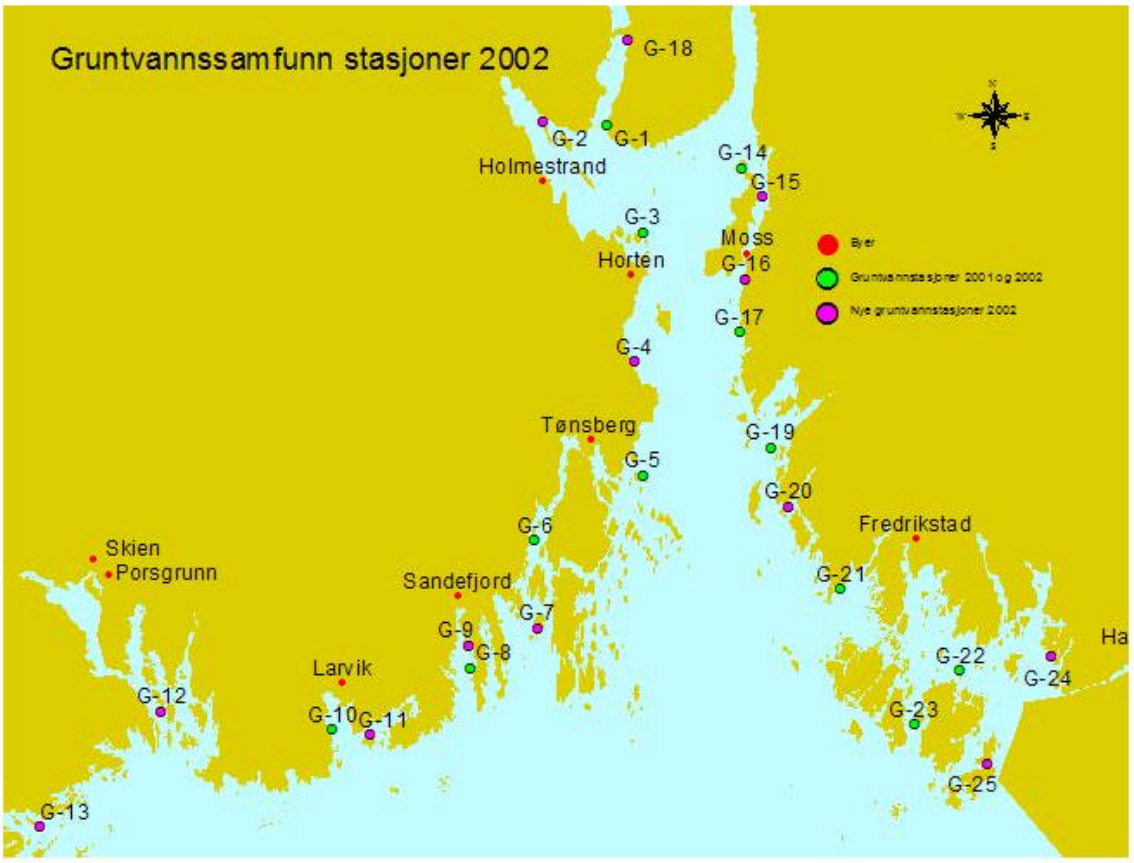
I tillegg til algene som er nevnt ovenfor som indikatorarter på eutrofiering, ble det gjort en spesialanalyse av dinoflagellatslekten *Dinophysis*. Disse dinoflagellatene er nevnt av OSPARCOM som eutrofieringsindikatorer. Disse artene ble omtrent ikke funnet i det antatt eutrofierte innerste området i Østfold (Iddefjorden), men det er uklart om dette skyldes andre miljøforhold, som for lav saltholdighet. Det er tvilsomt, basert på observasjoner ellers i Norge og i denne undersøkelsen, om *Dinophysis*-artene kan regnes som generelle eutrofieringsarter.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

6 GRUNTVANNSSAMFUNN

6.1 Generelt

Undersøkelsen i 2002 tar kun for seg hardbunnssamfunn med vekt på alger i fjæresonen, mens 2001 undersøkelsen omfattet både fjæresonen og hardbunn ned til største dyp for forekomst av alger og dyr. Årsaken til at årets undersøkelse er begrenset til fjæresonen er at effekten av eutrofiering ofte gir størst effekt på artsammensetningen i fjæresonen sammenliknet med dypere hardbunnsområder. Videre var det ønskelig å undersøke et større antall stasjoner sammenliknet med 2001, derfor er det for 2002 undersøkt 25 stasjoner mot 12 i 2001 (*Figur 6-1*).



Figur 6-1 *Stasjoner for undersøkelse av hardbunnssamfunn i fjæresonen i perioden 15. – 22. august 2002.*

Økt næringsinnhold i vannet gir næring til økt vekst av alger i littoralsonen, spesielt for opportunistiske alger som ettårige grønnalger. Disse har evnen til å utnytte overskudd av nitrogen i vannet svært raskt, og har dermed stort vekstpotensial på bekostning av flerårige arter. Dette kan føre til reduksjon i artsmangfoldet og dermed en forskyvning av forholdet mellom rød, brun og grønnalgearter mot flere grønnalgearter. De fleste "masseoppblomstringene" av opportunistiske makrogrønnalger forekommer i fjæresonen, det er derfor et viktig område for registrering av effekter av eutrofiering.

Bruk av fjæresamfunnet som indikator på eutrofiering innebærer en del usikkerhet. Fjæresamfunnet er ikke særlig sensitivt for kortvarige høye konsentrasjoner av næringssalter, eller for svak eutrofiering over

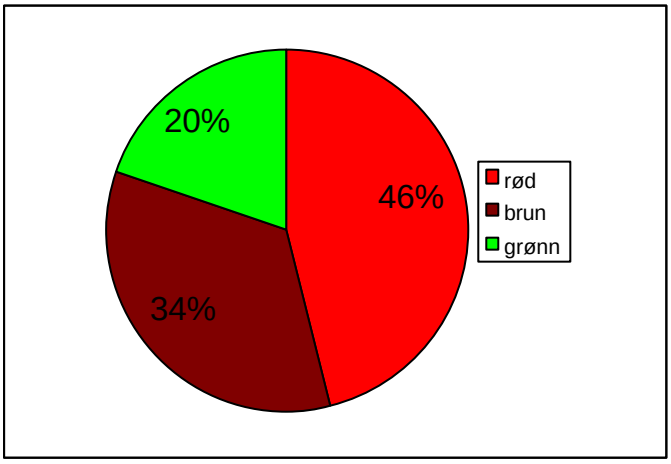
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

lang tid. Det vil med andre ord si at signifikant målbare effekter på fjæresamfunnet forekommer i områder med langtidseksponering av forhøyede næringssaltkonsentrasjoner, ofte lokalt i områder med liten vannutskiftning eller i nærheten av utslippskilder for næringssalter. Videre vil variasjonen i fjæresamfunnet i svakt til moderat eutrofierte områder også være preget av andre styrende faktorer som ferskvannspåvirkning, bølgepåvirkning og is skuring. Beitepress kan også påvirke algesamfunnet. Undersøkelser har vist at strandsnegl (*Littorina sp*) som typisk beiter på alger, prefererer *Enteromorpha*-arter (www.zoo.uib.no).

Den relative fordelingen mellom rød, brun- og grønnalger i uforurensede sørnorske farvann er vurdert å være:

45 ±10 %: 35 ±10 %: 15 ±15 % (NIVA 1992)

Sammenstilling av resultater fra 20 strandsoneundersøkelser på åtte semieksponert og beskyttede stasjoner i Aust-Agder viser en fordeling mellom rød:brun:grønn på 46 %:34 %:20 % (Figur 6-2) (NIVA 1996). En økt andel grønnalger i forhold til denne fordelingen kan tyde på eutrofe forhold.

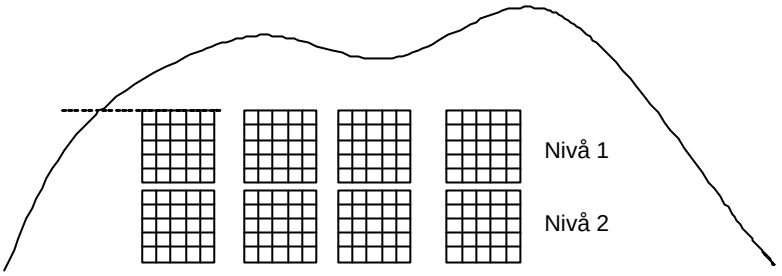


Figur 6-2 *Gjennomsnittlig forhold mellom antall arter av rød-, brun- og grønnalger registrert i fjæra ved 20 strandsoneundersøkelser foretatt i Aust-Agder (NIVA 1996).*

6.2 Observasjoner 2002

Fastsittende makroalger og dyr ble kvantitativt registrert ved å registrere antall arter og dekningsgrad for hver art innen en ramme på 1 x 1 m. Rammen er delt inn i 10 x 10 cm ruter og registreringene ble gjennomført i halvparten av rutene, hvilket gir et representativt bilde av alge og dyrefordelingen innen hele rammen. Det ble foretatt registreringer på 2 nivå, nivå 1 i midlere lavvannsmerke (øvre del av rurbeltet) og en meter ned, nivå 2 ble satt like under nivå 1. Det ble foretatt registreringer i fire rammer på hvert nivå som illustrert i *Figur 6-3*. Plasseringen av rutenettet ble merket, fotografert og registrert i forhold til retning og geografiske koordinater. Dekningsgraden av arten i ruten betegnes som prosentandelen av ruten som dekkes av algen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

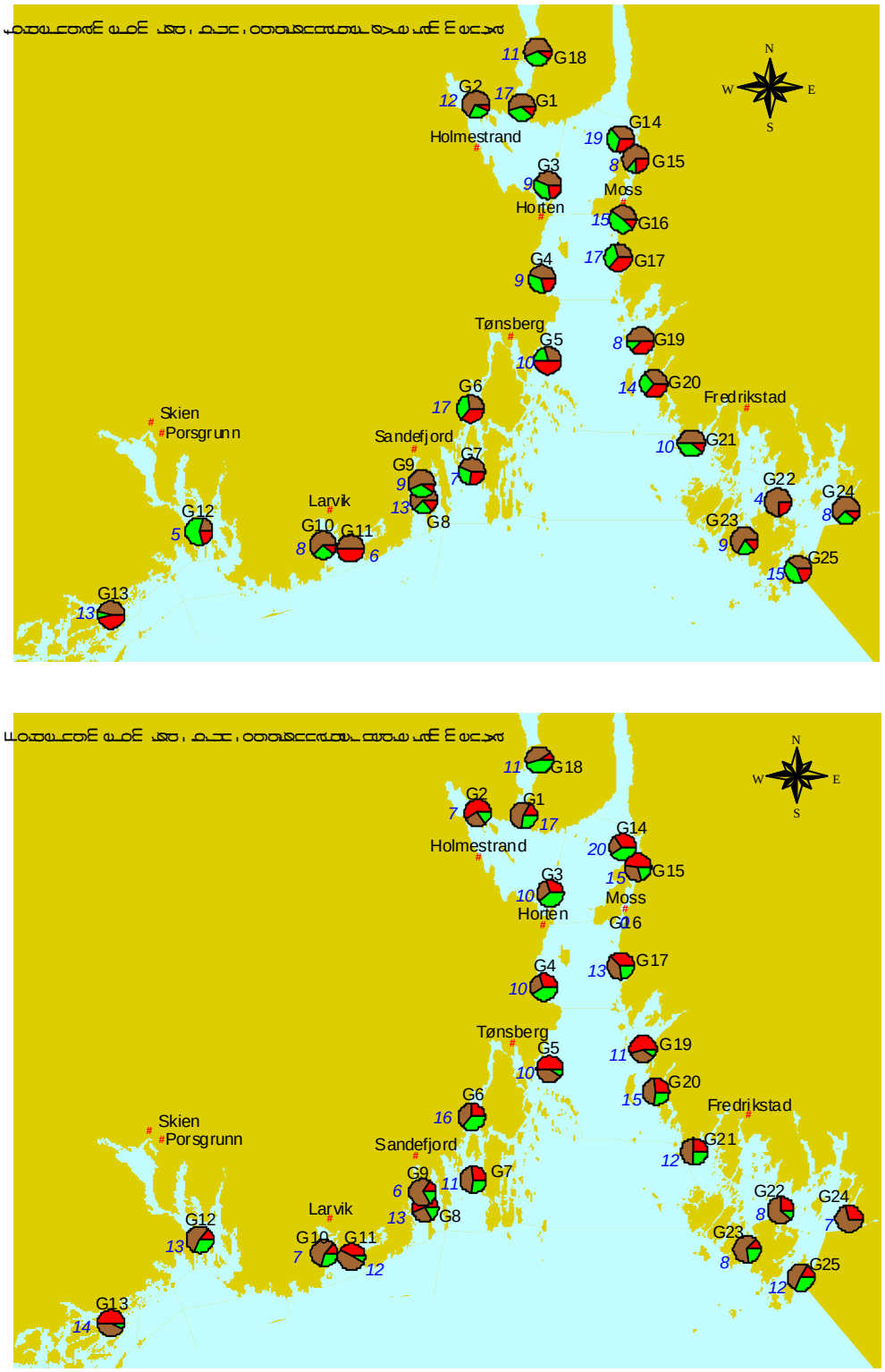


Figur 6-3 *Illustrasjon av rammeplassering i fjæra. Rammene festes med to bolter slik at nøyaktig samme område undersøkes fra år til år.*

Artslister for flora og fauna er gitt i Appendiks A. I listen er det ført opp både latinske og norske navn der det finnes. Listen over observerte algearter er hovedsakelig basert på makroskopiske arter med de vanligste epifyttene. Artsbestemmelsen for epifytter innen slektene *Sphacelaria* spp., *Ectocarpus* spp., *Pilayella* sp., og for grønnalger innen slektene *Cladophora* spp. og *Enteromorpha* spp. er basert på mikroskopiske kjennetegn.

Kartene i *Figur 6-4* presenterer fordelingen mellom antall rød-, brun- og grønnalger i henholdsvis øvre og nedre rammenivå. De fleste stasjonene med høy andel grønnalger i nivå 1 har også høy andel i nivå 2. Stasjonene som skiller seg ut med høyest andel grønnalger, uavhengig av registreringsnivå, er stasjon G18, G3 og G4, i henholdsvis Hurum, Horten og Åsgårdstrand, stasjon G12 i Grenlandsfjorden, G14, G16 og G17 nord og sør for Moss, samt G21 utenfor Fredrikstad og G25 nede mot svenskegrensen. Det er viktig å bemerke at det ikke er tatt hensyn til mengden (dekningsgrad) av hver enkelt algeart på stasjonene, men kun antall arter. På enkelte stasjoner kan dette være misvisende, som for eksempel på stasjon G10 i Larviksfjorden hvor grønnalger dominerer i fjæresona, men kun med et par arter. Det er derfor viktig å gjøre analyser hvor en tar hensyn til dekningsgraden av de forskjellige artene, i denne rapporten er det er gjort med multivariate analyser.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

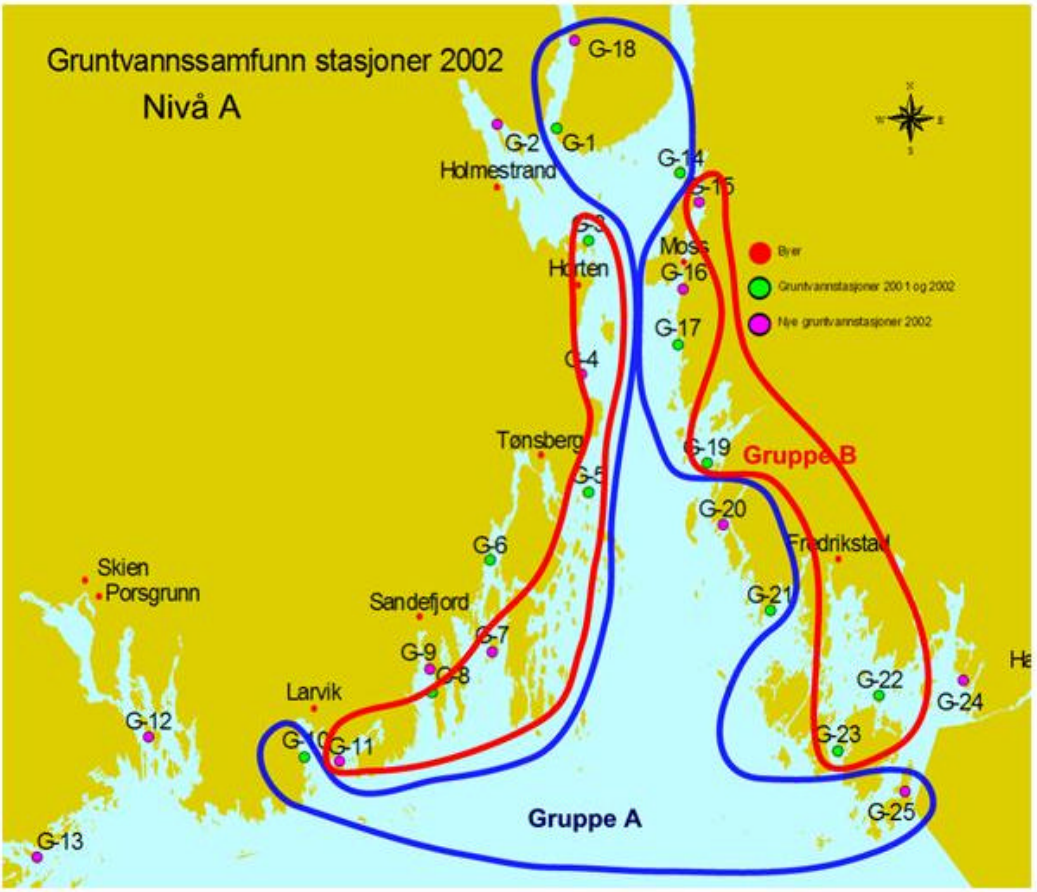


Figur 6-4 *Fordeling mellom antall rød- brun- og grønnalger på hver stasjon i to nivåer. Det totale antall arter registrert på hver stasjon er skrevet med blått i kursiv*

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av likhet i artsantall og dekningsgrad av algearter. Ved klassifikasjon og ordinasjon beregnes først likheten mellom hver stasjon og alle andre stasjoner. Resultatet sammenstilles i en tabell som benyttes i de videre analyser.

Resultatet av grupperingen basert på likhetsanalysen for det øvre nivået er presentert i *Figur 6-5*.



Figur 6-5 *Gruppering av stasjoner i to hovedgrupper for nivå 1 (tilsvarende Nivå A som det står i kartet)*

Det er mulig å skille ut to grupper, en gruppe A som domineres av blæretang, tarmgrønske og fjæreblod, og en gruppe B som domineres av blæretang og fjæreblod.

Gruppe A: G14, G18, G10, G21, G20, G1, G25

Gruppe B: G4, G24, G8, G15, G7, G23, G11, G19, G3, G5

Videre er det enkelte stasjoner med høy andel av grønnalger som for eksempel tarmgrønske og havsalat som ikke er med i gruppe A pga liten tilstedeværelse av blæretang og/eller fjæreblod. Dette er stasjon G6, G12, G16 og G24.

Stasjon 17 er spesiell med hensyn på at det er stor dominans av blåskjell på begge registreringsnivå, dette fremkommer ikke av analysen.

Gruppe A inklusive G6, G12, G16 og G24 viser stasjonene med størst dominans av grønnalger i øvre nivå. Den geografiske fordelingen av stasjonene viser at stasjonene på vestsiden av fjorden, med høy andel grønnalger, ligger relativt langt inne i fjordene (Grenlandsfjorden, Larviksfjorden, Tønsbergfjorden

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

og ytre del av Drammensfjorden). Disse fjordene, med unntak av Tønsbergfjorden har stor tilførsel av ferskvann fra elver. Alle fjordene ligger utenfor byer. På østsiden av fjorden er bildet litt annerledes. Her ligger stasjoner med relativt høy forekomst av grønnalger også i områder langt ute i fjordene, og i områder som ligger direkte ut mot hoveddelen av Oslofjorden (f.eks stasjon G14 og G16). G21, G24 og G25 er alle stasjoner med mer eller mindre påvirkning fra Glomma.

6.3 Samlet vurdering

Likhetsanalyser viser at det er få stasjoner som har stor likhet med hensyn på forekomsten av arter på stasjonene. Når man derimot ser på de mest dominerende artene er det klart større likhet. Fordelingen mellom antall rød-, brun- og grønnalger viser til dels det samme mønsteret som de multivariate likhetsanalysene, spesielt for øvre registreringsnivå. Dette underbygger følgende vurdering.

Stasjonene som skiller seg ut med hensyn på høy andel ettårige grønnalger er G12 (Grenlandsfjorden), G10 (Larviksfjorden), til dels G6 i Tønsbergfjorden, G1 og G18 i ytre del av Drammensfjorden (utenfor Svelvikstrømmen), G 14 på Bevøya, G 16 like syd for Moss, G20 litt Nord for Hankø, samt G21, G24 og G25 i Hvaleområdet. I Sandefjordsfjorden var det ikke noe klart tegn på dominans av grønnalger, men i havneanlegget innerst i fjorden ble det observert store mengder havsalat som dekket hele bunnen over store områder.

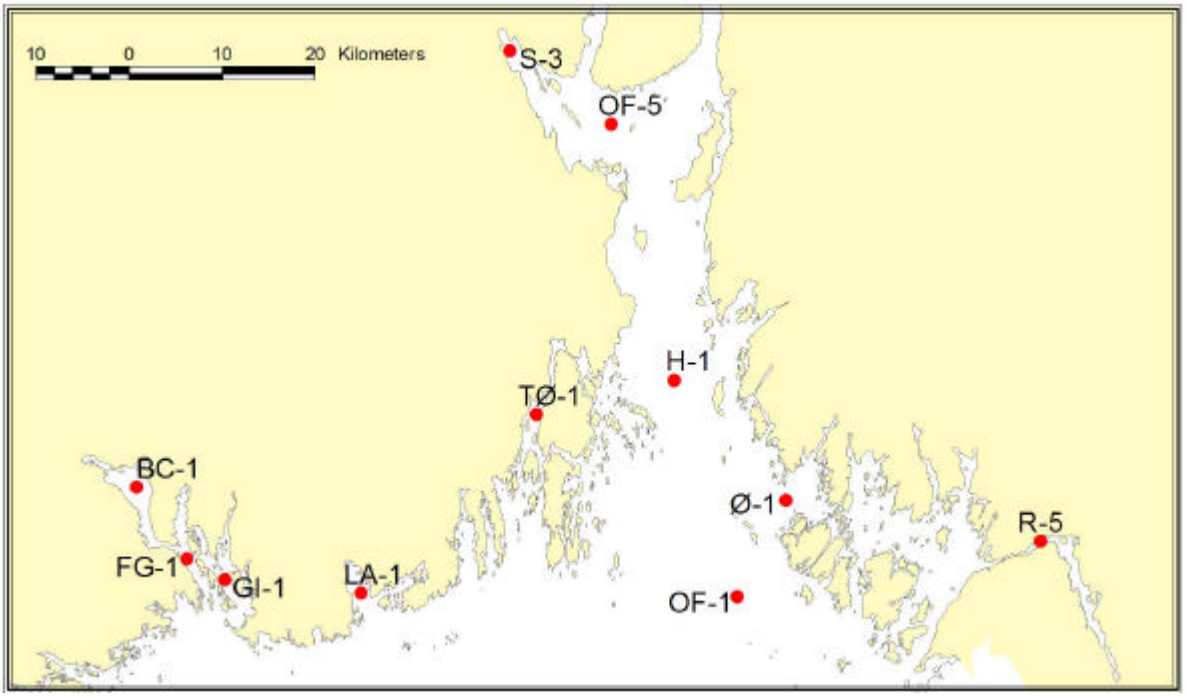
I de ytre områdene i sørvestlige deler av fjorden, fra Tønsberg til Kragerø, bærer hardbunnsamfunnet ingen tydelige preg av eutrofiering eller ferskvannspåvirkning. På østsiden kan det være tegn til effekter av eutrofiering i Hvaleområdet, men dette kan også komme av ferskvannspåvirkning. I indre del av Ytre Oslofjord forekommer tegn på eutrofiering både innerst i fjorder (G18) og lengre ute mot den åpne delen av Oslofjorden (G1 og G14). For den fremtidige sammenlikningen av stasjoner fra år til år er det viktig å ta hensyn til at sommeren 2002 var en spesiell sommer med høye sjøvannstemperaturer over en lang periode. Dette kan selvsagt virke inn på artsfordelingen i algesamfunnet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

7 BLØTBUNNSFAUNA

7.1 Stasjoner

Det ble prøvetatt fauna og sediment fra 11 stasjoner i Ytre Oslofjord, plassert fra Filtvedt og ytre deler av Drammensfjorden ut til Torbjørnskjær samt i Hvaler området og Singlefjorden.



Figur 7-1 *Stasjonsplassering for bløtbunnsprøvetaking*

7.2 Sedimentkarakteristika og innhold av organisk materiale

Sedimentet på de fleste bløtbunnsstasjonene har en stor andel finstoff (> 90 %) og kan karakteriseres som homogent og fint. Unntaket er stasjon BC-1 som har en finstoffandel på 82,6 %.

Innholdet av målt TOC i sedimentet tilsvarer SFTs (97:03) tilstandsklasse I ”meget god” på 4 stasjoner (OF-1, OF-5, H-1 og S-3). 4 stasjoner har TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse II ”god” (TØ-1, LA-1, FG-1 og Ø-1). 2 stasjoner har TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse III ”mindre god” (BC-1 og GI-1). Stasjon R-5 har et TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse V ”meget dårlig”.

Sammenlignet med verdiene funnet ved fjorårets undersøkelse, har felles stasjoner (OF-1, OF-5, H-1 og Ø-1) et relativt likt innhold av TOC i sedimentet. Unntaket er stasjon R-5 (Ringstadfjorden) hvor TOC innholdet har steget fra 1,6 % i 2001 til 4,5 % i 2002.

Stasjon R-5 er en grunn stasjon lokalisert nær land og årsaken til forskjellen kan være prøvetakings-tidspunktet. Prøvetakingen i 2001 foregikk i vinterperioden (februar) med lite nedbør og avrenning fra land. Prøvetakingen i 2002 foregikk i begynnelsen av april og avrenning fra land og økt tilførsel via elver etc. kan være årsaken til denne økningen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 7-1 *Andel finstoff (prosent) og totalt organisk karbon (g/100g = %) i sedimentet. Merk at tilstandsklasseinndelingen er uttrykt som mg/g iht. SFTs veiledning*

Stasjon	Sted	Dyp i m	Korn < 63um	TOC i %	Normalisert TOC mg/g	Tilstandsklasse målt TOC	Tilstandsklasse normalisert TOC
TØ-1	Tønsberg	52	99,3	2,1	21,2	II	II
LA-1	Larvik	105	98,3	2,1	21,3	II	II
FG-1	Langesund	106	95,2	2,7	33,1	II	III
BC-1	Frierfjorden	96	82,6	3,0	30,1	III	III
GI-1	Håøyfjorden	208	99,2	3,0	30,1	III	III
OF-1	Torbjørnskjær	452	99,3	1,6	16,1	I	I
R-5	Ringstadfjorden	34	96,2	4,5*	45,7	V	V
Ø-1	Leira	50	99,0	2,1	21,2	II	II
H-1	Rauø	343	99,1	1,6	16,2	I	I
OF-5	Breiangen	199	98,6	1,5	15,3	I	I
S-3	Sandebukta	44,5	99,5	1,3	13,1	I	I

**TOC innholdet på denne stasjonen ble i første omgang analysert til å være 5,1 %. Imidlertid var dette svært høyt i forhold til fjoråret hvor verdien var 1,6 %. Prøven ble derfor analysert på nytt (3 analyser) TOC innholdet i snitt i henhold til de nye analysene var 4,5 % (variasjon 4,5 – 4,6).*

7.3 Diversitet og dominans

Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES_{100} (forventet antall arter på 100 individer) er vist i *Tabell 7-2*.

Tabell 7-2 *Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wieners diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES_{100}*

Stasjon	Sted	Dyp i m	S	N	H'	J	ES_{100}	Tilstandsklasse	
								H'	ES_{100}
TØ-1	Tønsberg	52	39	1667	3,5	0,7	16	II	III
LA-1	Larvik	105	72	656	4,8	0,8	33	I	I
FG-1	Langesund	106	41	408	4,0	0,7	23	I	II
BC-1	Frierfjorden	96	4	9	1,8	0,8	3	IV	V
GI-1	Håøyfjorden	208	7	138	1,2	0,4	6	IV	IV
OF-1	Torbjørnskjær	452	45	1959	3,1	0,6	14	II	III
R-5	Ringdalsfjorden	34	31	657	2,7	0,5	14	III	III
Ø-1	Leira	50	56	453	4,0	0,7	27	I	I
H-1	Rauø	343	38	443	3,5	0,7	20	II	II
OF-5	Breiangen	199	35	607	3,7	0,7	20	II	II
S-3	Sandebukta	44,5	49	694	4,3	0,8	27	I	I

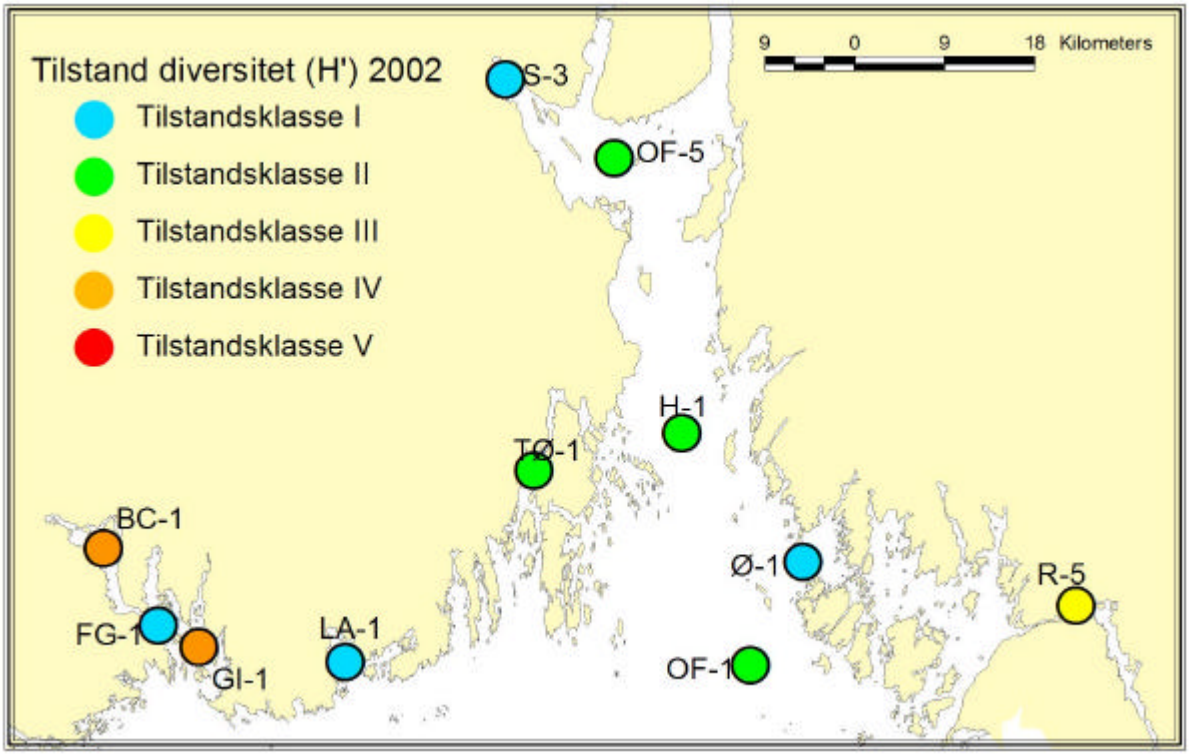
Bløtbunnsamfunnet blir vanligvis betraktet som uforstyrret når diversitetsindeksen (H') ligger over 4. Verdier mellom 3 og 4 kan tyde på en moderat påvirkning eller andre forstyrrende faktorer, mens verdier mellom 2 og 3 er unaturlig lave og tyder på en forstyrret bunnfauna. Indeksverdier under 2 tyder på en klart påvirket bunnfauna, beskrevet i Aschan og Skullerud (1990).

Diversitetsindeksen (H') tilsvarer SFTs (97:03) tilstandsklasse I "meget god" på 4 stasjoner (LA-1, FG-1, Ø-1 og S-3). 4 stasjoner hadde en diversitetsindeks (H') tilsvarende tilstandsklasse II "god". Stasjon R-5 har en diversitetsindeks tilsvarende tilstandsklasse III "mindre god". Stasjon BC-1 og GI-1 hadde

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

diversitetsindekser tilsvarende tilstandklasse IV ”dårlig”. I *Figur 7-2* er dette illustrert i et kart over stasjonene.

Basert på en sammenstilling av diversitetsindeksen (H’), Pielou’s jevnhetsindeks (J) kan stasjonene OF-1, GI-1 og R-5 betraktes som mulig påvirket.



Figur 7-2 *Klassifisering av tilstanden til stasjoner på basis av Shannon Wieners diversitetsindeks (H’) basert på kriterier gitt i SFT 97:03*

På basis av ES_{100} verdien klassifiseres 3 av stasjonene i SFTs tilstandsklasse I, "meget god", som tilsvarer verdier over 26 (stasjon LA-1, Ø-1 og S-3). Stasjon FG-1, H-1 og OF-5 har verdier tilsvarende tilstandklasse II ”god”. ES verdiene på stasjon TØ-1, OF-1 og R-5 tilsvarer tilstandklasse III ”mindre god”. Stasjon GI-1 og BC-1 har verdier tilsvarende tilstandklasse IV ”dårlig” og V ”meget dårlig”. Disse to stasjonene hadde også de laveste diversitetsindeksene.

Fire av stasjonene faller i ulik tilstandsklasse avhengig av hvilken diversitetsindeks som legges til grunn. TØ-1 endres fra tilstandklasse II (basert på H’) til tilstandsklasse III (basert på ES). FG-1 endres fra tilstandsklasse I (basert på H’) til II (basert på ES). BC-1 endres fra tilstandklasse IV (basert på H’) til V (basert på ES). OF-1 endres fra tilstandsklasse II (basert på H’) til III (basert på ES).

Generelt vil ES_{100} verdier under 20 indikere at bunnfaunasamfunnet er forstyrret.

Ser man på hele bildet er det spesielt stasjon BC-1 og GI-1 som skiller seg ut som tydelig påvirket, stasjon R-5 er noe mindre påvirket enn de to førstnevnte. Faunaen på stasjon TØ-1, H-1 og OF-5 kan karakteriseres som lettere påvirket.

Det er nødvendig å merke seg at dette bare er indekser som viser generelle trekk i en rekke komplekse økologiske data. Det er derfor nødvendig å sammenholde dette med artssammensetning og andre faktorer

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

som f.eks. dyp og sedimenttype på de enkelte stasjoner for å komme frem til mer riktige økologiske konklusjoner. For eksempel er det et avvik mellom hvilken tilstandsklasse en stasjon havner ut i fra om en benytter diversitetsindeks eller ES som grunnlag. Dette antyder at tilstandsgrupperingene i veilederen ikke er absolutt.

7.4 Sammenligning med tidligere års undersøkelser

Data fra undersøkelsen utført av DNV i 2001 og 2002 er sammenlignet med data fra tidligere undersøkelser (NIVA, 1990; NIVA, 1995; NIVA, 1996; NIVA, 2000; NIVA, 2001 og UiO, 1995). Sammenligningen er gjort på parametrene diversitet (H'), antall arter (S) og antall individer (N) på stasjoner som er lokalisert i noenlunde samme område og dyp, se oversikt i *Tabell 7-3*. Det gjøres oppmerksom på at data fra 2001 og 2002 er summen av 3 grabber (areal 0,3 m^2) som sammenlignes med summen av 4 grabber (areal 0,4 m^2) prøvetatt tidligere år.

Tabell 7-3 *Oversikt over parametrene dyp, diversitet, antall arter og individer på felles stasjoner undersøkt i 2002 og 2001 samt på tidligere undersøkte sammenlignbare stasjoner*

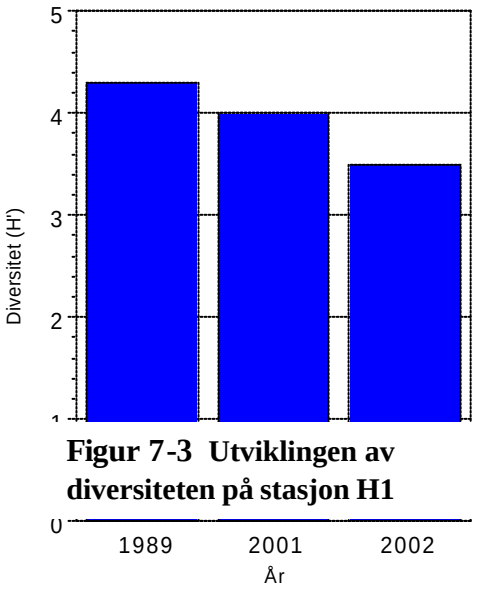
DNV Stasjon	Sted	Dyp (m)	H'		S		N		NIVA/UIO Stasjon*	Dyp* (m)	H'*	S*	N*
			2001	2002	2001	2002	2001	2002					
OF-5	Breiangen	199	3,6	3,7	31	35	716	607	10 (1989)	190	3,8	33	204
H-1	Rauø	343	4	3,5	49	38	751	443	24 (1989)	306	4,3	41	373
OF-1	Torbjørn-skjær	452	3,6	3,1	53	45	1632	1959	A460 (1999)	452	3	47	1269
Ø-1	Leira	50	4,1	4,0	62	56	790	453	28 (1989)	32	3	47	1430
GI-1	Håøy-fjorden	212		1,2		7		138	H2 (1994)	200	1,3	11	1302
R-5	Ringstad-fjorden	34	3,2	2,7	37	31	907	657					

** Tidligere undersøkte stasjoner lokalisert i samme område som stasjoner undersøkt i 2001.*

Det ble gjennomført undersøkelser i Frierfjorden i 2001 av NIVA (NIVA, 2002). Ingen av stasjonene som ble prøvetatt ligger på samme sted som BC-1 (96 m). Resultatene fra 2001 viste at bløtbunnsfauna manglet på større dyp enn 50 – 60 m og at forurensningsømfintlige arter var borte, samt at tolerante arter dominerte i overgangssonen mellom grunne og dype områder.

På stasjon OF-5 i Breiangen er både diversitet (H') og antall arter (S) relativt likt ved alle undersøkelser.

På stasjon H-1 ved Rauø har diversiteten gått ned fra 4 i 2001 til 3,5 i 2002, også antall arter har gått noe ned. Ved undersøkelsen i 1989 hadde denne stasjonen en diversitetsindeks (H') på 4,3, Figur 7-3.



Figur 7-3 Utviklingen av diversiteten på stasjon H1

På samme måte har diversitetsindeksen gått ned med ca. 0,5 på stasjonene R5 og OF-1.

På stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær har diversiteten sunket noe siden 2001, men er relativ lik med diversiteten funnet i 1989.

I områdene ved stasjon Ø-1 (Leira), hvor det i de to siste undersøkelsene (2001, 2002) ble funnet et friskt bunndyrsamfunn, ble det i 1989 funnet et lett forstyrret bunnfaunasamfunn.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

I området ved stasjon GI-1 er tilstanden noe svekket siden undersøkelsen i 1994 (NIVA; 1995) med langt færre individer funnet på stasjonen. Diversitetsindeksen er imidlertid relativt lik og tilsvarer samme tilstandsklasse.

Mindre endringer i diversitetsindeksene kan skyldes ulikt prøvetakingstidspunkt på året samt naturlige endringer over år.

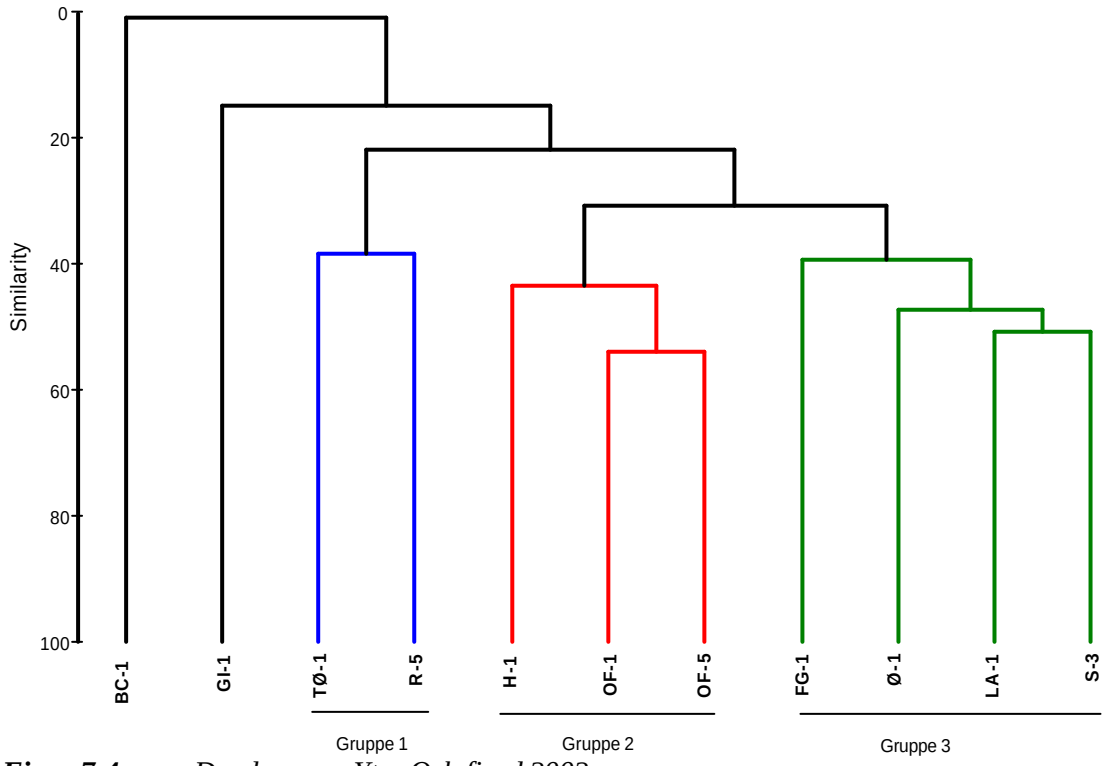
7.5 Likhetsanalyser

Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av faunalikhet. Ved klassifikasjon og ordinasjon beregnes først likheten mellom hver stasjon og alle andre stasjoner. Resultatet sammenstilles i en tabell som benyttes i de videre analyser. Resultatene fra klassifikasjons- og ordinasjonsanalysen presenteres i dendrogram og MDS plott (*Figur 7-4* og *Figur 7-5*). Disse viser at stasjonene deler seg inn i 3 hovedgrupper ved ca. 40 % likhet, mens stasjon BC-1 og GI-1 ikke inngår i noen grupper.

Gruppe 1: TØ-1 og R-5; dyp 52 og 34 m

Gruppe 2: H-1, OF-1 og OF-5; dyp 199 – 452 m

Gruppe 3: FG-1, Ø-1, LA-1 og S-3; dyp 44,5 – 106 m

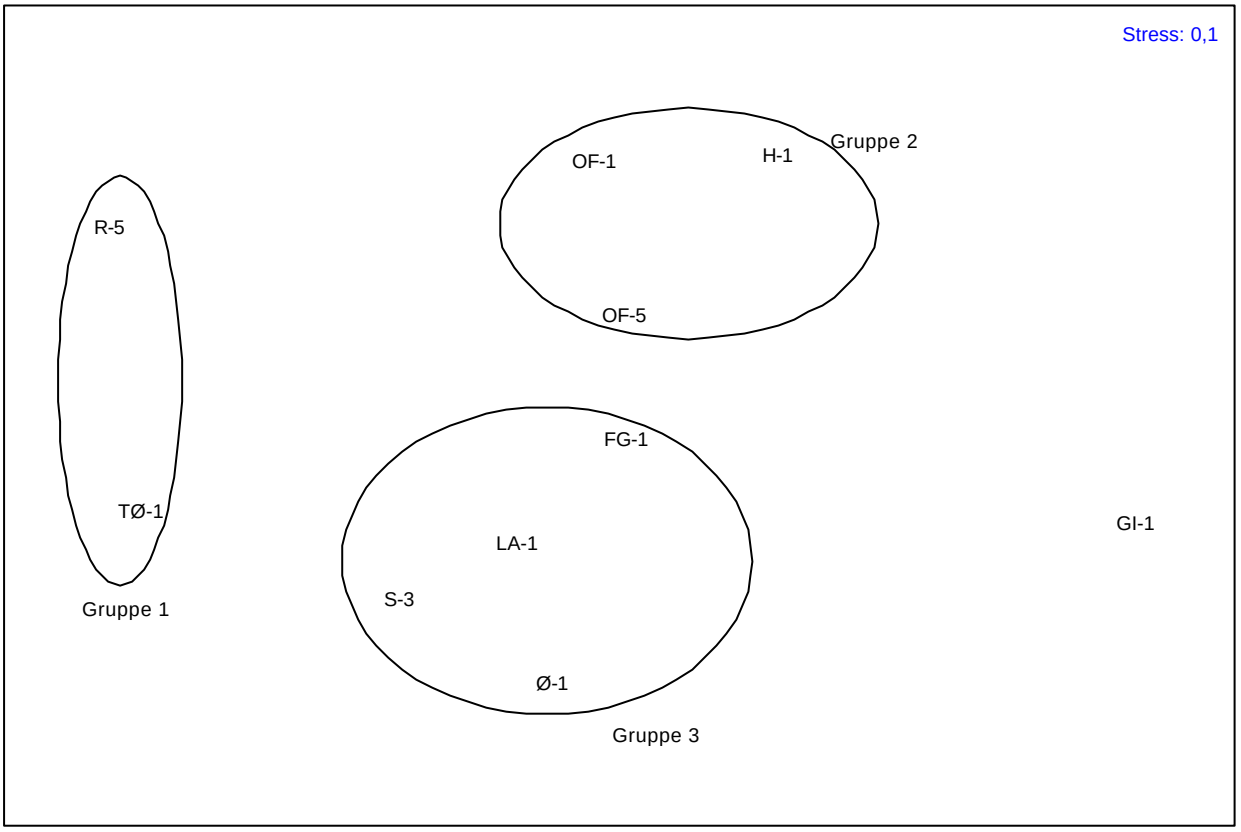


Figur 7-4 *Dendrogram Ytre Oslofjord 2002*

Stasjon BC-1 og GI-1 har en klart påvirket bunnfauna og skiller seg vesentlig ut fra de øvrige. Stasjon BC-1 måtte fjernes fra MDS plottet fordi de øvrige stasjonene klumpet seg sammen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Når man ser bort fra stasjon BC-1 og GI-1 grupperer stasjonene seg klart etter dyp, med de dypeste stasjonene midtfjords i gruppe 2 og stasjonene nærmest land i gruppe 3. Unntaket er stasjonene i gruppe 1. Artssammensetning og diversitetsindekser indikerer at disse er noe påvirket.



Figur 7-5 *MDS plott Ytre Oslofjord 2002. Stasjon BC-1 er ikke tatt med i plottet fordi denne stasjonen skiller seg klart fra de andre*

Simperanalysen viser hvilke arter som bidrar mest til forskjellen mellom gruppene. I *Tabell 7-4* er likheten innen gruppene og mellom gruppene/stasjonene listet opp. Stasjon BC-1 er mest ulik alle de øvrige stasjonene, med høyeste faunalikhet på 3 % med stasjonene i gruppe 1. Stasjon GI-1 som også hadde en klart forstyrret fauna har en faunalikhet med de ulike grupper fra 10 % til 16 %. Faunalikheten var størst mellom gruppe 2 og 3 (31 %) og stasjonene i gruppe 2 hadde høyest innbyrdes faunalikhet (47 %).

Stasjonene i gruppe 1 skilte seg fra de øvrige med et høyt antall av bl.a muslingene *Thyasira sarsii* og *Corbula gibba* samt børstemarkene *Pseudopolydora sp.*, *Scalibregma inflatum* og *Heteromastus filiformis*. I følge Rygg (1995) og Pearson & Rosenberg (1978) er dette særlig utsagnskraftige indikatorarter i forhold til forstyrrelse av økosystemet som kan leve på grensen til et afaunalt område (dvs. et område uten dyr).

Stasjonene i gruppe 2 som er de dype midtfjordsstasjonene har en overvekt av muslingen *T. equalis*, børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Tharyx sp.* Disse artene er ikke beskrevet i Pearson & Rosenberg (1978) som indikatorarter, men er av Rygg (1995) beskrevet som indikatorarter. Imidlertid trives disse artene på dypt vann (Kirkegaard, 1996 og 1992) og dette er antageligvis årsaken til at de dominerer faunaen på disse stasjonene. I følge Wikander (pers.med) er *T. equalis* en typisk dypvannsart som trives på ”ren” bunn, dvs. den trives ikke på organisk belastede lokaliteter. I tillegg blir denne arten

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

relativt gammel (opptil 16 år – sakte voksende) slik at på lokaliteter hvor fullvoksne individer av denne arten finnes, vil arten være en indikator på at forholdene har vært gode over lang tid.

Stasjonene i gruppe 3 skiller seg ut hovedsaklig ved at de har få av de ovenfornevnte artene i faunaen.

Tabell 7-4 *Gjennomsnittlig likhet i % innen og mellom gruppene.*

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	GI-1
Gruppe 1	38			
Gruppe 2	19	47		
Gruppe 3	24	31	44	
BC-1	3	0	1	0
GI-1	10	16	16	

Bioenvanalysen som sammenligner miljøfaktorer med faunadataene viser en lav korrelasjon (0,12 - 0,18) mellom fauna og miljøfaktorer (TOC, kornstørrelse < 63 µm og dyp). Fjerner man stasjonene som skiller seg mest ut i datasettet (BC-1 og GI-1) og i første omgang stasjon BC-1 øker korrelasjonen til 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp og TOC. Fjerner man i tillegg stasjon GI-1 øker korrelasjonen til 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp og TOC. Dette viser at dyp og organisk innhold i sedimentet er en viktig parameter for faunasammensetningen i Ytre Oslofjord.

7.6 Samlet vurdering

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet tilsvarte på de fleste stasjoner SFTs tilstandsklasse I ”meget god” og II ”god”. Stasjon BC-1 (Frierfjorden), GI-1 (Håøyfjorden) og R-5 (Ringstadfjorden) skiller seg ut med relativt høyt innhold av TOC i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse III og V.

Faunaen på de fleste stasjoner i denne undersøkelsen kan beskrives som en normal fjordfauna. Imidlertid hadde spesielt stasjon BC-1 og GI-1 en klart svekket fauna. Faunaen på stasjon R-5 kunne også beskrives som klart påvirket. Stasjon TØ-1 (Tønsberg) skilte seg ut i de multivariate analysene sammen med R-5 og dette kan indikere en lettere forstyrrelse i faunaen på denne stasjonen. Faunaen på noen av de dype stasjonene kan være lettere svekket (redusert H’) pga dypet, innholdet av TOC i sedimentet på de dype stasjonene tilsvarte tilstandsklasse I.

De multivariate analysene viser at dyp og organisk materiale er avgjørende faktorer for faunasammensetningen i Ytre Oslofjordområdet. Felles analyser på datamaterialet fra 2001 og 2002 viste også at stasjonene klart inndelte seg etter dyp. I begge analysene grupperer de dype midtfjordsstasjonene og de ”grunne” stasjoner lokalisert nærmere land seg i hver sin gruppe.

Unntaket er stasjoner med påvirket bunnfauna som skiller seg ut fra disse gruppene.

På tre av stasjonene (H1, R5 og OF1) ble det påvist en nedgang i artsmangfoldet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8 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.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

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

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

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

Magnusson, J. & K. Sørensen, 1996. 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 Olsofjord. NIVA Rapport LNR. 3593-97.

NIVA, 1999. Grenlandsfjordene 1994-1997. Undrsøkelser 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.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

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

- o0o -

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.