

Miljøtilstanden i Ytre Oslofjord

Av Jarle Molvær

Jarle Molvær er forsker ved Norsk institutt for vannforskning, Oslo

Innlegg på seminar
i Norsk Vannforening 15. april 1996

Sammendrag

Grunnlaget for innlegget er en nylig utført vurdering av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. I hovedtrekk karakteriseres graden av eutrofiering som svak - moderat. Der er imidlertid store forskjeller i grad av påvirkning, fra fjordområdets indre deler eller Glommaestuetet til grensen mot Skagerrak i sør.

Vurderingen tyder på overveiende fosforbegrenset planktonalgevekst. Tilførsler av nitrogen fra vassdrag og via vann fra Østersjøen/de svenske vestkystelver dominerer stoffbudsjettet for overflatelaget. Dette begrenser effekten av å rense kommunalt avløpsvann mht. nitrogen. Tallene er usikre, men det beste estimatet er at norske nærings-salttilførsler - for Ytre Oslofjord i gjennomsnitt - øker produksjonen med omkring 10%. Hvis alt nitrogenet utnyttes, blir bidraget omkring det tre-doble.

Kvalitativt sett forventes at reduserte norske tilførsler av nitrogen vil gi lavere næringssaltkonsentrasjoner i brakkvannslag/overflatelag, redusert forkomst av planktonalger og redusert al-

gebiomasse, gjennomgående bedre siktedyp samt dypere grense for vekst av fastsittende alger. Kvantitativt vil effektene varierer over fjordområdet, noenlunde i samsvar med den reduksjon av stoffbudsjettet som oppnås, størst nytteverdi på fjordens østside, indre del og på vestsiden. For behovet for å rense mht. nitrogen, må følgelig tilstand og tidsutvikling i nordre del av Ytre Oslofjord, samt områdene innaskjærs på øst- og vestsiden tillegges størst vekt.

Innledning

I juni 1995 oppnevnte Statens forurensningstilsyn (SFT) en gruppe bestående av forskere fra sentrale marine fagmiljøer for å vurdere ulike spørsmål knyttet til diskusjonen omkring eutrofitilstanden langs norskekysten. Som første oppgave ble gruppen satt til å utrede spørsmål omkring Ytre Oslofjord, spesielt:

- *eutrofitilstand og utvikling*
- *effekter av tilførselsreduksjoner for nærings-salter fra norske kilder, alene og sammen med reduksjoner fra andre land.*

Opgaven var således ikke bare å se på betydningen av nitrogentilførsler,

selv om nitrogen stod sentralt. Gruppen avga sin rapport i slutten av januar 1996 (ANON, 1996), og denne ligger til grunn for den etterfølgende gjennomgang av tilstanden, utviklingstendenser og årsakssammenhengene. Innledningsomtales kort begrepene eutrofi og begrensende faktor for algevekst, som i sluttfasen av arbeidet ble sentrale.

Algevekst og næringsalter i marint miljø

Begrepet eutrofi

Med eutrofiering menes utvikling mot et miljø rikt på næringsalter, først og fremst nitrogen og fosfor. Ved iverksettelsen av EØS-avtalen 1.1 1994 er EUs rådsdirektiv for behandling av avløpsvann fra byområder (91/271/EØF) blitt gjeldende for Norge. Direktivet beskriver eutrofiering som:

"Anrikning av vann med hensyn til næringsstoffer, særlig nitrogen- og/eller fosforforbindelser, som påskynder veksten av alger og høyerestående plantearter, noe som fører til uønsket forstyrrelse av likevekten mellom organismene i vannet og forverring av vannkvaliteten." (art. 2, nr. 11).

Begrensende faktorer for algevekst

Mangel på næringsstoffer vil i de fleste marine områder periodevis begrense veksten av planktonalger. Som begrensende faktor for algeveksten regnes den faktor (nitrogen, fosfor mm.) som bestemmer hvor stor biomasse som kan produseres fram til veksten stagnerer.

For sjøvann regner man at planktonalger i gjennomsnitt tar opp nitrogen og fosfor i forholdet 7.2:1 (som vekt). Dette kalles Redfield-forholdet. Ved forholdstall markert høyere eller lavere antar man til vanlig at mangel på henholdsvis fosfor eller nitrogen kan være begrensende for algeveksten. Omkring dette gjennomsnittlige forholdstallet kan det være store artsforskjeller mht. optimale N/P-forhold, og at planteplanktonet i sjøvannet består til vanlig av en blanding arter - gjerne med ulike N- og P-krav.

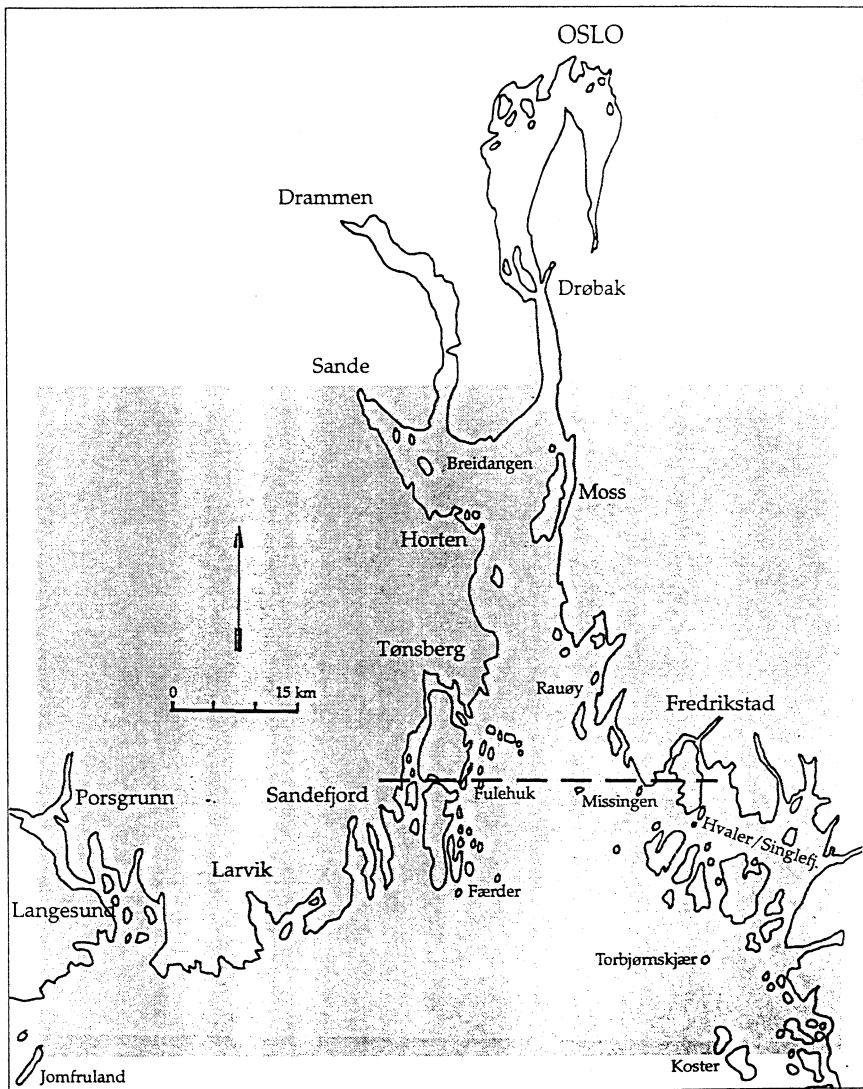
Blanding av ulike vanttper gir ulike N/P-forhold, som illustrert i Tabell 1. Som avløpsvann ble brukt konsentrasjoner i avløp fra et kjemisk renseanlegg, og ferskvannkonsentrasjonene kan være typisk for Glomma. For sjøvann er valgt konsentrasjoner som gir

Tabell 1. Eksempel på N/P-forhold ved blanding av vanttper med ulike N/P-forhold.

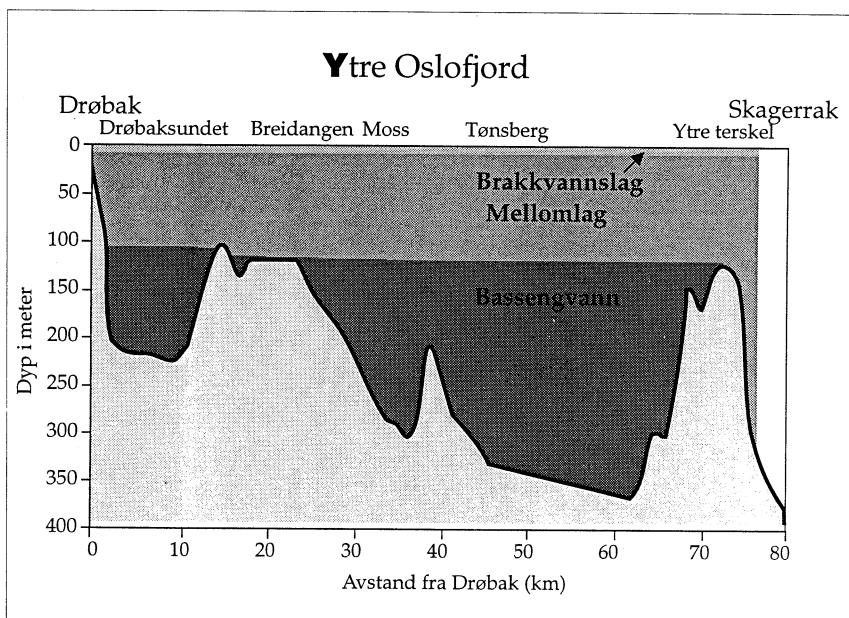
Vanttpe (saltholdighet i‰)	Andel sjøvann med NP 7.2:1	Andel ferskvann med NP 30:1	Andel avløpsvann med N/P 100:1	Resultat NP-forhold
Mest ferskvann (6-7‰)	250	1000	1	25,5
Brakkvann (16-17‰)	1000	1000	1	18,6
Mest sjøvann (32,5‰)	1000	10	1	7,5

Redfield-forholdet. Tabellen illustrerer at brakkvann tenderer til fosforbegrensning, og at i en fjord med brakkvann-

slag kan det være vidt forskjellige grunnlag for algevekst i dette laget og i det underliggende sjøvannslaget.



Figur 1.
Oslofjorden, slik som den avgrenses i denne rapporten. Grensen mellom ytre og indre del er trukket ved Fulehuk - Missingen.



Figur 2.

Langsgående bunnprofil og skjematisk vertikal inndeling av vannmassene i Ytre Oslofjord.

Vurderingen av Ytre Oslofjord

Fig 1 gir en oversikt over Ytre Oslofjord, og fig. 2 viser en lengde/dybdeprofil av fjorden. I hovedsak ble stoffbudsjetter og beregningene avgrenset av Drøbaksundet i nord og linja Svevskengrens-Larviksfjorden i sør, og for dette området er følgende hovedkarakteristika:

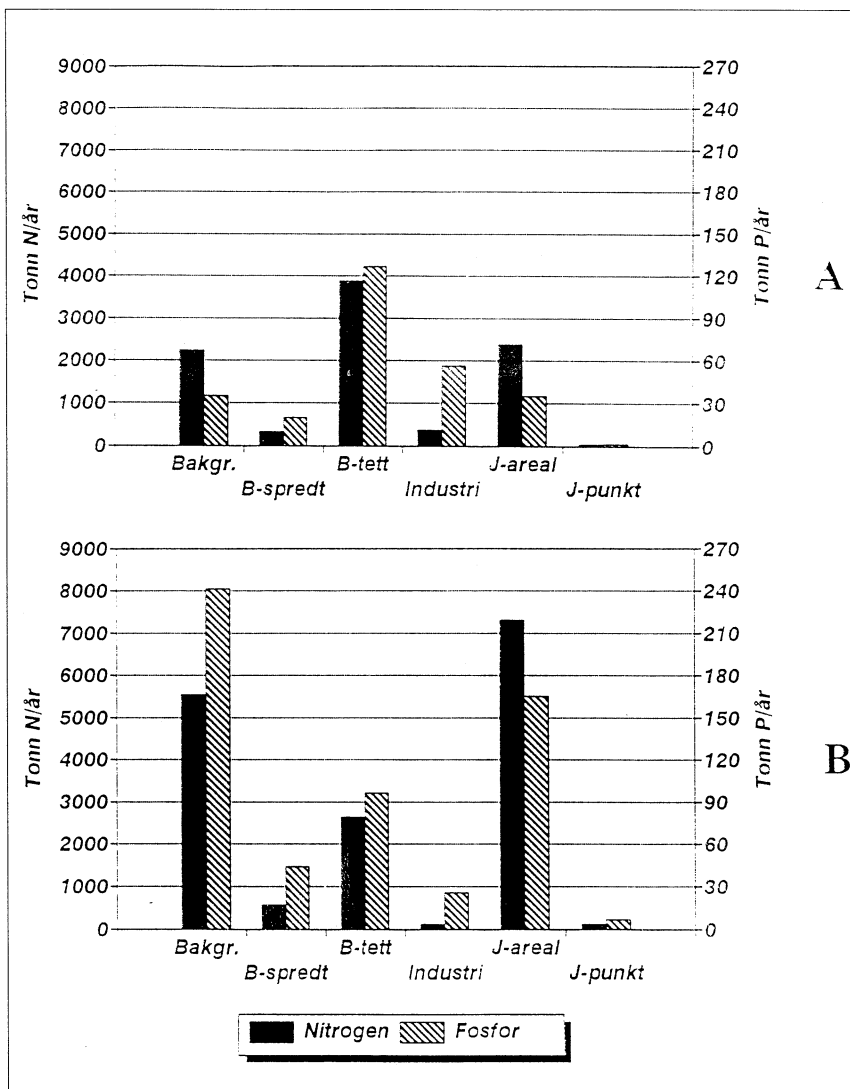
Overflateareal:	ca. 1400 km ²
Vannvolum:	ca. 103 km ³
Middeldyp:	ca. 70 m

Som vist på fig. 1 kan fjorden inndeles i en Indre og en Ytre del ved Fulehuk - Missingen. Topografisk er de to delene svært forskjellig. Mens indre del

har utsecnde av en fjord, er ytre del langt mer åpen og minner mer om en bukt. Glomma og Dramselva dominerer ferskvannstilførselen til henholdsvis ytre og indre del, med ca. 700 m³/s og 300 m³/s som årlig gjennomsnitt. Variasjonene gjennom året er store.

I vertikalen er det hensiktsmessig å skjelne mellom tre vannlag (jfr. fig. 2), som gjennom året i varierende grad består av blandinger mellom ulike vannmasser:

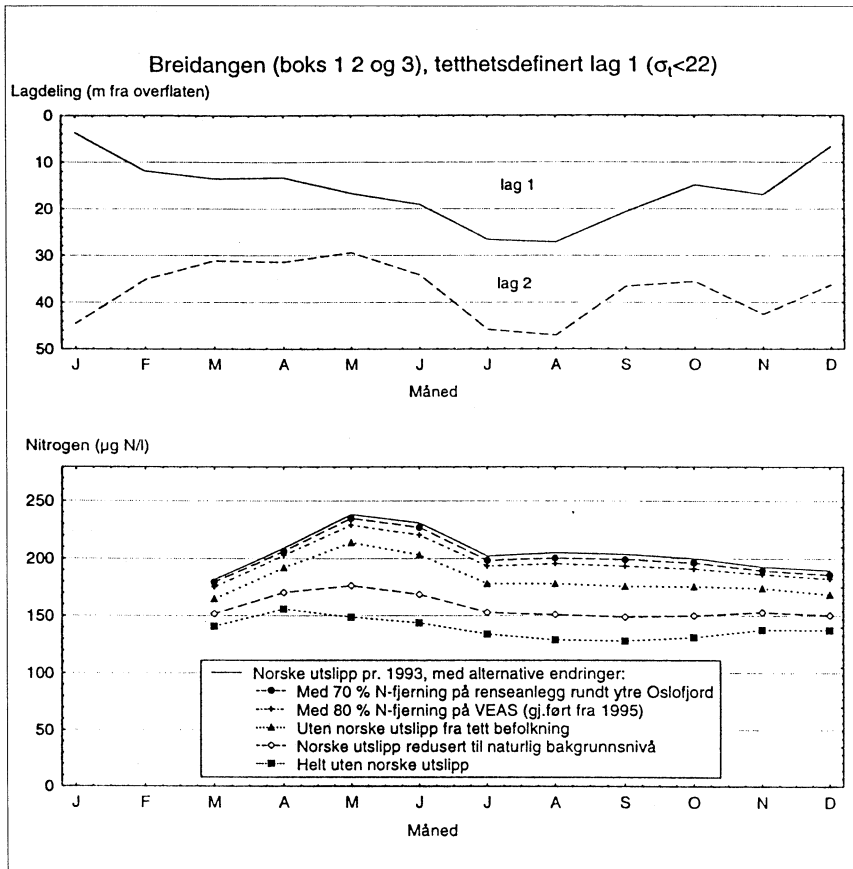
- *brakkvannslaget* (tykkelse typisk 3-10 m og saltholdighet 5-25 ‰) domineres av norsk elvevann og vann fra Østersjøen og den svenske vestkysten.



Figur 3.
Tilførsel av nitrogen og fosfor fra land til Ytre Oslofjord i 1993.

A: Innenfor Missingen - Fulehuk
 B: Utenfor Missingen - Fulehuk
 Bakgr: naturlig avrenning
 B-spredd: spredt befolkning

B-tett: tett befolkning
 Industri: industriutslipp
 J-areal: jordbruk arealavrenning
 J-punkt: jordbruk punktutslipp



Figur 4.

Beregnet månedlig gjennomsnittstykkelse av lag 1 og 2 gjennom 1993, samt tilhørende konsentrasjon av nitrogen i lag 1 i Breidangen (modellområde 1-3) ved ulike tilførselsscenarier

- *intermediært vannlag* domineres av vann fra Østersjøen, den svenske vestkysten og den sør-østlige del av Nord-sjøen.
- *bassengvannet* består av vann fra de sentrale, dypereliggende lag i Skage-rak.

Næringssalttilførsler

Norske tilførsler

Ved bruk av modellen TEOTIL (Tjoms-land og Bratli, 1995) ble månedlige tilførsler av fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord i 1993 beregnet for 16 områ-der. Innen hvert området ble tilførslene fordelt på 6 kilder. Fig. 3 viser summe-ne for fjordens indre og ytre del. Stør-

relsen av naturlig avrenning samt betydningen av bidragene fra tett befolkning og jordbruk er svært ulike for de to områdene. Av samme grunn har utviklingen i forurensningsbelastning vært ulik for de enkelte områdene, men sett under ett viste beregningene at i tidsrommet 1910-1993 var tilførslene av "norsk" nitrogen og fosfor til Ytre Oslofjord økt med størrelsesorden henholdsvis 5 og 2.5 ganger.

Norske næringssalttilførsler tilføres i hovedsak til brakkvannslaget (via elvevannet, overflateutslipp og punktutslipp på mindre dyp enn f.eks. 15 m) og til øvre del av det intermediære vannlag - fra dyputslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann.

Langtransporterte bidrag

Fjordområdet åpner seg mot Skagerrak, og over fjordens ytre terskel på ca.

125 m dyp kan vannmassene fritt strømme ut og inn. Derigjennom fører de med seg store mengder næringssalter og organisk stoff. I analysene og vurderingene ble oppmerksomheten rettet mot Østersjøvannet og vann fra sør-østlige del av Nordsjøen. I forhold til bidraget fra de norske elvene plasserer de langtransporterte bidragene seg vanligvis i dypere vannlag og dominerer stoffbudsjettene der.

Konsentrasjonsberegninger

Ved bruk av modeller ble næringssaltbidragene og tilsvarende konsentrasjonsøkninger beregnet for ulike deler av Ytre Oslofjord og for fire vannlag, og tabell 2 oppsummerer resultatene for modellens øverste vannlag (tykkelse varierende ca. 15-25 m, se fig. 4).

Tabell 2.
Resulterende bidrag til N- og P-konsentrasjoner i modell-lag I i Ytre Oslofjord fra tilførsler via Dramselva og Glomma i 1993.

Område	Bidrag til N-konsentrasjon (µg/l)	Bidrag til P-konsentrasjon (µg/l)
Breidangen	60 -125	0.8 -1.5
Fra Horten - Moss sør til Missingen - Fulehuk	50 - 90	0.8 - 1.5
Bassenget innenfor Hvaler, med Singlefjorden	130-210	3-5
Utenfor Hvaler, sørover til Torbjørnskjær	50-90	1-2
Ytre deler av fjorden, rundt snittet Larvik - Koster.	15 - 30	0.3 - 0.7

Beregningene beskrev kun virkningen av fortykning, og omfattet dermed ikke biologiske prosesser, sedimentasjon mv. Mens modell-lag 1 tildels omfattet vannmassen helt ned til 25 m dyp, er det klart at elvevannet fra Glomma og Dramselva oftest befinner seg i et langt tynnere lag. Tabell 3 viser teoretiske konsentrasjonsøkninger for nitrogen hvis elvevannet fordelte seg jevnt i et 10 m tykt vannlag.

Tabell 3.
Bidrag til N-konsentrasjoner fra norsk elvevann (Dramselva og Glomma) hvis det er konsentrert i de øvre 10 m.

Område	Bidrag til total N-konsentrasjon, µg N/l	
	Variasjonsområde l	Median for mai måned
Breidangen	50 - 200	140
Midtre fjord	20 - 150	100
Hvaler/Singlefjorden	80 - 400	225

Mens norske tilførsler bidrar lite til fosforkonsentrasjonene, er nitrogenbidraget tildels stort.

Eutrofitilstand - virkning av norske nærings-salttilførsler.

Endringer i tilførsler og konsentrasjoner

For å bedømme konsentrasjonsendringer som følge av norske tiltak for å redusere næringssalttilførslene brukte man månedlige tilførsler av nitrogen og fosfor samt modellberegnet vannutskifting, og fikk teoretiske næringssalt-konsentrasjoner i lag 1. Her ble lagt inn 6 forskjellige scenarier for norske tilførsler. Fig. 4 viser beregninger for nitrogen i den indre, sentrale del av fjorden. Legg merke til at effekten av aktuelle tiltak ikke er summert. Beregningene viste at nitrogenrensing av kommunalt avløpsvann omkring Ytre Oslofjord vil gi små endringer av nitrogen-konsentrasjonene i fjordens hovedvannmasser. Dette skyldes dels at bidragene er relativt små, og dels at utslippene i stor grad allerede er ført ut på dypt vann og innlagret under modell-lag 1.

Oksygen

Usikkerhet omkring oksygenforholdene var et viktig underliggende spørsmål bak vurderingen av Ytre Oslofjord. Etter å ha gjennomgått data tilbake til midten på 1920-tallet, var konklusjonen at det i tidsrommet 1970-95 var en signifikant nedgang i oksygenmetningen i 30-150 m dyp i de sentrale delene av Ytre Oslofjord. Nedgangen var imidlertid ikke stor, i gjennomsnitt ca. 5%, og hovedgrunnen ble antatt å være en økende regional tilførsel av organisk stoff.

Planktonalger

Basert på forskjeller i forekomsten av planktonalger og deres vekstbetingelser ble Ytre Oslofjord inndelt i 7 områder (fig. 5). Innaskjærs i Østfold og tildels også Vestfold kjennetegnes planktonalgene av oppblomstringer og artssammensetning som internasjonalt knyttes til eutrofiering ved økt tilførsel av næringsalter til overflatelaget (Tan-

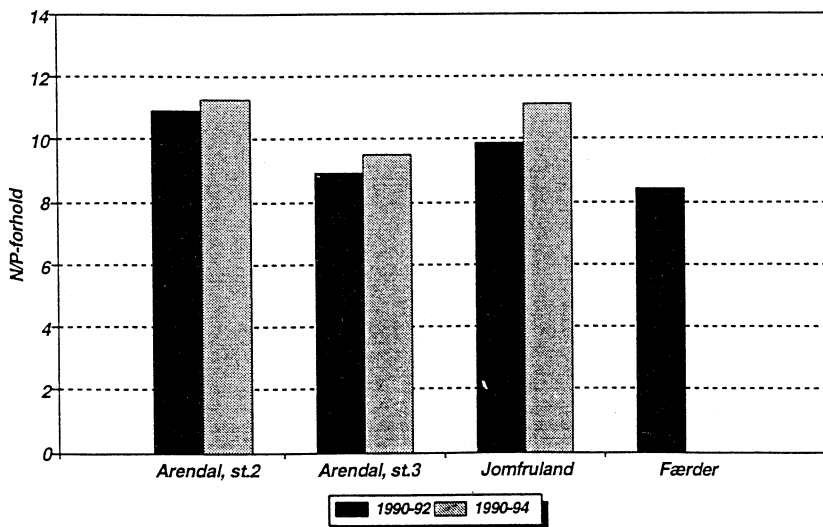


Figur 5.
Inndeling av Ytre Oslofjord, basert på forskjeller i forekomsten av planktonalger og deres vekstbetingelser (fra Tangen et al., 1995).

gen et al., 1995). Datagrunnlaget fra 1970-årene og tidligere er mangelfullt, og gir ikke mulighet for på statistisk grunnlag avgjøre om det har vært en tidsutvikling i de åpne delene av Ytre Oslofjord.

Nærings-salter, vekstbegrensning og biologisk produksjon i vannmassene.

Stasjonene lengst sør i Ytre Oslofjord (Færder og Jomfruland) viste gjennomsnittlig N/P-forhold større enn 7.2:1



Figur 6.

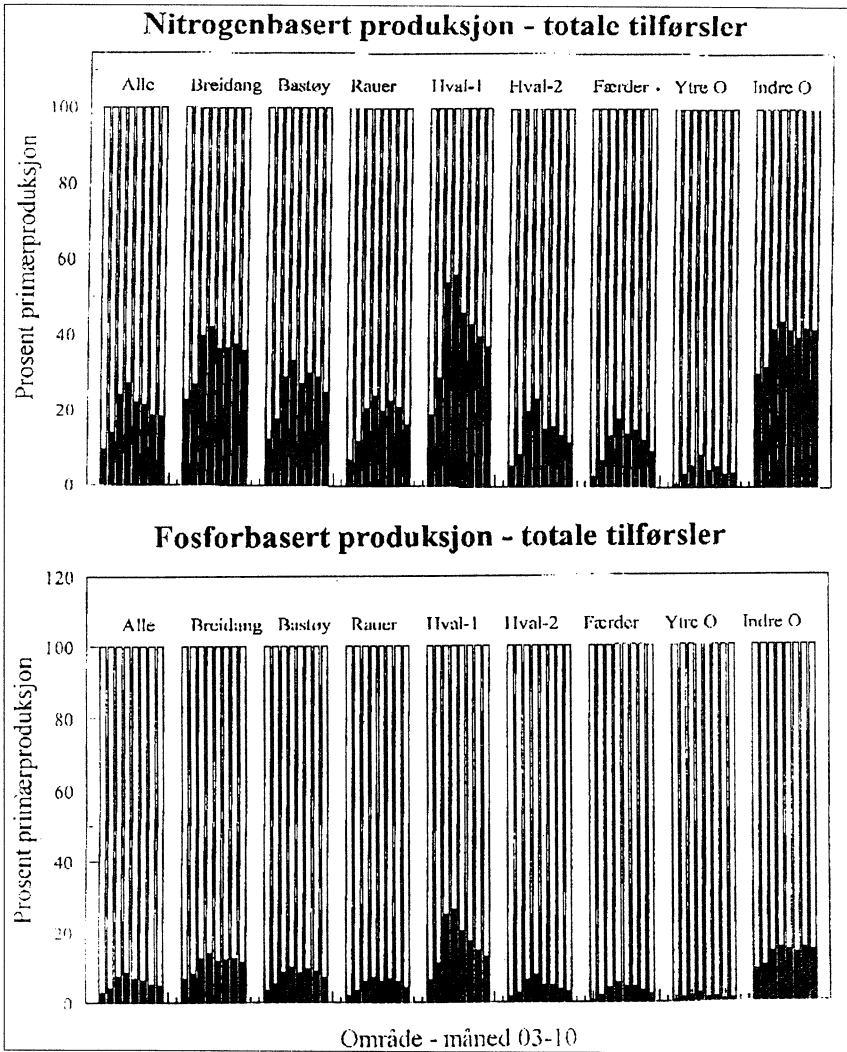
Gjennomsnittlig elementforhold N/P i 0-30 m dyp ved Arendal, Jomfruland og Færder i 1990-92 og 1990-94 (Færder bare 1990-92).

(fig. 6), men med store variasjoner i tid og i rom. Dette tydet på overveiende fosforbegrensning av algeveksten, men det var mer usikkert om dette også er tilfelle i de midtre og nordre delene av fjordområdet. Den relative betydningen av norske tilførsler av næringssalter var således vanskelig å beregne, men fig. 7 viser resultater for modell-lag 1. Gruppen konkluderte at den anvendte metoden sannsynligvis gir for lavt bidrag fra norske kilder, blant annet fordi modell-lag 1 er for tykt. For et 5-10 m tykt brakkvannslag kan norske nitrogentilførsler ha en betydelig - dominerende innvirkning på næringssalt-konsentrasjonene (se også ovenfor).

Forutsatt overveiende fosforbegrenset vekst fant man at norske næringssalttilførsler vil bidra til 5-8% av total-

produksjonen. En betydelig andel av nitrogenet blir da eksportert "ubrukt" ut av fjorden. Hvis alt nitrogenet utnyttes, vil de norske næringssalttilførslene teoretisk øke årsproduksjonen med 15-27%. Gruppens estimat var en gjennomsnittlig produksjon på 20 gC/m²/år basert på norske næringssalttilførsler, som er i størrelsesorden 10% av årlig produksjon i fjorden. Ulike deler av fjorden vil ligge markert høyere og lavere enn dette.

Det er mulig at et overskudd av nitrogen i vannmassene kan medvirke til forskyvning i artssammensetningen av planktonalger og framvekst av arter som er tilpasset fosforbegrensning, deriblant potensielt skadelige arter. En balansert sammensetning av næringssalter i det marine miljø bør være et langsiktig mål.



Figur 7. Beregnet andel av primærproduksjonen basert på norske og andre kilder for biologisk tilgjengelig nitrogen og fosfor i modell-lag 1 i perioden mars-oktober.

Siktedyp

En sammenligning mellom siktedyp i sommerhalvåret for tidsrommene 1936 - 40 og 1975 - 78 tyder på at gjennom-

snittlig siktedyp i Ytre Oslofjord i det mellomliggende tidsrom ble redusert med 0.5 - 1 m. Årsaken ble ikke fastslått, men antas å være en kombinert

effekt av økt biomasse i fjordens overflatelag pga. økt tilførsel av næringssalter og økt tilførsel av partikler fra vassdragene. Modellberegninger for hele Ytre Oslofjord under ett tydet på at økt biomasse kan være hovedårsaken, men det vil være store variasjoner fra område til område.

Benthos

Den eneste egenskapen ved hardbunns-samfunnet som viste tydelig endring over tid i Ytre Oslofjord, var en reduksjon i nedre voksegrense for fastsittende alger fra 1953 til 1990 - 94. Årsaken er redusert lystilgang på grunn av økt turbiditet (jfr. omtalen av siktedyp). Tilgjengelige data tilsier at planteplankton-biomasse står for en betydelig del av turbiditeten i brakkvannslaget og øvre og nedre lag av Skagerrak-kystvann, mens betydningen av endret partikkeltilførsel fra elven ikke kan anslås.

De tilgjengelige data viser at bunn-dyrsamfunn på bløtbunn i Ytre Oslofjord har en arts-sammensetning og biomasse-mønster som primært er influert av dyp. Man konkluderte med at det har skjedd en økning i biomassen for bunn-dyrsamfunn på bløtbunn fra 1915 til 1985. Selv om dette er sammenfallende med økninger i tilførsler av næringssalter og andre indikasjoner på en økt eutrofi, viser senere undersøkelser at år-til-år fluktuasjoner i biomasen er store nok til kunne forklare den observerte økningen.

Oppsummering

- Den kvantitative delen av vurderingene var vanskelig pga. svakt datagrunnlag.
- I hovedtrekk karakteriseres graden av eutrofiering i Ytre Oslofjord som svak - moderat. Men der er store forskjeller i grad av påvirkning, fra fjordområdet indre deler eller Glommaestuaret til grensen mot Skagerrak i sør.
- De foreliggende data tyder på periodevis fosforbegrenset algevekst. Tilførsler av nitrogen fra norske vassdrag og via vann fra Østersjøen/de svenske vestkystelver dominerer stoffbudsjettet for overflatelaget. Dette begrenser effekten av å rense kommunalt avløpsvann mht. nitrogen.
- Tallene er usikre, men det beste estimatet er at norske næringssalttilførsler - for Ytre Oslofjord som helhet - øker produksjonen med omkring 10%. Hvis alt nitrogenet utnyttes, blir bidraget omkring det tre-doble. Som nevnt ovenfor er det betydelige lokale forskjeller.
- Effekten av å redusere norske tilførsler av nitrogen vil variere over fjordområdet, og er vanskelig å kvantifisere. Kvalitativt sett forventes lavere konsentrasjoner i brakkvannslag/overflatelag, redusert forekomst av planktonalger

og redusert algebiomasse, gjen-
nomgående bedre siktedyp samt
dypere grense for vekst av fastsit-
tende alger.

- Behovet for å rense mht. nitrogen
må avgjøres utfra vurdering av
stoffbudsjetter, utvikling og til-
stand i nordre del av Ytre Oslo-
fjord, samt områdene innaskjærs
på øst- og vestsiden. Disse områ-
dene ble imidlertid dårlig dekket
i utvalgets rapport.
- Som prinsipp bør tilstrebes en re-
duksjon som bidrar til balansert
sammensetning av næringsalter
i det marine miljø

Litteratur

ANON, 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofi-
tilstand, utvikling og forventede effek-
ter av reduserte tilførsler av næringsal-
ter. Rapport fra ekspertgruppe for vur-
dering av eutrofiforhold i fjorder og
kystfarvann. Oslo. 147 pp. ISBN 82-
577-2945-0

Tangen, K., Dahl, E., Paasche, E., 1995.
Planktonalger i ytre Oslofjord. - OCE-
ANOR OCN R-95055.

Tjomsland, T. og Bratli, J.L., 1995.
Brukerveiledning og dokumentasjon for
TEOTIL. Modell for teoretisk bereg-
ning av fosfor- og nitrogentilførsler i
Norge. NIVA-rapport, nr. 3225. Oslo.