

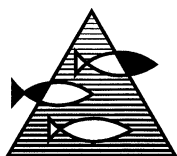
FISKEN OG HAVET NR. 3 - 2001

YTRE OSLOFJORD- Overvåkning av eutrofitilstanden 1999 - 2000

av
Jan Aure og Didrik Danielssen

PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesgaten 50 Postboks 1870 5817 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Faks: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 05 90 00

Faks: 37 05 90 01

Austevoll

havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Faks: 56 18 03 98

Matre

havbruksstasjon

5984 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

9202.06

Oppdragsgiver(e):

Statens forurensningstilsyn,
fagråd for ytre Oslofjord

Oppdragsgivers referanse:

SFT 2000116

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR. 3 - 2001

Tittel:

YTRE OSLOFJORD -

Overvåkning av eutrofitilstanden 1999 - 2000

Senter:

Marint miljø

Seksjon:

Fysisk oseografi

Forfatter(e):

Jan Aure og Didrik Danielssen

Antall sider, vedlegg inkl.:

33

Dato:

20.01.2001

Sammendrag:

Observasjonene av miljøforholdene i 1999 og 2000 i ytre Oslofjord viste at øvre lag hadde betydelige overkonstrasjoner særlig av nitrat og høye N/P forhold sammenlignet med kystområdene i indre Skagerrak. De menneskeskapte tilførselene av nitrat, både fra lokale og regionale kilder, førte til økt algeproduksjon og sommerverdiene av klorofyll - *a* og POC var høyere enn i indre Skagerrak og betydelig høyere enn i en upåvirket Vestlandsfjord. Midlere sommerverdier av klorofyll - *a* og siktedyp i overflatelaget i ytre Oslofjord var i tilstandsklasse III (mindre gode).

Prosjektleder

Seksjonsleder

INNHALDSFORTEGNELSE

Side

SAMMENDRAG	3
1. Innledning	4
2. Områdebeskrivelse og måleprogram	5
3. Hydrografi og vannutskiftning	8
4. Oksygen i dypbassengene	11
5. Siktedyp	12
6. Nitrat, fosfat, silikat	13
7. Tot N og Tot P	23
8. Klorofyll – a og partikulærtorganisk materiale (POC)	26
9. Elementforhold POC/PON/POP	31
10. Litteratur	32

Sammendrag og konklusjoner

Hydrografi

Fra juni til oktober 1999 var det et brakkvannslag på 10 - 15 m tykkelse i ytre Oslofjord. I 2000 fram til september var det betydelig mindre brakkvann i fjorden enn i 1999 og største brakkvannsdyp og laveste saltholdigheter ble observert i forbindelse med vårflommen i mai.

Sommer og tidlig høst 1999 var en rolig periode i ytre Oslofjord med liten vannutskifting mellom brakkvannslaget og terskeldyp (ca 100 m). Fra oktober 1999 til september 2000 vekslet det mellom innstrømming av Skagerrakkystvann/Skagerrakvann og Skagerrak dypvann til ytre Oslofjord. Innstrømmingen av Skagerrak dypvann vinteren og våren 2000 førte til en fullstendig utskifting og økt oksygeninnhold i de fire terskelbassengene i ytre Oslofjord. Oksygenforholdene i bassengene like før innstrømmingen var gode, med lavest oksygen i Breidangenbassenget på ca 4.0 ml/l.

Næringssalter

Næringssaltverdiene over terskeldyp i ytre Oslofjord påvirkes av tilførsler fra Skagerrak, av bassengvann, fra lokale kilder, planktonproduksjon og omsetning av organisk materiale. Lokale tilførsler er for en stor del knyttet til ferkvannsavrenning og har dermed størst innvirkning på overflatelaget (brakkvannet). I 1999 og 2000 var spesielt nitratkonsentrasjonene over terskeldyp betydelig høyere enn i kystvannet (st OF 1), med økende konsentrasjoner innover i ytre Oslofjord.

I følge SFT's klassifisering av tilstand var midlere nitratkonsentrasjon sommeren (juli - sept) 1999/2000 i overflatelaget (0 - 5m) i ytre Oslofjord i klasse III (mindre gode), mens den ved kysten (st OF1) var i klasse I (meget god). Vinteren 2000 var nitratkonsentrasjonene ved alle stasjonene i klasse III (mindre gode). I hele produksjonslaget (0-30m) sett under ett var det betydelige rest - konsentrasjoner av nitrat om sommeren og da særlig i 1999. I middel for sommeren 1999/2000 var nitratkonsentrasjonene ca 1.5 mmol/m³ ved kysten (st OF1) og 4.5 mmol/m³ for hele ytre Oslofjord, med høyeste midlere sommerværdi i Drøbaksundet på ca 6 mmol/m³. De høye sommerværdiene av nitrat i produksjonslaget i ytre Oslofjord om sommeren og da særlig i 1999, var et resultat både av lokale tilførsler av nitrat (ferskvannsavrenning) og tilførsler av nitratrikt vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen.

Fosfatkonsentrasjonene i overflatelaget var lave i produksjonssesongen fram til slutten av september 1999, med små forskjeller mellom fjord og kyst. Vinteren 2000 var det også små forskjeller mellom kyst og fjord, med unntak i januar og februar 2000 hvor fosfatkonsentrasjonene i Drøbaksundet var noe høyere enn i resten av fjorden. Fosfatkonsentrasjonene i overflatelaget både sommer og vinter var i SFT's tilstandsklasse I, dvs meget god.

Midlere TotN/Tot P på ca 60 om sommeren viser at det organiske materialet i ytre Oslofjord og indre Skagerak inneholdt forholdsvis mye nitrogen i forhold til fosfor. Til sammenligning var midlere TotN/TotP i kystvannet ved Arendal (1990 - 1995) ca 35. Dette tyder på at planktonet i ytre Oslofjord opplever en høyere relativ nitrogentilgang i forhold til fosfor sammenlignet med kystvannet ved feks Arendal. Sommerværdien av midlere Tot P i overflatelaget var i SFT's tilstandsklasse I (meget god) mens Tot N var i tilstandsklasse II (god). Om vinteren (jan - mars) var både Tot P og Tot N i tilstandsklasse II.

Klorofyll - a og partikulært organisk materiale

Observasjonene av klorofyll - a i ytre Oslofjord i 1999 - 2000 viste at produksjonen av plantep plankton i ytre Oslofjord innenfor Fulehuk - Missingen var markert høyere enn ved kysten og økte innover fjorden. Unntaket var under høstblomstringen i oktober 1999 hvor klorofyll - a var høyere ved kysten enn i fjorden. Midlere klorofyll - a i ytre Oslofjord sommeren 1999/2000 i 0 - 5

meter var 4.1 mg/m^3 og i indre Skagerrak 2.5 mg/m^3 . Til sammenligning var midlere klorofyll - *a* 0 – 5 m i Samnangerfjorder på Vestlandet sommeren 1999 1.2 mg/m^3 . Midlere sommerverdi av klorofyll - *a* i ytre Oslofjord var i SFT's tilstandsklasse III (mindre god), mens den ved kysten (st OF 1) var i tilstandsklasse II (god). Tidsutviklingen av klorofyll - *a* i hele produksjonslaget sett under ett (0-30m) var omlag som i 0 - 5 m, men med lavere middelkonsentrasjoner av klorofyll - *a*.

Konsentrasjonene av partikulært organisk karbon (POC) i øverste 30 meter (produksjonslaget) var i stor grad var knyttet til primærproduksjonen i ytre Oslofjord og som for klorofyll - *a* var det markert høyere POC i ytre Oslofjord enn i indre Skagerrak, med økende forskjeller innover fjorden. Midlere sommerverdi av POC i 1999/2000 i feks 0 - 5 m i ytre Oslofjord innenfor Fulehuk – Missingen var ca 360 mg/m^3 , med høyeste midlere sommerverdi i Drøbaksundet (st OF 7) på ca 450 mg/m^3 , mens tilsvarende POC på kysten var ca 260 mg/m^3 . I kystovervåkingsprosjektet ble midlere POC i Skagerrak kystvann ved Arendal i perioden 1990 –1995 målt til 180 mg/m^3 , mens tilsvarende POC i 1999 - 2000 i ytre Oslofjord var ca 350 mg/m^3 . Midlere sommer - og vinterverdi av POC i ytre Oslofjord i 1999/2000 i 0 - 30 m var henholdsvis ca 250 og 100 mg/m^3 . Til sammenligning var tilsvarende sommer - og vinterverdier av POC i Samnangerfjorden på Vestlandet 145 og 55 mg/m^3 i 1999. Midlere sommerverdier (1999/200) av siktdyp i ytre Oslofjord lå mellom 5 og 6 m og var i følge SFT's klassifisering mindre gode (III)

I mellomlaget, representert ved forholdene i 50 og 125 m dyp, var de sesongmessige variasjonene mindre enn i øvre lag og POC var høyere ved kysten (st OF 1) enn i ytre Oslofjord. Dette stemmer overens med at det ytterste bassenget i Ytre Oslofjord (Rauøybassenget) har størst organisk belastning.

Konklusjoner :

- **Ytre Oslofjord var i 1999 - 2000 klart eutrofipåvirket både fra lokale og regionale antropogene kilder (sørlige Nordsjøen og Kattegat).**
- **Det var betydelige overkonsentrasjoner av næringsalter og da primært nitrogen og høye N/P forhold i øvre lag av ytre Oslofjord sammenlignet med kystvannet i indre Skagerrak.**
- **Påvirkningen økte innover i fjorden og i følge SFT's klassifisering var både sommer - og vinterkonsentrasjonene av nitrat i overflatelaget mindre gode (III). Fosfat både sommer og vinter var i tilstandsklasse I, dvs meget god.**
- **De menneskeskapt tilførselene av særlig nitrat førte til økt algeproduksjon og høyere klorofyll - *a* og POC i ytre Oslofjord sammenlignet med kystområdene i indre Skagerrak (st OF1). Klorofyll - *a* og POC i ytre Oslofjord var også betydelig høyere enn i en upåvirket Vestlandsfjord.**
- **Midlere sommerverdi av klorofyll – *a* og siktedyp i overflatelaget i 1999/200 var i tilstandsklasse III (mindre god).**
- **Konsentrasjonene av POC i dypereliggende lag av kystvannet over terskelnivå var høyere enn i tilsvarende dyp i ytre Oslofjord. Dette stemmer overens med at det ytterste bassenget i ytre Oslofjord (Rauøybassenget) har størst organisk belastning.**

1. Innledning

I forbindelse med arbeidet til "Ekspertgruppen for vurdering av eutrofiforholdene i fjorder og kystfarvanns" ble det i regi av SFT utført en undersøkelse av miljøforholdene terskelbassengene i Ytre Oslofjord (Aure og Danielssen, 1996). I denne forbindelse observerte Havforskninginstituttet på eget initiativ også uorganiske næringssalter og oksygen i øvre vannlag i perioden 1995 - 1996. Senere har stort sett SFT finansiert prosjektet og en ny rapport for terskelbassengene basert på observasjonene i perioden fra 1995 til 1998 ble ferdigstilt i 1998 (Aure og Danielssen, 1998). I Aure og Danielssen, 1999 beskrives hydrografi - og næringssaltforholdene i øvre vannlag i Ytre Oslofjord i samme perioden (1995 -1998). I den siste rapporten ble det lagt særlig vekt på å vurdere innvirkningen av vannutvekslingen med Skagerrak og ferskvannstilførslene fra land på næringssalter og hydrografi over terskeldyp i Ytre Oslofjord og diskutere årsakene til eventuelle interne forskjeller i fjordsystemet.

Overvåkningen i Ytre Oslofjord fra juni 1999 til september 2000 ble utvidet til også å omfatte observasjoner av totale næringssalter (Tot N og P), partikulært organisk materiale (POC, PON og POP) og klorofyll - *a*. Dessuten ble stasjon OF 1 flyttet noe mot sør for å inkludere den dypeste delen av Hvalerdypet.

2. Områdebeskrivelse og måleprogram

Ytre Oslofjords terskel mot Skagerrak ligger like sør for Søstrene og er ca 120 meter dyp (Fig 1 og 2). Rauøybassenget er det største og ytterste bassenget med et maksimaldyp på ca 350 m. Både Breidangen - og Drøbakbassenget har terskeldyp på 100 - 110 meter og største dyp på ca 200 meter. Ytre Oslofjords smaleste utløp og topografiske grense mot indre Skagerrak er ved Missingen - Fulehuk. Avstanden fra Missingen til Drøbak er ca 60 km. Hvalerbassenget har et terskeldyp på ca 150m og største dyp på ca 450 m.

Innenfor Missingen:

Overflateareal = 600 km²

Volum i de øverste 5 m = 3000 mill m³

Volum i øverste 30 m = 14700 mill m³

Volum i øverste 100 m = 35000 mill m³

Målestasjoner i perioden fra juni 1999 til september 2000 (se fig 1 og 2):

Stasjon	Posisjon	Bunndyp
OF-1:	59° 2.5'N 10°45.2'Ø	450 m (Hvalerdypet)
OF-2:	59°11.2'N 10°41.5'Ø	358 m (Rauøybassenget)
OF-4:	59°22.0'N 10°35.5'Ø	290 m (Rauøybassenget indre)
OF-5:	59°29.2'N 10°27.5'Ø	200 m (Breidangenbassenget)
OF-7:	59°35.4'N 10°38.4'Ø	200 m (Drøbakbassenget)

Det ble utført 13 tokt til ytre Oslofjord fra juni 1999 til september 2000. Det ble ikke utført målinger i september og desember 1999 og i juni 2000.

Temperatur, saltholdighet, næringssalter, partikulært organisk materiale og oksygen (ikke observert i 2, 5, 20 meter) ble observert i følgende standarddyp: 0 m, 2, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 330, 350 og 400 m eller evt til største måledyp ca 10 meter over bunn. Klorofyll - *a* ble observert i standarddyp ned til 50 meter. Oksygen ble analysert etter "Winklers metode" og næringssalter, partikulært organisk materiale (POC, PON og POP) og klorofyll - *a* ble analysert etter standard metoder ved Havforskningsinstituttet. Saltholdighet og temperatur ble målt med CTD - sonde (Neil Brown). Toktene ble utført med F/F "G.M. Dannevig" og dataene er kvalitetsikret og lagret ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen.

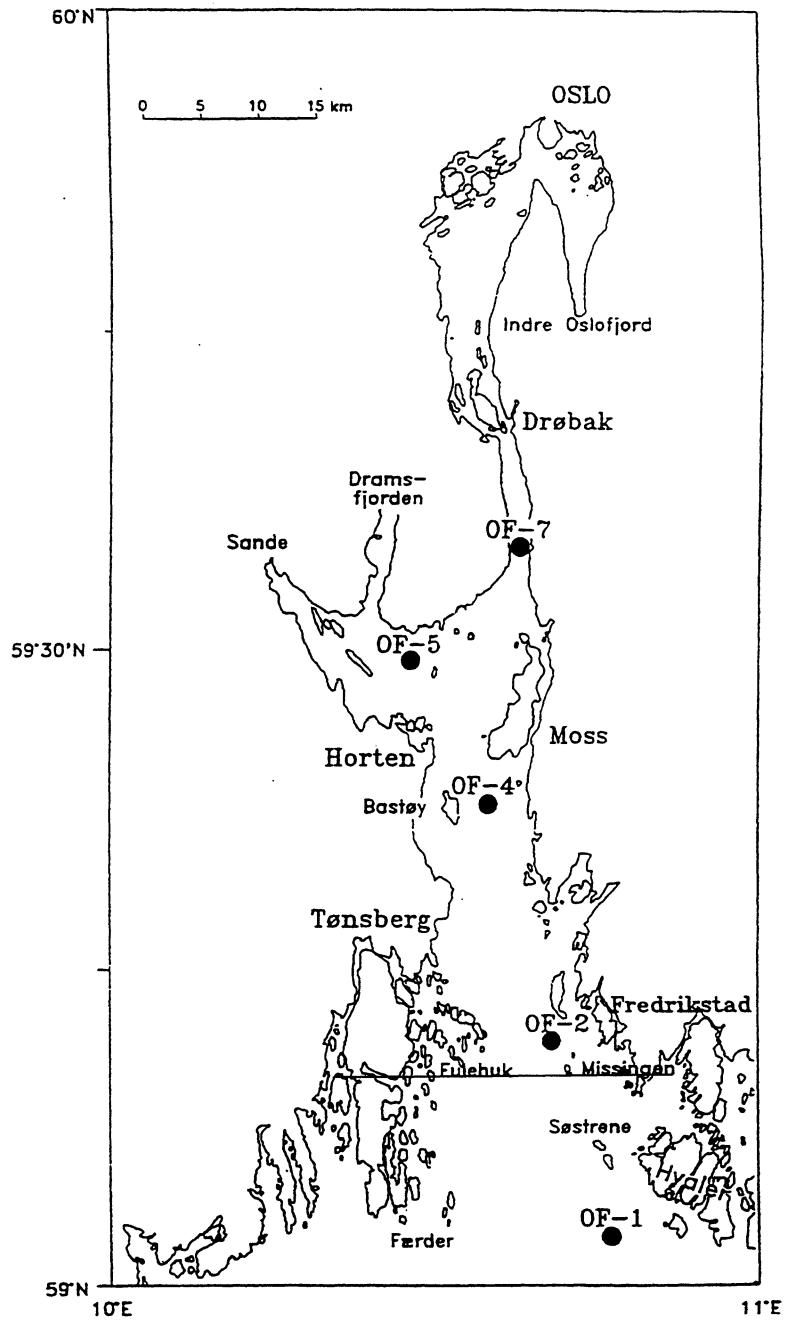


Fig. 1 Målestasjoner i Ytre Oslofjord, 1999 - 2000. Linjen markerer utløpet av ytre Oslofjord

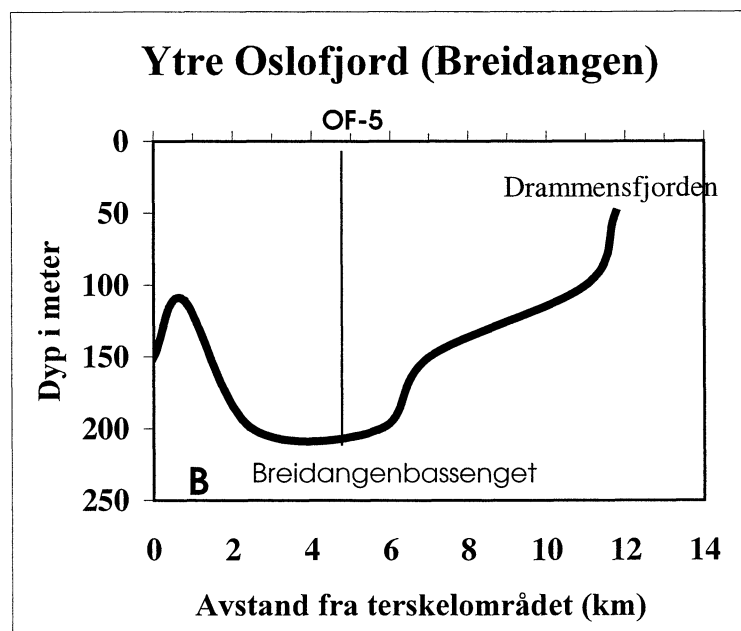
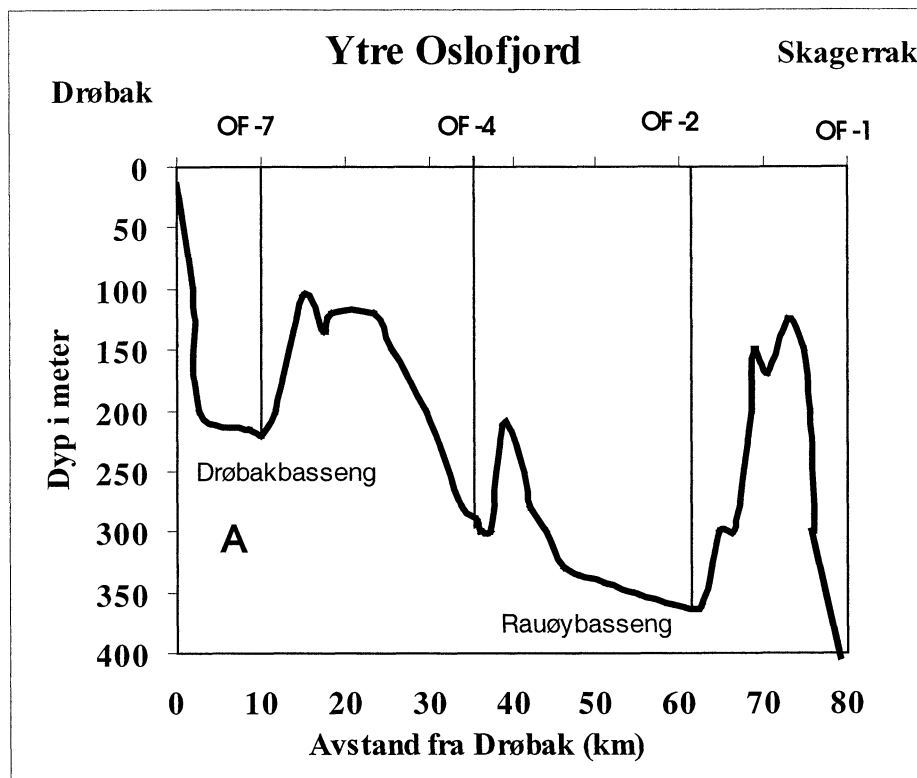


Fig. 2 Dybdeprofil av ytre Oslofjord fra Skagerrak til Drøbak (A) og Breidangenbassenget (B). Målestasjoner i 1999 - 2000.

3. Hydrografi og vannutskiftning over terskeldyp

Vannmasser i indre del av Skagerrak som påvirker hydrografiske forhold i ytre Oslofjord:

Brakkvann (BV) : saltholdighet under 25.0.

Skagerrak - kystvann (SKV) : saltholdighet mellom 25 og 32.0

Skagerrakvann (SV) : saltholdigheter mellom 32 - 34.5,

Skagerrak dypvann (SD) : saltholdigheter mellom 34.5 - 35.0

Atlantisk vann (AV): saltholdigheter større enn 35.0

Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen. Langs Skagerak-kysten (ved Arendal) vil vann av atlantisk opprinnelse normalt finnes under 100 - 200 meters dyp: høyest oppe om sommeren og dypest om vinteren. Skagerrakvann og Skagerrak dypvann har hovedsakelig sin opprinnelse i henholdsvis sørlige og sentrale Nordsjøen. Skagerrak Kystvann er en blanding av vann fra Østersjøen /Kattegat, sørlige Nordsjøen og lokalt ellevann. Brakkvann er mest vanlig i sommerhalvåret både pga økt lokal ferskvannsavrenning og økte tilførsler av brakkvann fra Kattegat/Østersjøen.

Vannutskiftning mellom brakkvannet og terskeldyp i Ytre Oslofjord er i hovedsak bestemt av hydrografiske forholdene i indre Skagerrak. Nedstrømning av kystvann (downwelling) fører til innstrømning av vann i øvre lag og utstrømning i dypere liggende lag mens oppstrømning av tyngre dypvann langs kysten (upwelling) fører til motsatt sirkulasjon. Når innstrømmende dypvann fra indre Skagerrak er tyngre enn i dypbassengene vil det inntreffe en hel eller delvis utskiftning av dypbassengene i ytre Oslofjord. Dette skjer som oftest på senvinteren og våren i perioden med høyest tetthet i 100-120m (terskeldyp) i indre Skagerrak.

Oppstrømning av dypvann er knyttet til vind fra nord - nordøst mens nedstrømning av kystvann i indre Skagerrak er knyttet til vest – sørvestlige vinder. I et normalår er det dominerende nord - nordøstlige vinder i Skagerrak fra november til april og sør - sørvestlig vinder fra juni til september.

I fig 3 og fig 4 er innstrømninger i øvre lag til ytre Oslofjord knyttet til økt vertikalutbredelse av SKV og SV (downwelling), mens økt vertikalutbredelse av SD og AV viser innstrømninger i dypere lag (upwelling). I juni/juli 1999 ser vi slutten på en innstrømning av SKV og innledningen på en rolig periode hvor nedre grense for SKV- laget lå forholdsvis stabilt i 35 meter dyp fram til oktober 1999. Innstrømning av SD i november og desember 1999, kombinert med økt uttransport i øvre lag førte til at BV forsvant fra fjorden og nedre grense for SKV ble hevet fra ca 35 til 15-20 meter dyp. I januar/februar 2000 var det betydelig innstrømning av SKV og SV til fjorden. Nedre grense for SKV økte til ca 40 meter i slutten av februar mens alt SD over terskeldyp ble transportert ut av fjorden.

I mars 2000 ble innstrømningen i øvre lag avløst av en markert innstrømning av SD som bl a førte til en fullstendig utskiftning og økte oksygenverdier i alle fjordbassengene i Ytre Oslofjord (fig.5). Dypvannsinstrømningen varte fram til juni/juli 2000 og i denne perioden varierte nedre grense for SKV mellom 15 og 20 meter dyp. Fra juni/juli til september 2000 ble innstrømningen av dypvann igjen erstattet med innstrømning av SKV og SV. Nedre grense for SKV økte til 30 - 40 meter og det meste av SD ble transportert ut av fjorden i denne perioden.

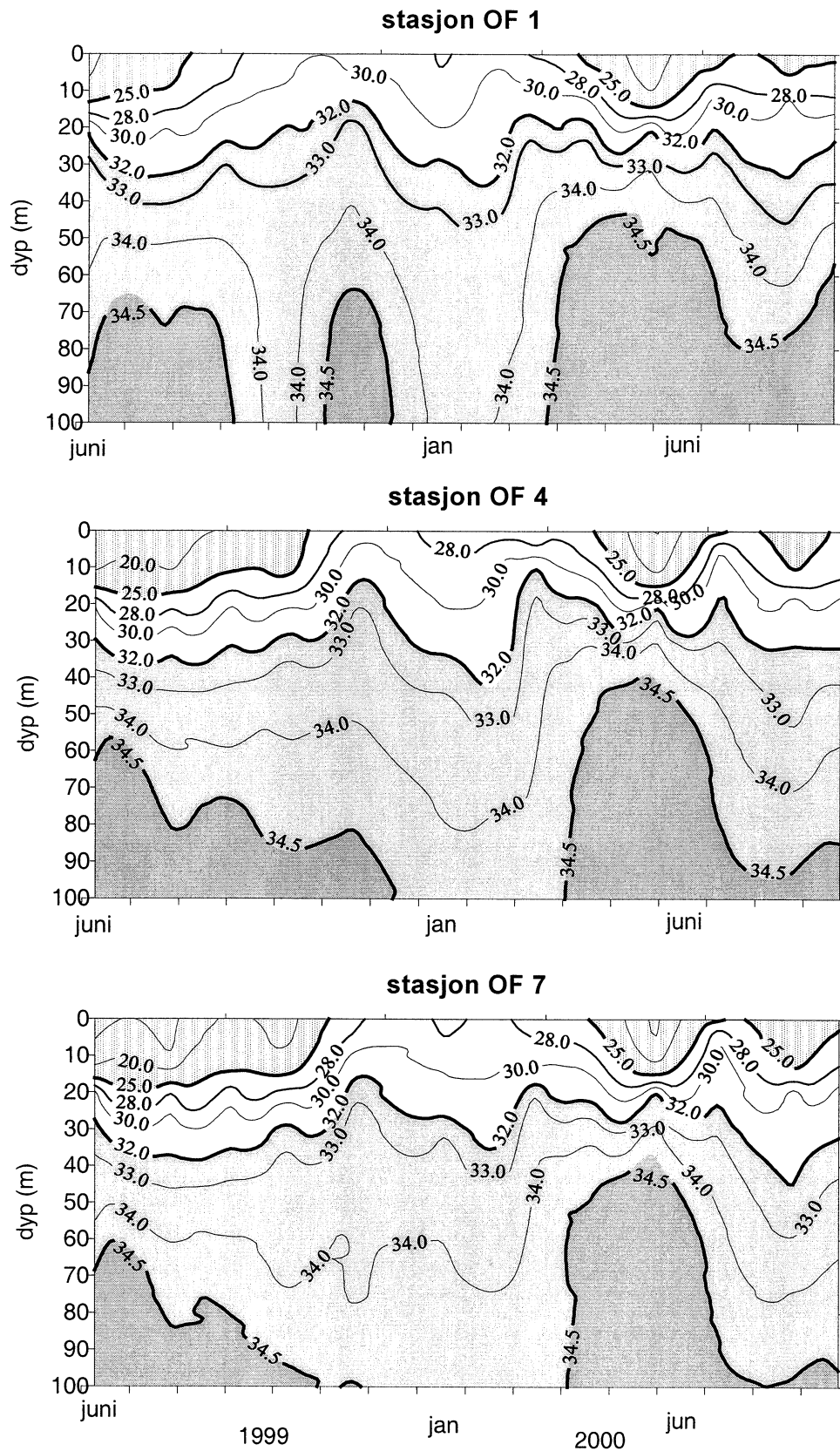


Fig.3 Vertikal saltholdighetsfordeling og vannmasser i øverste 100 m ved st OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000 (BV < 25.0, SKV = 25-32, SV = 32-34.5, SD = 34.5-35).

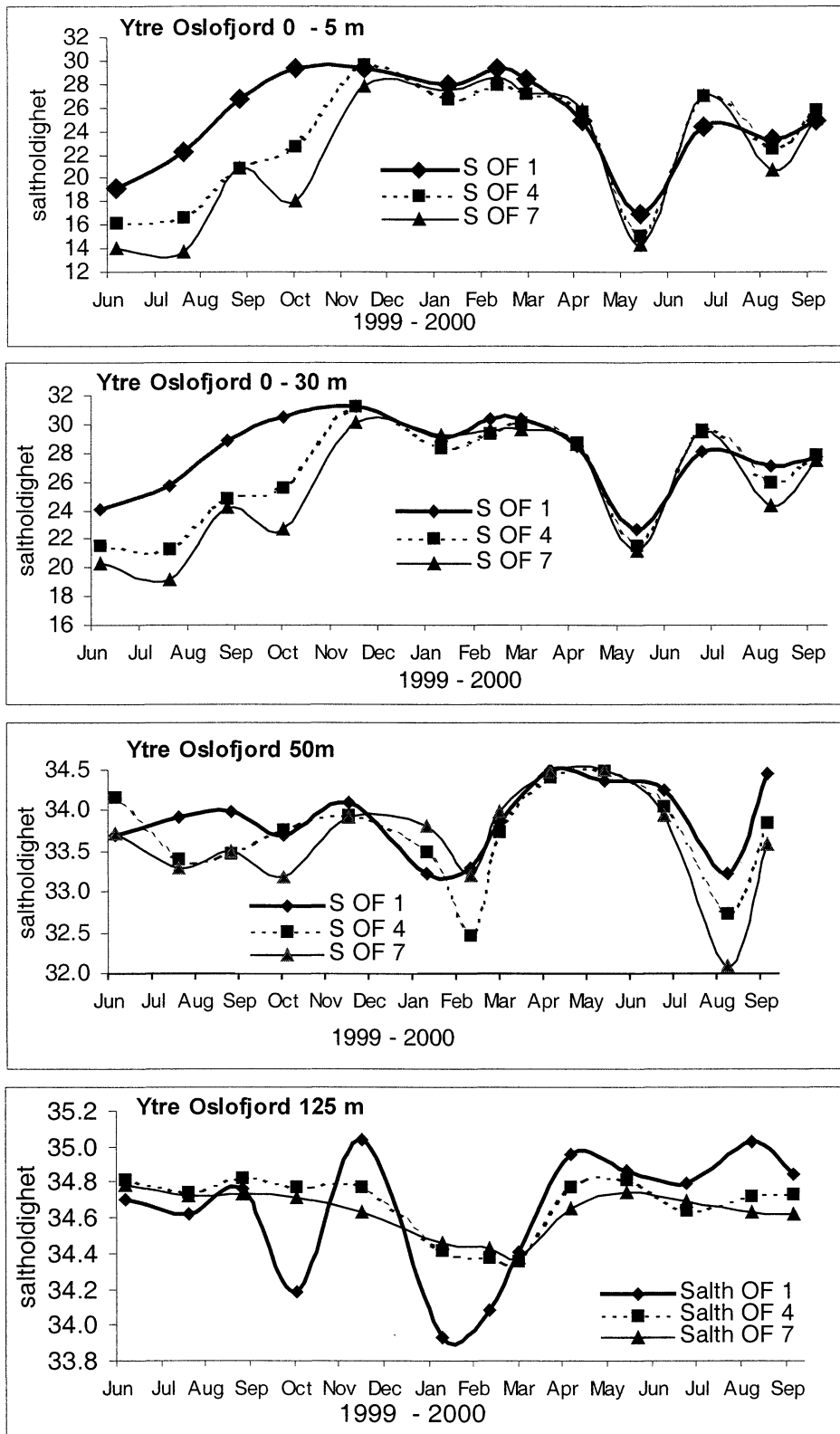


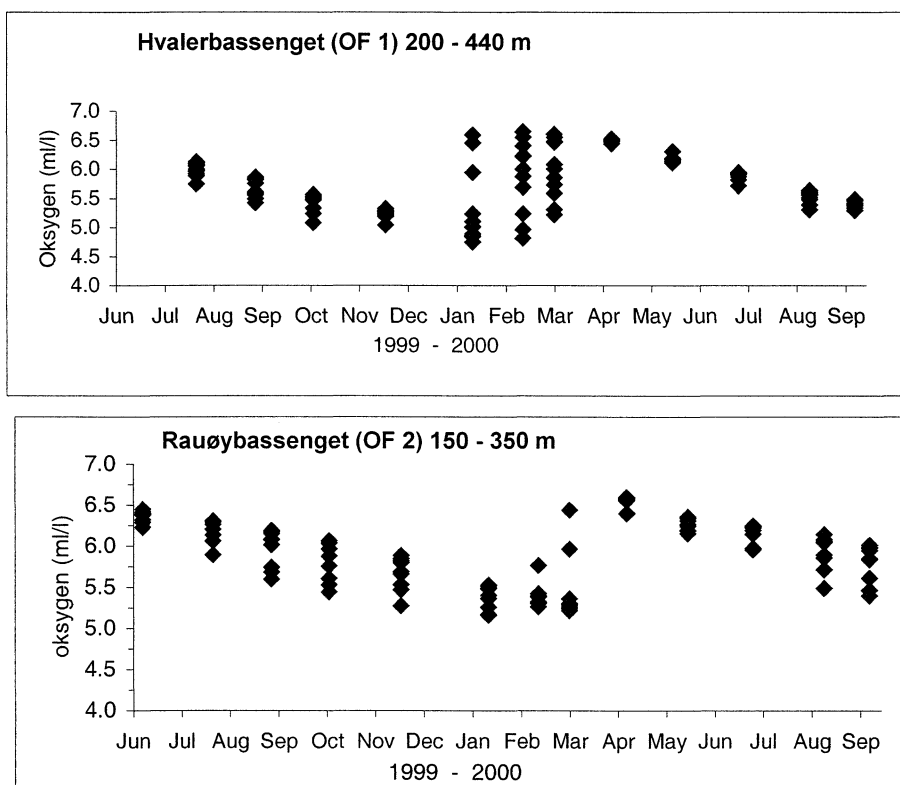
Fig. 4 Saltholdighet i 0-5m, 0-30m, 50m og 125 m ved stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000.

Fra juni til oktober 1999 var det et brakkvannslag på 10 - 15 m tykkelse i ytre Oslofjord (fig 3 og 4). I 2000 var det betydelig mindre brakkvann i fjorden enn i 1999 og største brakkvannsdyp og laveste saltholdigheter ble observert i forbindelse med vårfloppen i mai.

4. Oksygen i dypbassengene

Fig 5 viser at det var stagnerende vannmasser i de fire bassengene i ytre Oslofjord fra juni/ juli 1999 til innstrømningen av nytt oksygenrikt vann vinteren 2000. I Hvaler - og Rauøybassenget (OF 1 og 2) var laveste oksygenkonsentrasjon like før innstrømningen ca 5.0 ml/l, mens laveste oksygenverdi i Breidangenbassenget (st OF 5) og Drøbaksundet (st OF 7) var henholdsvis ca 4.0 og 4.5 ml/l. Minimum oksygenverdi i Rauøysbassenget var omlag som observert vinteren 1996, men en lå ca 1.5 ml/l høyere enn i 1997 (Aure og Danielssen,1998). Det var tilsvarende forhold i Breidangenbassenget, men her lå laveste oksygenverdi vinteren 2000 ca 2.5 ml/l høyere enn i 1997. I Drøbaksbassenget var oksygenminimum omlag som i 1995 og 1998 og ca 0.5 ml/l høyere enn i 1997. Oksygenforbruket i bassengene varierte mellom 0.14 og 0.18 ml/l pr måned fra juni 1999 til vinteren 2000, med lavest oksygenforbruk i Rauøybassenget. Det var dermed ingen endring i oksygenforbruket sammenlignet med perioden 1995 – 1998 .

Oksygenforholdene på slutten av stagnasjonsperioden i Hvaler, Rauøy - og i Drøbaksbassenget i 2000 var i SFT's tilstandsklasse I (meget god), mens Breidangenbassenget var i tilstandsklasse II (god). (Molvær et al, 1997)



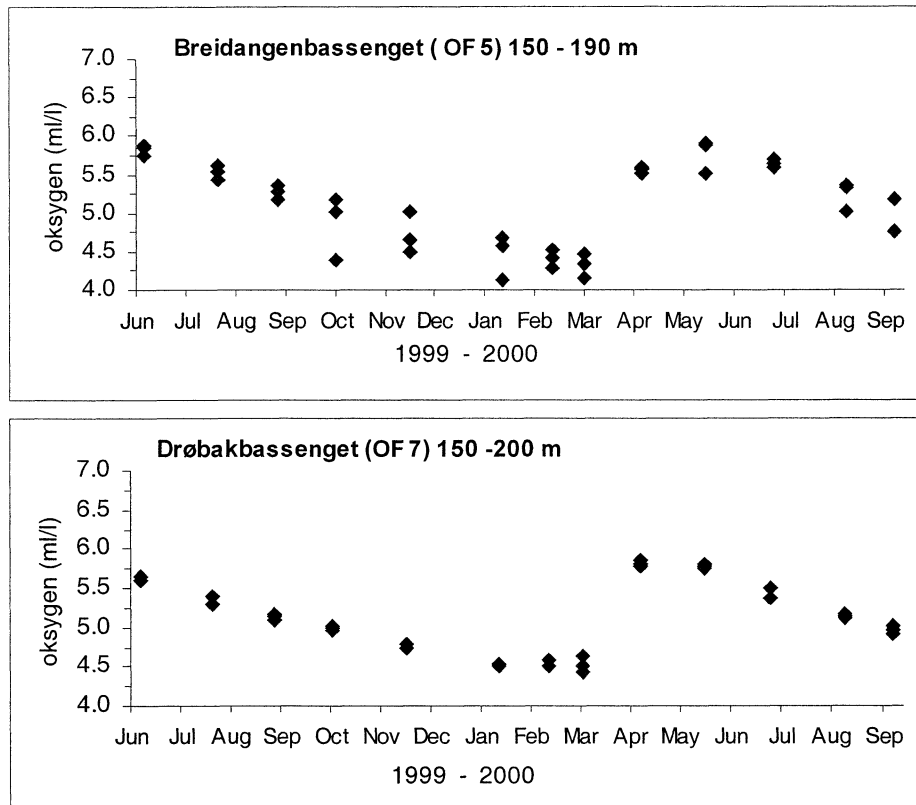


Fig. 5 Oksygeninnhold (ml/l) i Hvalerbassenget, Rauøybassenget , Breidangenbassenget og Drøbakbassenget fra juni 1999 til september 2000.

5. Siktedyp

I juni og juli 1999 var siktedypet i fjorden 3 - 4 meter mens det senere på sommeren og utover høsten lå mellom 5 og 9 meter. Vinteren 2000 (januar - mars) ble det observert siktedyp mellom 2 og 7 meter mens siktedypet i april var 8 - 11 meter (fig 6). I perioden fra mai til september varierte siktedypet mellom 2 og 8 meter med laveste siktedyp i mai. Midlere siktedyp i ytre Oslofjord om sommeren for årene 1999 og 2000 lå mellom 5 og 6 meter og i følge SFT's klassifisering av miljøtilstand var forholdene mindre gode (tilstandsklasse III) (tabell 1)

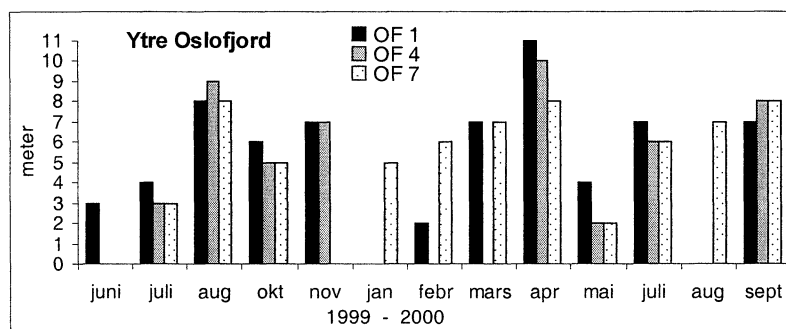


Fig. 6 Siktedyp ved stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000.

Tabell 1. Midlere siktedyp (m) om sommeren (juni-august) 1999/2000 ved stasjonene OF 1 - 7

Stasjon	OF 1	OF 2	OF 4	OF 5	OF 7
Siktedyp (m)	5.5	5.0	6.0	6.0	5.7
Kategori (SFT)	III	III	III	III	III

6. Nitrat, fosfat og silikat

Næringsstoffforholdene over terskeldyp i ytre Oslofjord påvirkes av tilførsler fra Skagerrak, av næringsrikt bassengvann, fra lokale kilder, planktonproduksjon og omsetning av organisk materiale. Lokale tilførsler er for en stor del knyttet til ferkvannsavrenning og har dermed størst innvirkning på overflatelaget (brakkvannet). Primærproduksjonen i ytre Oslofjord starter vanligvis i mars og varer fram til september/oktober med forbruk av næringsstoffer i de øverste 25 - 30 meter (produksjonslaget). Fig 7 viser at nitratkonsentrasjonene i de øverste 100 meter i ytre Oslofjord tildels var betydelig høyere enn i kystvannet (st OF1) i hele observasjonsperioden fra juni 1999 til september 2000, med økende forskjeller innover i fjorden.

0 - 5 meter (overflatelaget)

I 0 – 5 meter var det brakkvann i fjorden fram til oktober 1999, med laveste saltholdighet i juni og juli på ca 15.0 (fig 4). I juni 1999 var tilførslene av nitrat og silikat til fjorden fra ferskvannavrenning tydeligvis betydelig større enn forbruket, med konsentrasjoner av nitrat og silikat i 0 - 5 m ved st OF 4 og 7 på henholdsvis 6 - 8 mmol/m³ og 12 - 17 mmol/m³ (fig 8). Ved st OF 1 var til sammenligning nitrat - og silikatverdiene i juni 1999 ca 2.0 mmol/m³. Fra oktober 1999 og fram til dypvannsstrømningen vinteren 2000 var det også store forskjeller i nitrat og silikat mellom fjord og kyst, med størst avvik i november 1999, hvor nitratverdien ved st OF 7 lå ca 8 mmol/m³ høyere enn ved st OF 1. Høyeste verdi av nitrat og silikat i ytre Oslofjord vinteren 2000 var henholdsvis ca 13 og 16 mmol/m³. Våren og sommeren 2000 var det mindre forskjeller i saltholdighet og i nitrat/silikat mellom fjord og kyst, med unntak i mai for silikat og i juni for nitrat, hvor konsentrasjonene var høyere i fjorden enn ved kysten.

I følge SFT's klassifisering av tilstand i overflatelaget var midlere nitratkonsentrasjon sommeren (juli - sept) 1999/2000 ved stasjonene OF 2 - 7 i klasse III (mindre gode), mens den ved st OF1 var i klasse I (meget god). Vinteren 2000 (januar - mars) var nitratkonsentrasjonene ved alle stasjonene i klasse III (mindre gode) (tabell 2).

Fosfatkonsentrasjonene var lave i produksjonssesongen fram til slutten av september 1999 med små forskjeller mellom fjord og kyst. Vinteren 2000 var det også små forskjeller mellom kyst og fjord, men i januar og februar 2000 var det noe høyere konsentrasjoner ved st OF 7 enn i resten av fjorden (fig 8, tabell 2). Midlere sommer - og vinterkonsentrasjon av fosfat var henholdsvis ca 0.04 og 0.4 mmol/m³. Fosfatkonsentrasjonene i overflatelaget både sommer og vinter var i SFT's tilstandklasse I, dvs meget god.

Om sommeren var det periodevis meget høye N/P forhold i 0 – 5 m laget, med midlere verdi for st OF 2 - 7 på 128 (Redfields forhold = 16), mens middelveien for st OF 1 var ca 47. Vinteren 2000 var midlere N/P i fjorden redusert til ca 27 og ved st OF1 til ca 24.

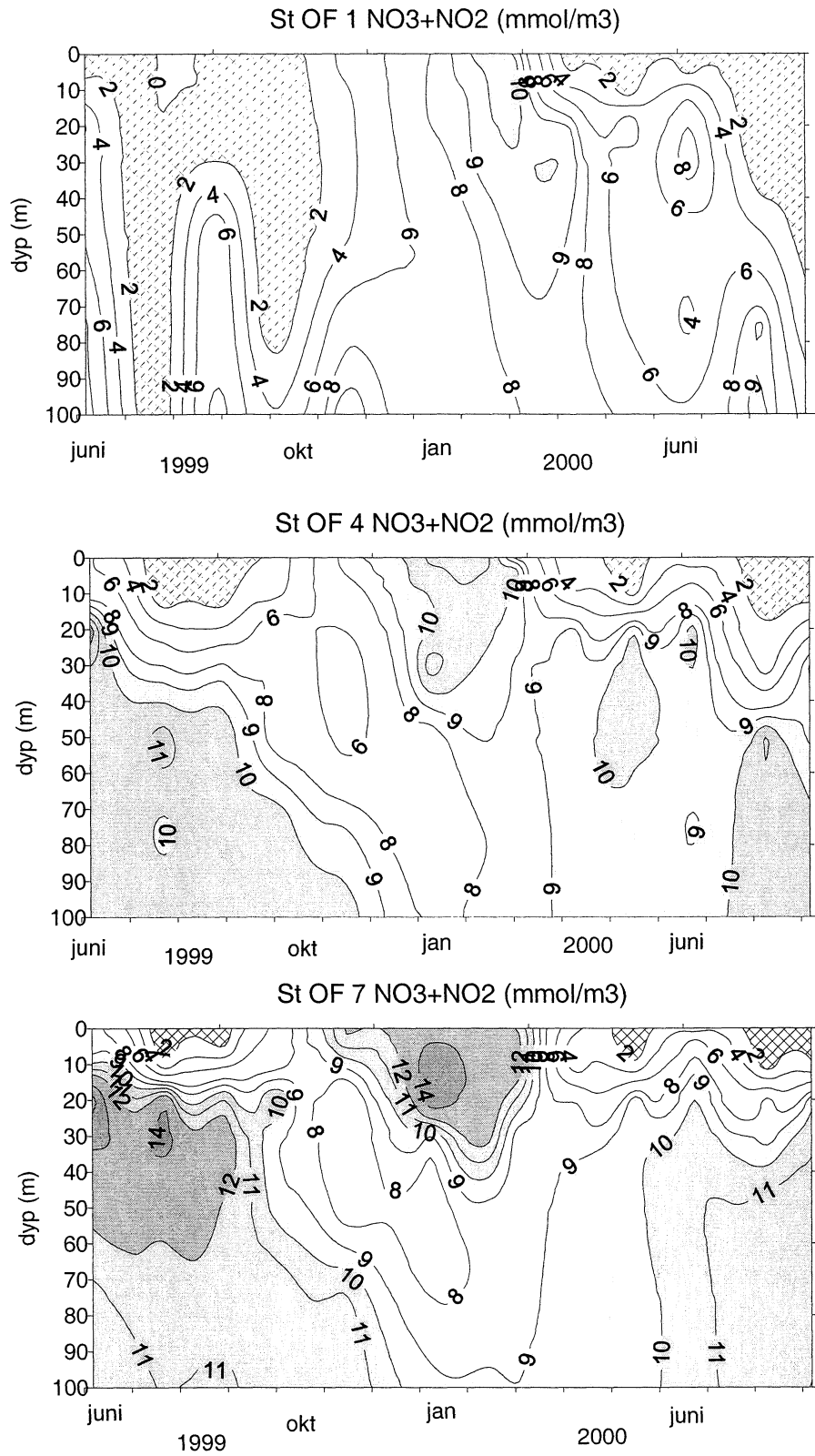


Fig. 7 Vertikalfordeling av nitrat (NO₃ + NO₂) i 0 - 100 m for stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000.

Midlere N/Si forhold for stasjonene OF 2 - 7 sommeren 1999/2000 og vinteren 2000 var henholdsvis 0.7 og 0.9 (Redfields forhold = 1.1). Det høye N/P forholdet om sommeren i fjorden og den store forskjellen mellom fjord og kyst var tydeligvis knyttet til lokal ferskvannsavrenning. Det er også verd å merke seg at det både sommer og vinter var overskudd av silikat i forhold til nitrat ($N/P < 1.1$) i overflatelaget (0 - 5 m).

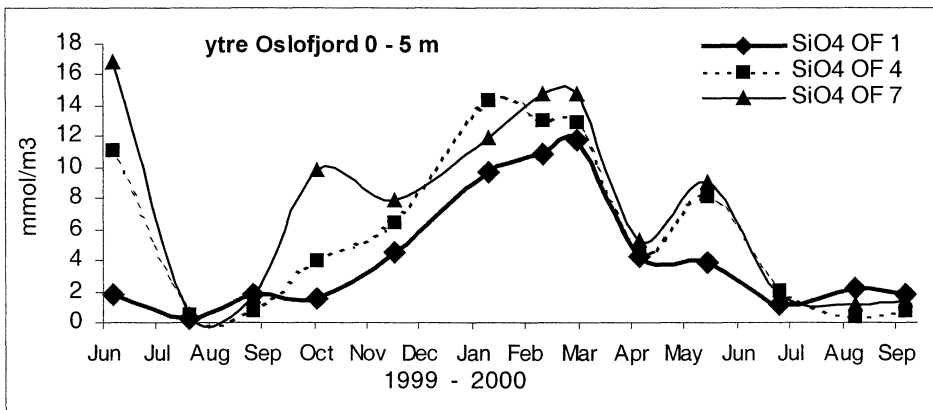
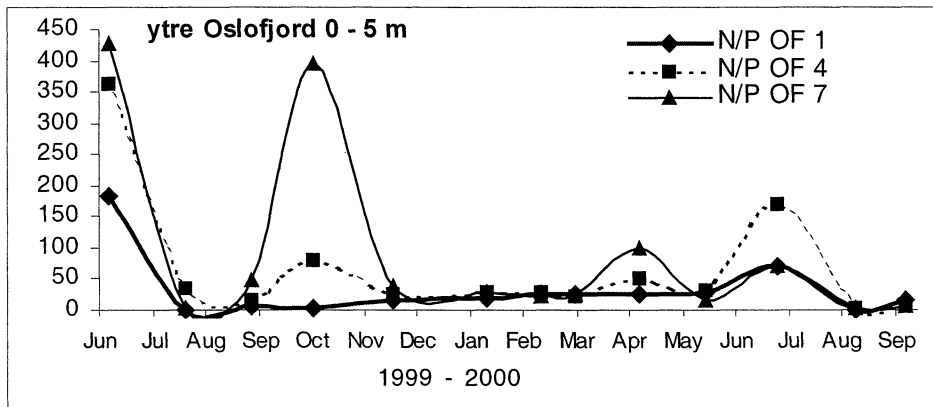
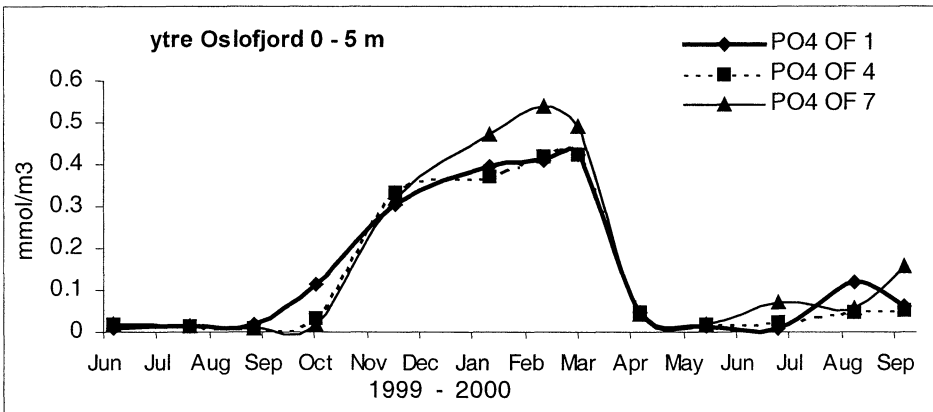
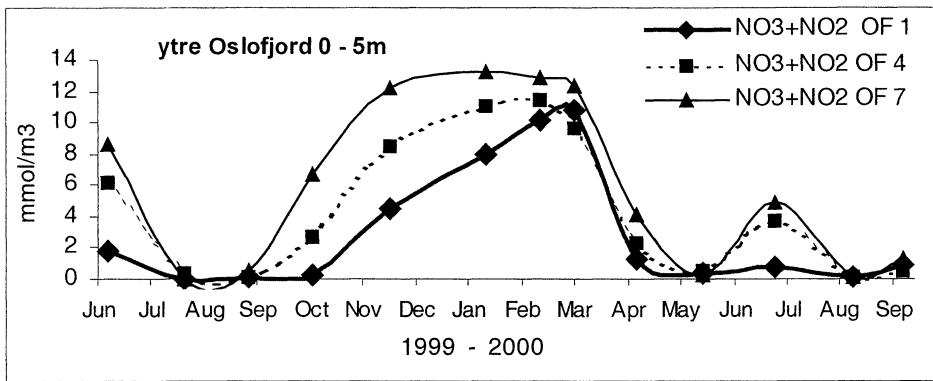
0 - 30 meter (produksjonslaget)

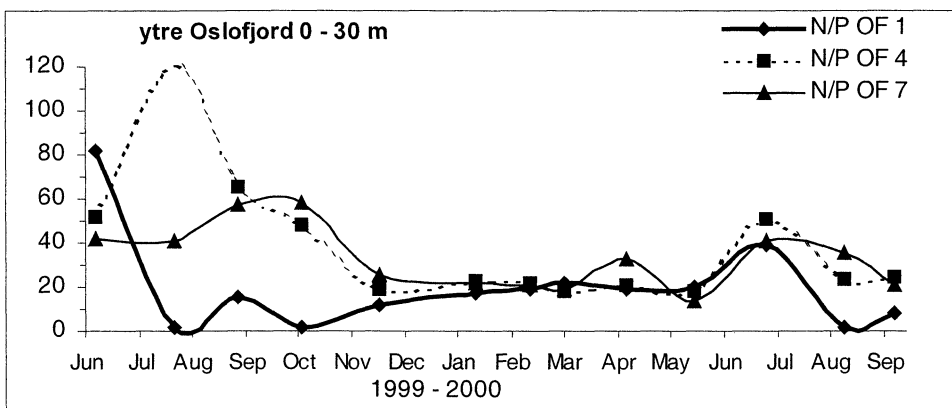
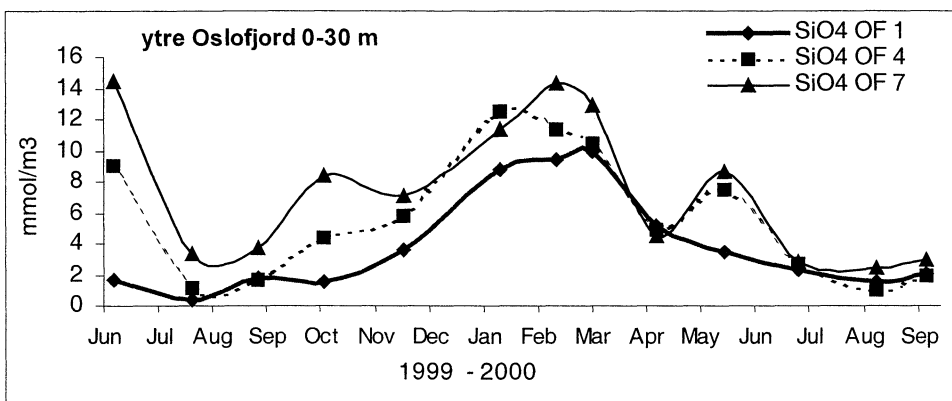
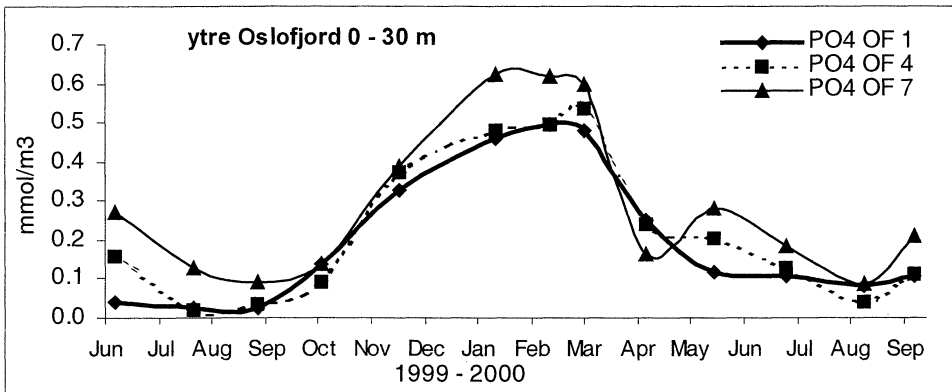
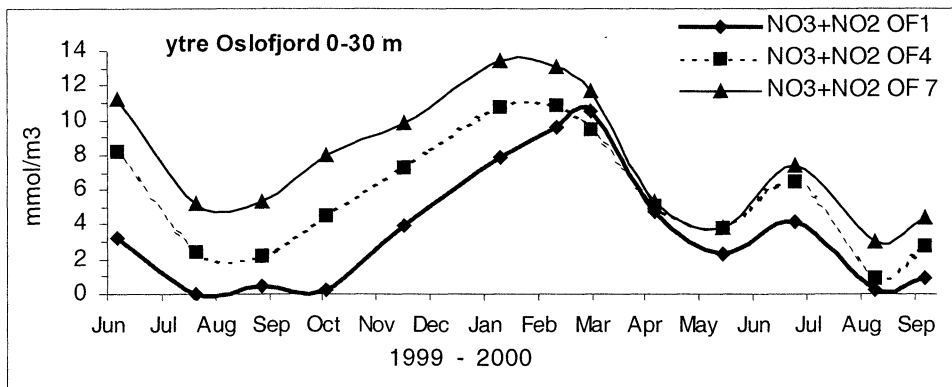
I produksjonslaget var det i hele perioden fra juni 1999 til dypvannsinnstrømningen vinteren 2000 betydelige overkonstrasjoner av nitrat og tildels silikat i ytre Oslofjord (st OF 2 - 7) relativt st OF 1 i indre Skagerrak (fig 8). Største forskjell i nitrat mellom OF 1 og OF 7 var ca 8 mmol/m^3 i juni 1999. Fra mai/juni til september 2000 var det også markert forskjell mellom fjord og kyst, men forskjellen var redusert til ca det halve i forhold til 1999. Midlere sommerverdi for nitrat i produksjonslaget (1999/2000) i ytre Oslofjord var 4.5 mmol/m^3 som var ca 3 mmol/m^3 høyere enn ved kysten (st OF 1) (tabell 2). Midlere vinterverdi av nitrat var ca 11.0 mmol/m^3 i ytre Oslofjord og 9.3 mmol/m^3 ved kysten (st OF 1). Midlere vinterverdi for nitrat økte også innover i fjorden fra 9.8 mmol/m^3 ved st OF 2 til 12.7 mmol/m^3 ved st OF 7.

Som i overflatelaget var det relativt små forskjeller i fosfat mellom fjord og kyst med unntak av ved st OF 7 i Drøbaksundet hvor fosfat periodevis både sommer og vinter lå noe høyere enn i resten av fjorden. Midlere fosfatverdi om sommeren (juni - sept) var ca 0.1 mmol/m^3 og om vinteren (jan - mars) ca 0.5 mmol/m^3 . Midlere N/P forhold om sommeren var høyere inne i fjorden (55) enn ved st OF1 (29). Det er også verd å merke seg at i motsetning til N/P forholdet var N/Si forholdet om sommeren markert høyere i 0 - 30 m laget (1.35) enn i overflatelaget (0.70). Dette viser at vannmasser under brakkvannslaget med forholdsvis høyt N/Si forhold påvirket næringssaltforholdene i produksjonlaget (se under). Om vinteren (jan - mars) var midlere N/P og N/Si forhold i fjorden henholdsvis 21 og 0.94 dvs noe høyere og lavere enn de respektive Redfieldforhold.

30 - 100 m

Vannmassene mellom 30 meter dyp og terskeldyp er i liten grad påvirket av lokale ferkvannsutslipp og planktonproduksjon. Vannmassene i feks 50 meter dyp var dominert av Skagerrakvann (SV) med unntak under innstrømningen av Skagerrak dypvann (SD) vinteren 2000 hvor mye av SV ble transportert ut av fjorden (fig 3). I hele måleperioden, med unntak under vinterinnstrømningen i 2000, var det betydelig høyere nitrat og tildels silikat - og fosfatkonsentrasjoner i ytre Oslofjord enn ved st OF 1 i indre Skagerrak (fig 8). Midlere forskjell mellom fjorden og st OF1 i 50 m dyp om sommeren (juni - sept) for nitrat, fosfat og silikat var henholdsvis ca 5, 2 og 0.22 mmol/m^3 (tabell 2). Største forskjell for nitrat mellom st OF 7 (Drøbaksundet) og st OF 1 var ca 10 mmol/m^3 i september 2000 og for fosfat ca 0.6 mmol/m^3 i juni 1999. Midlere N/P forhold om sommeren og vinteren i fjorden var henholdsvis ca 20 og 13 dvs nær Redfieldforholdet på 16. Midlere N/Si forhold om sommeren i 50 meter dyp var betydelig høyere enn i overflatelaget (1.7), mens det om vinteren (jan - mars) var mindre forskjell (tabell 2). De høye N/Si verdiene i fjorden om sommeren var knyttet til innstrømning av vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen (se bak).





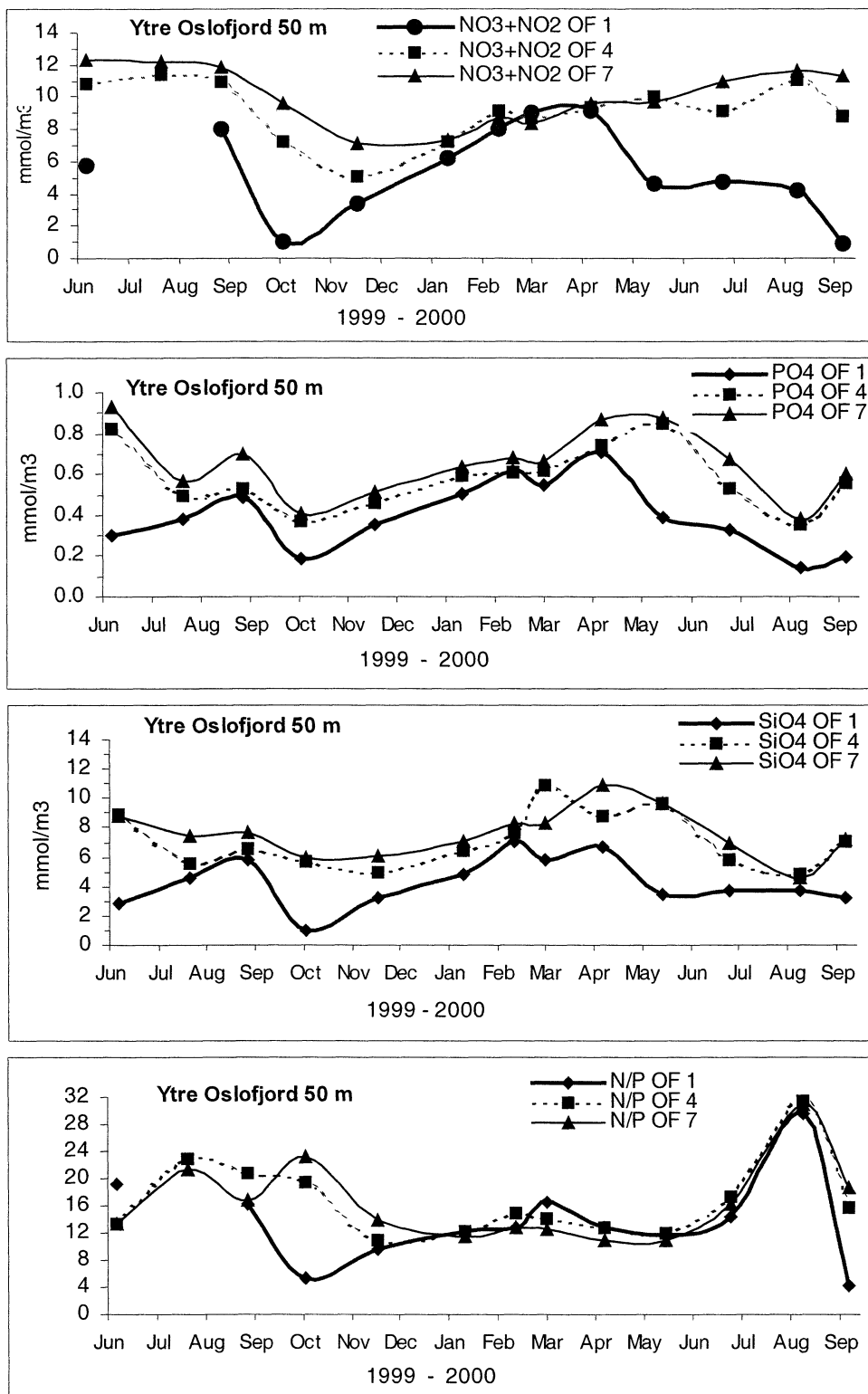


Fig. 8 Nitrat (NO₃+NO₂), fosfat (PO₄), silikat (SiO₄) og N/P forhold i 0 - 5m, 0 - 30m og i 50m for stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000.

Tilførslene av næringssalter i de øverste 50 meter i ytre Oslofjord i 1999 - 2000 var dominert av to hovedkilder: i) ferskvannavrenning og ii) innstrømninger av Skagerrakvann og Skagerrak kystvann til ytre Oslofjord (fig 3). Untaket var vinteren/våren 2000 hvor Skagerrak dypvann (SD) ble hevet til ca 40 m dyp i ytre Oslofjord.

Fig 9 viser at brakkvann, Skagerrak kystvann/Skagerakvann (SKV/SV) og Skagerrak dypvann i tillegg til saltholdighet også kan kan skilles ved N/Si forholdet. I Brakkvannet var N/Si lavere enn ca 1.0 mens det i SKV/SV lå mellom ca 1.5 og 3.0. I Skagerrak dypvann (saltholdigheter mellom 34.5 og 35.0) var N/Si igjen redusert til ca 1.0. SKV/SV er som nevnt foran en blanding av vann fra sørlige og sentrale Nordsjøen og brakkvann fra Kattegat. Utover vinteren og våren tilføres Skagerrak vann fra sørlige Nordsjøen med et stadig økende overskudd av nitrat i forhold til silikat og fosfat (Aure og Johannesen,1997 og Aure *et al*, 1998). I et normalår fører dette til at vi får et maksimum av N/P og N/Si i kystvannet i indre Skagerrak om våren. Tilførslene og sammensetningen av næringssaltene fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak varierer fra år til år knyttet til ferskvannavrenning, primærproduksjon og transport av sørlig Nordsjøvann til Skagerrak.

Høyt N/Si forhold i ytre Oslofjord var også nært knyttet til høye nitratkonsentrasjoner (fig 9). Fig 7 og 10 viser at det i perioden fra juni til oktober 1999 i ytre Oslofjord var meget høye nitratkonsentrasjoner og høyt N/Si forhold (>1.5) fra like under brakkvannet til 50 - 60 meter dyp. I år 2000 var det en lignende situasjon i fjorden med N/Si over ca 1.5 fra slutten av mai til september fra nær overflaten ned til 60 - 70 meter dyp. Dette viser på at det i løpet av våren 1999 og 2000 strømmet inn nitratrikt vann med høyt N/Si forhold til ytre Oslofjord med opprinnelse i sørlige Nordsjøen.

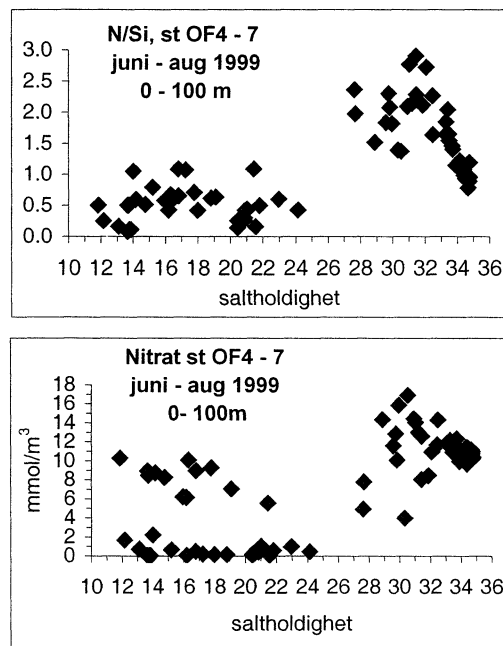


Fig.9 Saltholdighet plottet mot N/Si og nitrat i 0 - 100 m for stasjonene OF 4, 5 og 7.

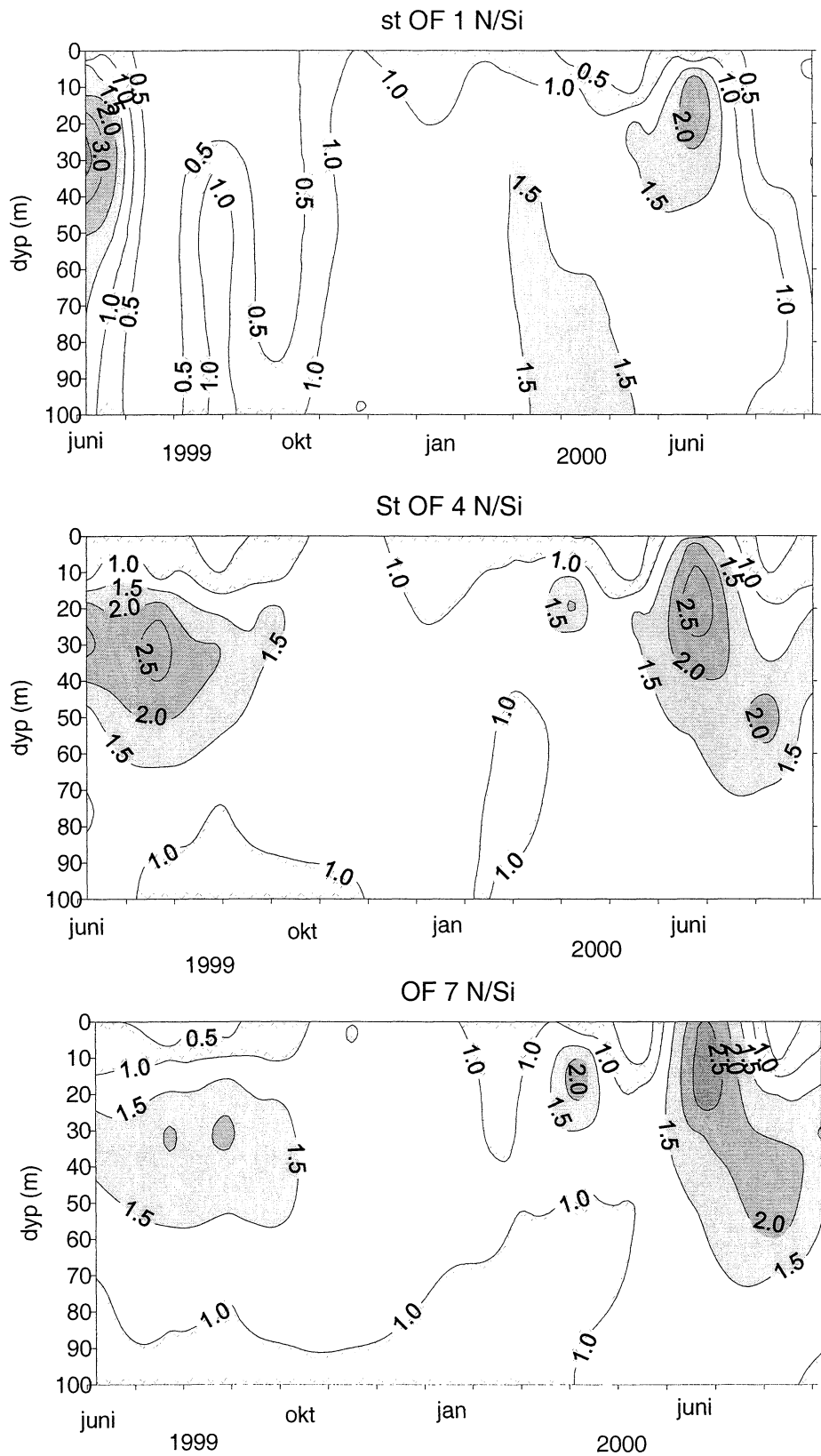


Fig.10 Vertikalfordeling av N/Si i 0 - 100 m for stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til sept 2000.

Tabell 2. Midlere nitrat (NO₃ + NO₂), fosfat (PO₄), silikat (SiO₄) (mmol/m³), N/P og N/Si sommer (juli - sept) og vinter (januar - mars) i 0-5 m, 0 – 30 m og i 50 m ved stasjonene OF 1 – OF 7. Differansen mellom st OF 1 ved kysten og stasjonene i ytre Oslofjord (OF 2 - 7) (SFT Klassifisering vist med romertall).

SOMMER 0-5m

stasjon	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	23.4	0.64 (I)	0.038 (I)	1.52	46.89	0.40
st OF 2	22.2	1.92 (III)	0.039 (I)	2.76	99.65	0.81
st OF 4	21.5	1.85 (III)	0.027 (I)	2.63	99.32	0.71
st OF 5	19.4	2.72 (III)	0.026 (I)	5.15	218.27	0.51
st OF 7	20.2	2.58 (III)	0.054 (I)	3.91	93.67	0.76
middel (OF 2-7)	20.8	2.27 (III)	0.036 (I)	3.61	127.70	0.70
Diff OF 1	salthold	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	-1.2	1.28	0.00	1.24	52.76	0.41
st OF 4	-2.0	1.21	-0.01	1.11	52.43	0.31
st OF 5	-4.1	2.08	-0.01	3.63	171.38	0.11
st OF 7	-3.2	1.93	0.02	2.39	46.78	0.37
middel diff (OF 2-7)	-2.6	1.62	0.00	2.09	80.84	0.30

VINTER 0-5m

stasjon	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	28.6	9.6 (III)	0.40 (I)	10.78	23.39	0.89
st OF 2	27.9	10.0 (III)	0.40 (I)	13.40	25.79	0.78
st OF 4	27.3	10.6 (III)	0.40 (I)	13.47	26.55	0.79
st OF 5	27.5	12.5 (III)	0.41 (I)	13.39	30.78	0.94
st OF 7	27.9	12.8 (III)	0.50 (I)	13.80	25.70	0.94
middel (OF 2-7)	27.6	11.5 (III)	0.43 (I)	13.51	27.20	0.86
Diff OF 1	salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	-0.7	0.48	-0.01	2.63	2.40	-0.11
st OF 4	-1.3	1.08	0.00	2.69	3.15	-0.09
st OF 5	-1.1	2.91	0.01	2.61	7.39	0.05
st OF 7	-0.7	3.21	0.09	3.02	2.30	0.05
middel diff (OF 2-7)	-0.9	1.92	0.02	2.74	3.81	-0.02

SOMMER 0-30 m

stasjon	Salth	(NO3+NO2)	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	26.91	1.49	0.07	1.62	29.24	0.77
st OF 2	26.05	2.81	0.07	2.56	48.64	1.14
st OF 4	25.16	3.84	0.08	2.94	56.23	1.51
st OF 5	23.96	5.34	0.10	4.79	74.04	1.23
st OF 7	24.14	6.08	0.16	4.97	39.46	1.50
middel (OF 2-7)	24.83	4.52	0.10	3.81	54.59	1.34
Diff OF 1	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	-0.86	1.32	0.01	0.94	19.40	0.37
st OF 4	-1.75	2.35	0.02	1.32	26.98	0.74
st OF 5	-2.95	3.85	0.03	3.17	44.80	0.46
st OF 7	-2.77	4.59	0.10	3.35	10.22	0.73
middel diff (OF 2-7)	-2.08	3.03	0.04	2.19	25.35	0.58

VINTER 0-30 m

stasjon	Salth	(NO3+NO2)	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	29.93	9.35	0.48	9.40	19.49	0.99
st OF 2	29.67	9.83	0.49	11.17	20.28	0.89
st OF 4	29.28	10.37	0.50	11.46	20.73	0.91
st OF 5	29.22	11.62	0.51	11.96	23.00	0.97
st OF 7	29.50	12.71	0.61	12.90	20.69	1.00
middel (OF 2-7)	29.42	11.13	0.53	11.87	21.18	0.94
Diff OF 1	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	-0.26	0.49	0.01	1.76	0.79	-0.10
st OF 4	-0.65	1.03	0.02	2.06	1.24	-0.08
st OF 5	-0.71	2.28	0.03	2.56	3.51	-0.02
st OF 7	-0.43	3.36	0.14	3.49	1.20	0.01
middel diff (OF 2-7)	-0.51	1.79	0.05	2.47	1.69	-0.05

SOMMER 50m

stasjon	Salth	(NO3+NO2)	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	33.92	4.72	0.31	4.01	16.85	1.21
st OF 2	33.73	6.49	0.31	3.95	20.49	1.67
st OF 4	33.61	10.38	0.55	6.45	20.24	1.68
st OF 5	33.51	10.73	0.59	7.08	19.48	1.58
st OF 7	33.35	11.69	0.64	7.10	19.51	1.71
middel (OF 2-7)	33.55	9.82	0.52	6.14	19.93	1.66
Diff OF 1	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	-0.19	1.77	0.01	-0.07	3.64	0.46
st OF 4	-0.31	5.66	0.24	2.44	3.39	0.47
st OF 5	-0.41	6.01	0.28	3.07	2.63	0.38
st OF 7	-0.57	6.98	0.34	3.09	2.66	0.50
middel diff (OF 2-7)	-0.37	5.11	0.22	2.13	3.08	0.45

VINTER 50 m

stasjon	Salth	(NO3+NO2)	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 1	33.47	7.77	0.56	5.88	13.91	1.33
st OF 2	33.48	8.03	0.60	7.29	13.39	1.11
st OF 4	33.24	8.37	0.61	8.32	13.72	1.04
st OF 5	33.56	7.75	0.65	7.40	11.89	1.05
st OF 7	33.66	8.15	0.66	7.90	12.37	1.03
middel (OF 2-7)	33.48	8.08	0.63	7.73	12.84	1.06
Diff OF 1	Salth	NO3+NO2	PO4	SiO4	N/P	N/Si
st OF 2	0.01	0.26	0.04	1.41	-0.52	-0.23
st OF 4	-0.23	0.60	0.05	2.44	-0.19	-0.29
st OF 5	0.09	-0.02	0.10	1.52	-2.02	-0.28
st OF 7	0.20	0.38	0.10	2.02	-1.54	-0.30
middel diff (OF 2-7)	0.02	0.31	0.07	1.85	-1.07	-0.27

Det nitratrike vannet oppholdt seg i fjorden fram til slutten av september både i 1999 og 2000.

De høye nitratkonsentrasjonene under brakkvannslaget i ytre Oslofjord somrene 1999 og 2000 var knyttet til store innstrømninger av nitratrikt vann fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak både vinteren/våren 1999 og fra mai til juli 2000 (Aure *et al*, 2000, Fosså *et al*, 2001). De høye sommerverdiene av nitrat i produksjonslaget (0 – 30 m) i ytre Oslofjord om sommeren og da særlig i 1999, var dermed et resultat både av lokale tilførsler av nitrat (ferskvannsavrøring) og tilførsler av nitratrikt vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen.

7. Tot N og Tot P

Total nitrogen (Tot N) og fosfor (Tot P) er summen av uorganisk nitrat og fosfat og nitrogen og fosfor bundet til organiske partikler. Tot N og Tot P i produksjonslaget (0-30 m) i Ytre Oslofjord var høyest om vinteren og lavest om sommeren (fig 11).

Midlere vinterverdi for Tot N i ytre Oslofjord i 0 - 5 m laget var 25 mmol/m³ og for produksjonslaget (0 – 30 m) 22.5 mmol/m³ (tabell 3). Midlere sommerverdi for Tot N både i 0 - 5m og 0 - 30 m laget var ca 18.5 mmol/m³. Til sammenligning var midlere vinterverdi av Tot N ved Lista (1990 - 1995) i 0 - 30 m ca 16 mmol/m³ og om sommeren ca 12 mmol/m³ (Aure og Johannesen, 1997).

Det var små forskjeller i Tot P mellom kyst og fjord og midlere vinterverdi i 0 – 5 m og 0 – 30 meter var ca 0.75 mmol/m³ og midlere sommerverdi ca 0.3 mmol/m³.

Om sommeren er det i produksjonslaget vanligvis lite nitrat og fosfat i forhold til næringssalter bundet i organisk materiale. Midlere TotN/Tot P på ca 60 om sommeren viser at det organiske materialet i ytre Oslofjord og indre Skagerrak inneholdt forholdvis mye nitrogen i forhold til fosfor (tabell 3). Til sammenligning er midlere TotN/TotP i kystvannet ved Arendal (1990 – 1995) ca 35. Dette tyder på at planktonet i ytre Oslofjord opplever en høyere relativ nitrogentilgang i forhold til fosfor sammenlignet med kystvannet ved f.eks Arendal. De lavere sommerverdiene av Tot N og P indikerer også en relativt kort oppholdstid av planteplankton i produksjonslaget.

Sommerverdien av midlere Tot P i 0-5m var i SFT's tilstandsklasse I (meget god) mens Tot N var i tilstandsklasse II (god). Om vinteren (jan - mars) var både Tot P og Tot N i tilstandsklasse II.

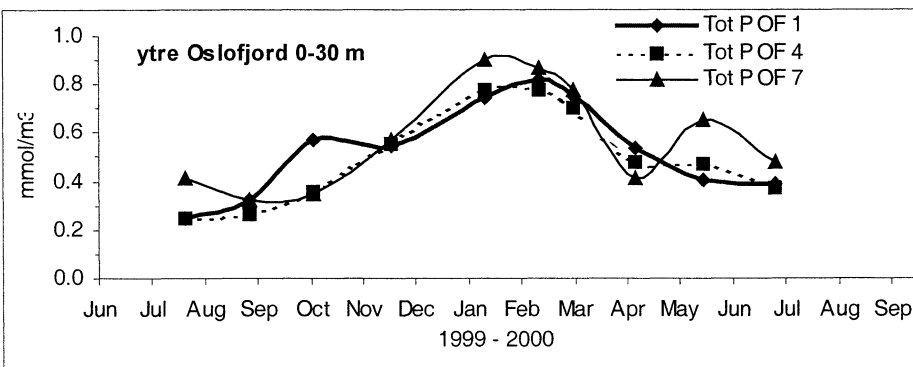
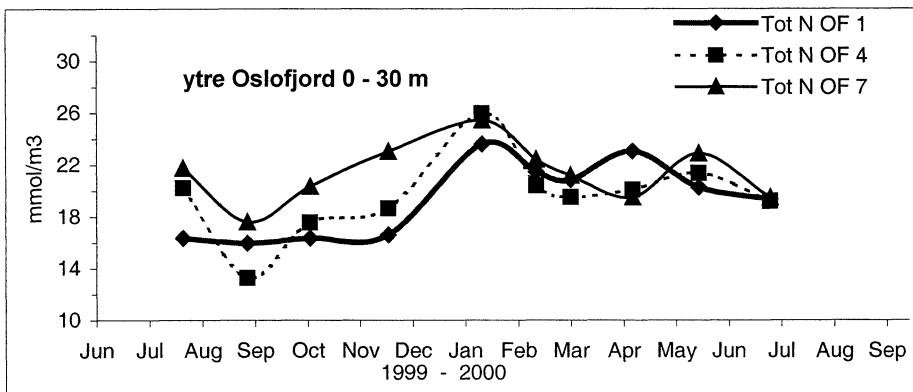
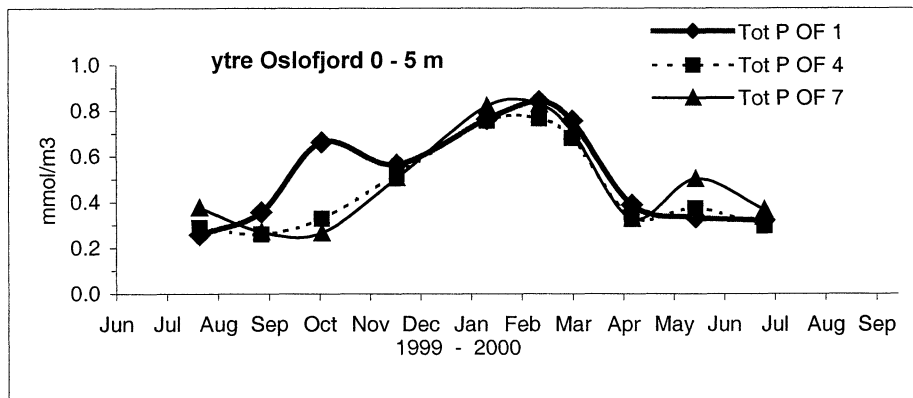
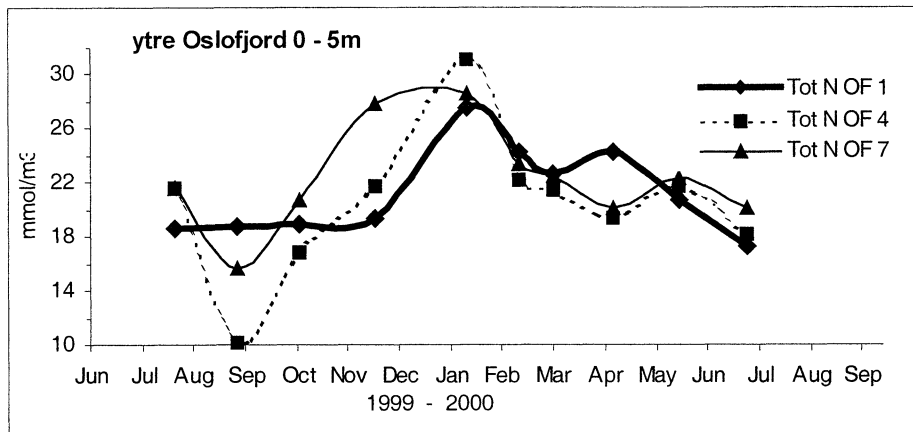


Fig.11 Tot N og Tot P i 0 -5 m og 0 – 30 m ved st. OF 1, 4 og 7 fra juli 1999 til juli 2000.

Tabell 3. Midlere Tot N og Tot P (mmol/m³) sommer (juli - sept) og vinter (januar - mars) i 0-5 m og 0 – 30 m ved stasjonene OF 1 – OF 7. Differansen mellom st OF 1 ved kysten og stasjonene i ytre Oslofjord (OF 2 - 7) .

SOMMER 0-5 m

stasjon	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 1	23.44	0.31	18.26	59.40
st OF 2	22.20	0.18	19.53	65.77
st OF 4	21.48	0.28	16.68	58.24
st OF 5	19.38	0.28	17.58	64.66
st OF 7	20.25	0.34	19.13	56.55
middel (OF 2 - 7)	20.83	0.27	18.23	61.31
Diff OF 1	salthold	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 2	-1.24	-0.13	1.28	6.36
st OF 4	-1.96	-0.03	-1.58	-1.16
st OF 5	-4.06	-0.04	-0.68	5.26
st OF 7	-3.19	0.03	0.88	-2.85
middel diff (OF 2-7)	-2.61	-0.04	-0.03	1.90

VINTER 0-5m

stasjon	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 1	28.56	0.79	24.81	31.58
st OF 2	27.89	0.74	25.40	34.33
st OF 4	27.29	0.74	24.94	33.86
st OF 5	27.45	0.75	25.86	34.52
st OF 7	27.88	0.79	24.83	31.55
middel (OF 2-7)	27.63	0.75	25.26	33.57
Diff OF 1	salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 2	-0.68	-0.05	0.59	2.75
st OF 4	-1.28	-0.05	0.13	2.27
st OF 5	-1.11	-0.04	1.05	2.94
st OF 7	-0.69	0.00	0.02	-0.03
middel diff (OF 2-7)	-0.94	-0.03	0.44	1.98

SOMMER 0-30m

stasjon	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 1	26.91	0.32	17.22	54.65
st OF 2	26.05	0.30	19.14	64.77
st OF 4	25.16	0.29	17.58	61.52
st OF 5	23.96	0.30	18.52	64.65
st OF 7	24.14	0.41	19.61	49.19
middel (OF 2-7)	24.83	0.33	18.71	60.03
Diff OF 1	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 2	-0.86	-0.02	1.91	10.12
st OF 4	-1.75	-0.03	0.35	6.87
st OF 5	-2.95	-0.02	1.30	10.00
st OF 7	-2.77	0.08	2.38	-5.46
middel diff (OF 2-7)	-2.08	0.00	1.49	5.38

VINTER 0-30m				
stasjon	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 1	29.93	0.77	21.99	28.57
st OF 2	29.67	0.76	22.58	29.93
st OF 4	29.28	0.75	21.98	29.20
st OF 5	29.22	0.78	22.72	29.32
st OF 7	29.50	0.85	23.02	27.14
middel (OF 2-7)	29.42	0.78	22.57	28.90
Diff OF 1	Salth	Tot P	Tot N	Tot N/Tot P
st OF 2	-0.26	-0.02	0.60	1.36
st OF 4	-0.65	-0.02	0.00	0.63
st OF 5	-0.71	0.01	0.74	0.75
st OF 7	-0.43	0.08	1.03	-1.43
middel diff (OF 2-7)	-0.51	0.01	0.59	0.33

8. Klorofyll - *a* og partikulært organisk karbon (POC)

Konsentrasjonene av planktonalger følger forholdsvis fast mønster gjennom året, med våroppblomstring av kiselalger i Oslofjordområdet fulgt av en minimumsperiode, før det igjen kommer en kiselalgeblomstring på forsommeren. Det videre forløpet utover sommeren er ofte variabelt men oppblomstringer av dinoflagellater fra august og utover høsten (høstblomstring) er svært vanlige og er knyttet til relativt høye klorofyll - *a* verdier (ANON,1996).

Fig 12 og 13 viser at klorofyll - *a* i ytre Oslofjord i 1999 - 2000 ved st OF 4 og OF 7 var markert høyere enn ved st OF 1 i indre Skagerrak. Unntaket var under høstblomstringen i oktober 1999 hvor klorofyll - *a* var høyest ved kysten. Høyeste observerte klorofyll - *a* i 0 - 5 m i ytre Oslofjord var ca 11 mg/m³ ved st OF 7 (Drøbaksundet) i juli 1999 mens høyeste klorofyll - *a* i indre Skagerrak ved st OF 1 ca 4 mg/m³ i august 2000, når vi ser bort fra høstblomstringen i oktober 1999.

Midlere klorofyll - *a* for ytre Oslofjord sommeren 1999/2000 i 0 - 5 meter laget var 4.1 mg/m³ og i indre Skagerrak (st OF 1) 2.5 mg/m³ (tabell 4). Til sammenligning var midlere klorofyll - *a* i 0 - 5 m i Samnangerfjorden på Vestlandet sommeren 1999 1.2 mg/m³ (Aure *et al*, 2000).

Midlere sommerverdier av klorofyll - *a* var i SFT's tilstandsklasse III (mindre god) for stasjonene OF 2 - OF 7, mens den ved kysten (st OF 1) var i tilstandsklasse II (god). Tidsutviklingen av klorofyll - *a* i 0 - 30 m var omlag som i 0 - 5 m, men med lavere konsentrasjoner (fig12 og tabell 4).

Partikulært organisk material (POC) er summen av levende og dødt organisk materiale i vannet. I produksjonslaget (0 - 30 m) var som forventet POC verdiene høyest om sommeren og lavest om vinteren (fig 14). I overflatelaget (0 - 5m) var det økende konsentrasjoner innover fjorden med høyeste observerte verdi ved st OF 7 på ca 600 mg/m³.

Midlere sommerverdi av POC i 0 - 5 m for ytre Oslofjord (st OF 2 - OF7) var ca 360 mg/m³ med høyeste midlere sommerverdi ved st OF 7 på ca 450 mg/m³. Ved kysten (st OF1) var høyeste observerte POC i 0 – 5 m ca 350 mg/m³ under høstblomstringen i oktober 1999 og midlere sommerverdi var ca 260 mg/m³.

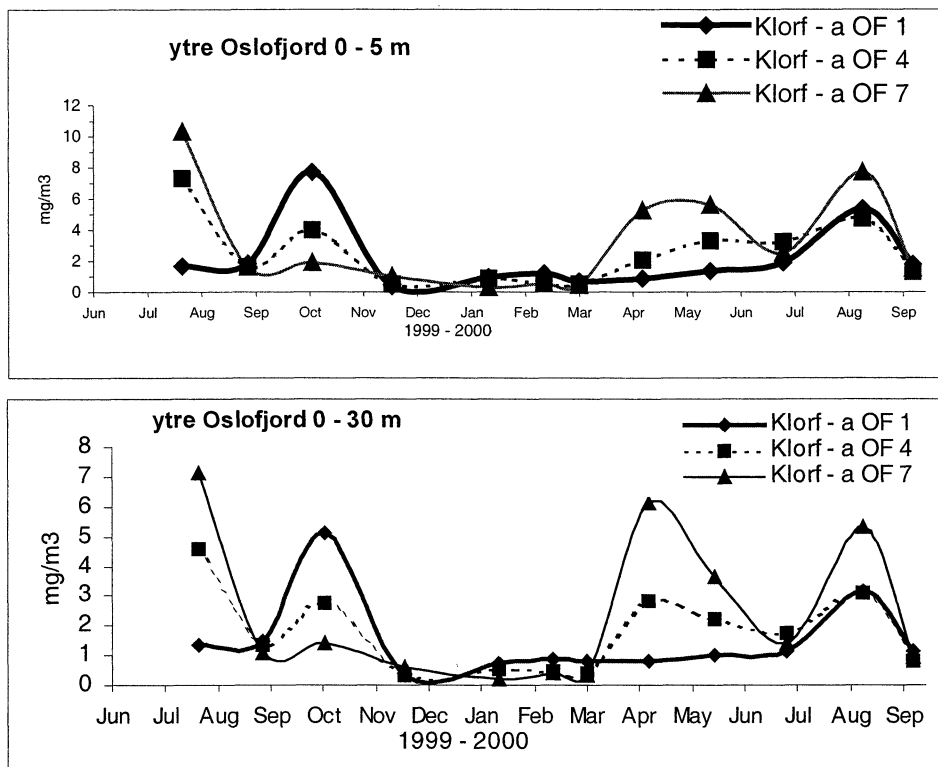


Fig. 12 Klorofyll - a i 0 - 5m og 0 - 30m ved st OF 1, 4 og 7 fra juni 1999 til september 2000.

Midlere sommer - og vinterverdi av POC i ytre Oslofjord i 0 - 30 m var henholdsvis ca 250 og 100 mg/m³. Til sammenligning var tilsvarende sommer - og vinterverdier av POC i Samnangerfjorden ved Bergen 145 og 55 mg/m³ (Aure *et al*, 2000).

I mellomlaget, representert ved forholdene i 50 og 125 m dyp, var de sesongmessige variasjonene mindre enn i øvre lag og POC var markert høyere ved kysten enn i ytre Oslofjord. I middel for hele måleperioden var feks POC i 50 meter dyp ved st OF 1 ca 80 mg/m³, mens middelverdien for st OF 4 og OF 7 ca 55 mg/m³. Dette stemmer overens med at den organiske belastning var høyest i det ytterste bassenget i Ytre Oslofjord - Rauøybassenget (Aure og Danielssen , 1998). Midlere POC i Skagerrak kystvann (SK) i 1999 - 2000 i ytre Oslofjord var ca 350 mg/m³ mens midlere POC i SK i kystvannet ved Arendal i perioden 1990 -1995 var omlag 180 mg/m³ (Pedersen *et al*,1995). Dette antyder at det er markert høyere POC konsentrasjoner i SK i ytre Oslofjord enn langs sørlandskysten ved Arendal.

Det var rimelig god overenstemmelse mellom klorofyll - a og POC med størst korrelasjon i 0 - 5 m laget (R = 0.86) (fig 15). Dette viser at POC verdiene i produksjonslaget i stor grad var knyttet til primærproduksjon. Midlere POC/kla forhold var ca 45 (fig 15), som var noe lavere enn typisk for lysadabterte alger (71 - 300) (Erga,1989).

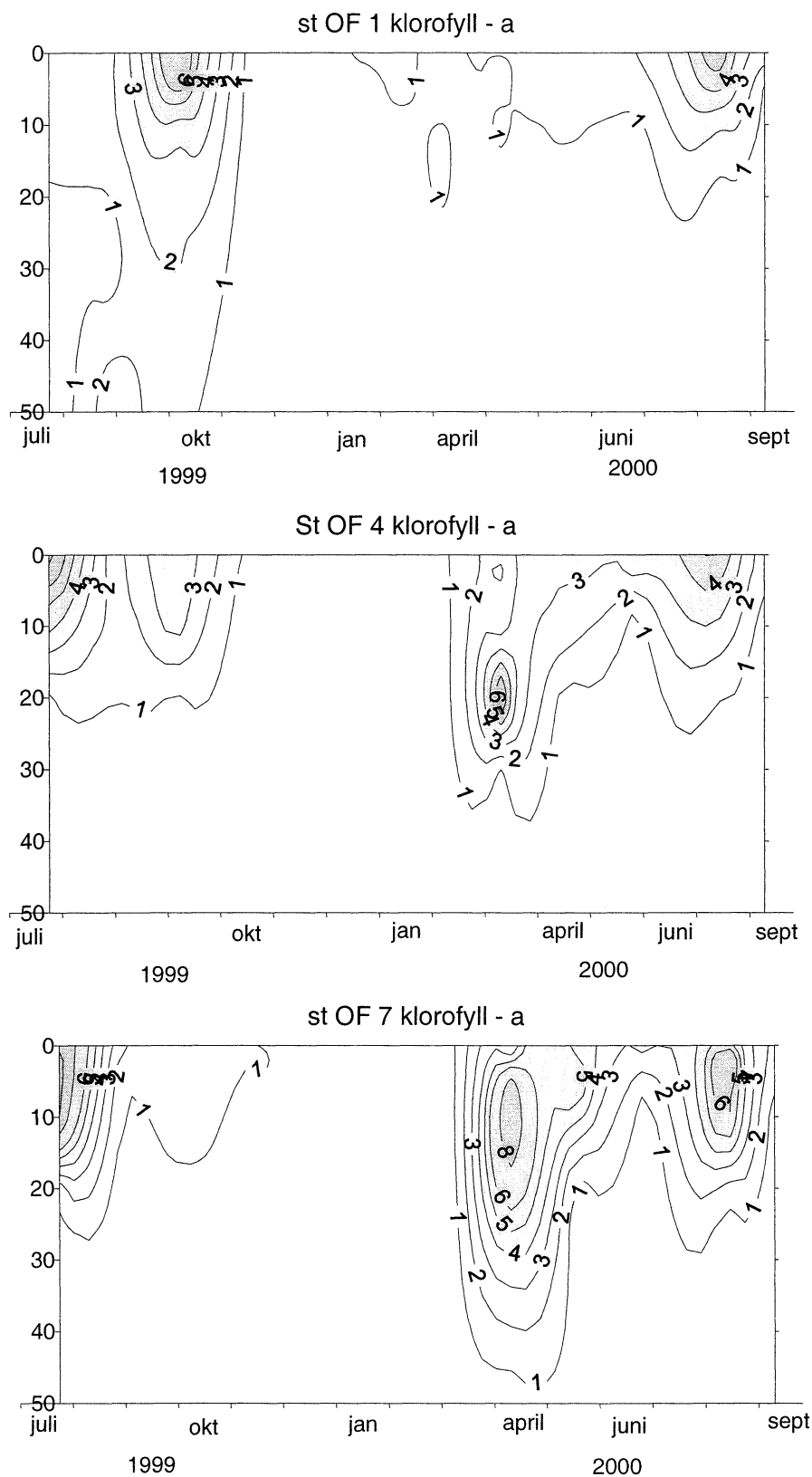


Fig. 13 Klorofyll - a (mg/m^3) i 0 - 50 meter ved stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juli 1999 til september 2000.

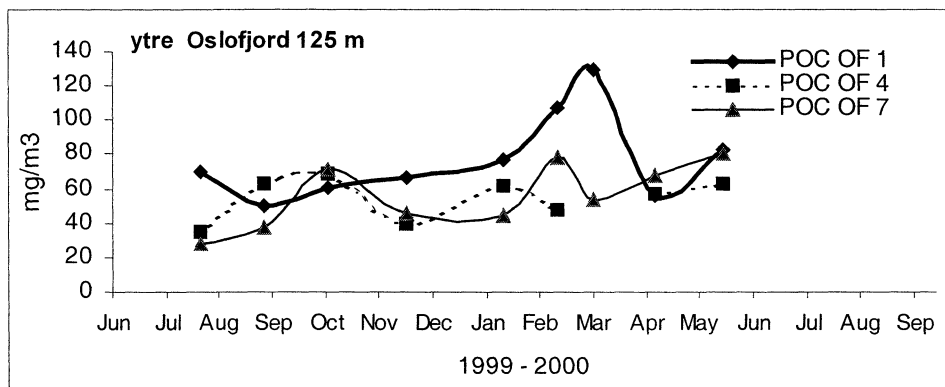
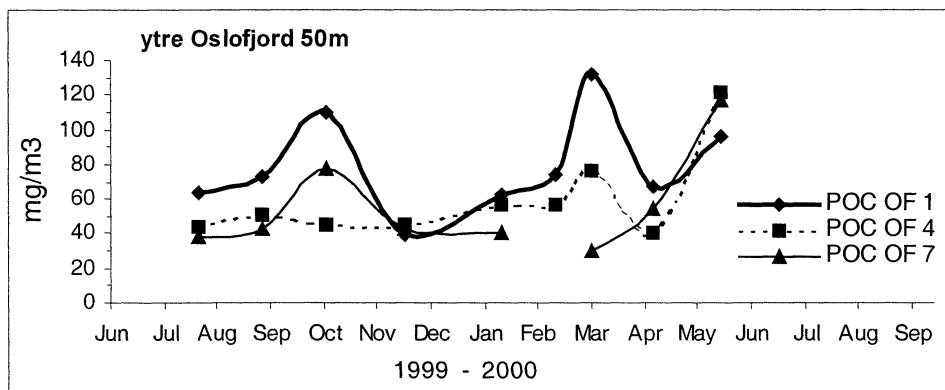
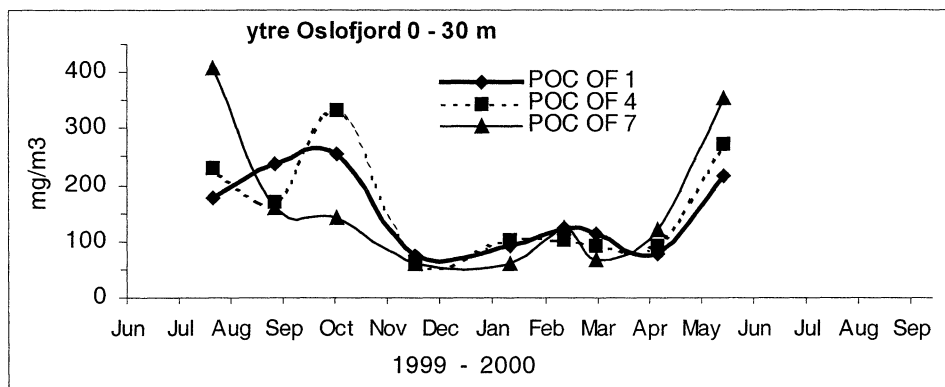
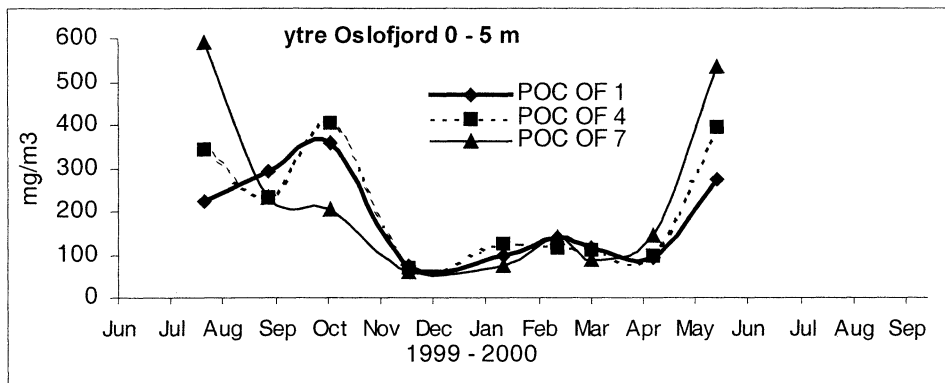


Fig. 14 POC i 0 – 5 m, 0 - 30m, 50 m og 125 m ved stasjonene OF 1, 4 og 7 fra juli 1999 til mai 2000.

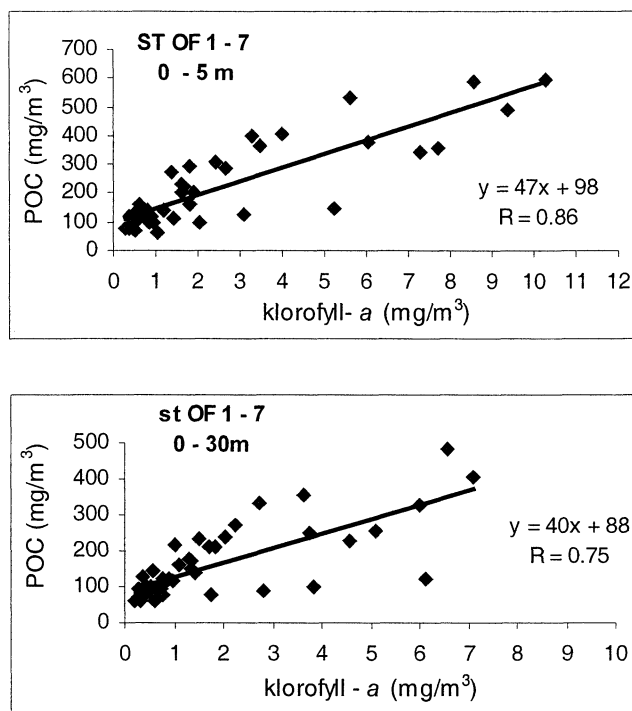


Fig. 15 Klorofyll – a plottet mot POC i 0 - 5m og 0 - 30m laget ved stasjonene OF 1 - 7

Tabell 4. Midlere klorofyll – a(mg/m³) sommer 1999/2000 (juli - sept) og vinter 2000 (januar - mars) i 0-5 m og 0 – 30 m ved stasjonene OF 1 – OF 7. Midlere POC (mg/m³), POP(mmol/m³),PON (mmol/m³), PON/POP(mol) og POC/PON(mol) sommer (1999/2000) (mai -august) og vinter 2000 (januar - mars) i 0 - 5 m og 0 - 30 m ved stasjonene OF 1 – OF 7. Differansen mellom st OF 1 ved kysten og stasjonene i ytre Oslofjord (OF 2 - 7) .

SOMMER 0-5 m

stasjon	Klorf - a (mg/m3)	POC(mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 1	2.5 (II)	264.5	0.17	2.5	15.2	8.9
st OF 2	3.9 (III)	322.3	0.18	3.0	15.6	8.9
st OF 4	3.6 (III)	325.0	0.19	3.2	16.1	8.5
st OF 5	4.0 (III)	351.3	0.22	3.2	15.4	9.1
st OF 7	4.7 (III)	452.5	0.29	4.2	13.4	9.5
middel (OF 2 - 7)	4.1 (III)	362.8	0.22	3.4	15.1	9.0
Diff OF 1	Klorf - a (mg/m3)	POC(mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 2	1.46	57.7	0.02	0.5	0.4	0.0
st OF 4	1.13	60.5	0.03	0.7	0.9	-0.4
st OF 5	1.51	86.8	0.06	0.7	0.2	0.1
st OF 7	2.23	188.0	0.12	1.7	-1.8	0.6
middel diff (OF 2-7)	1.58	98.3	0.06	0.9	-0.1	0.1

VINTER 0-5m

stasjon	Klorf - a (mg/m3)	POC(mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 1	0.96	118.3	0.09	1.3	15.3	7.5
st OF 2	0.78	138.2	0.09	1.4	16.9	8.0
st OF 4	0.63	117.8	0.08	1.3	16.0	7.6
st OF 5	0.49	120.1	0.09	1.1	13.4	9.0

st OF 7	0.43	101.2	0.08	1.2	14.9	7.2
middel (OF 2-7)	0.58	119.3	0.09	1.3	15.3	8.0
Diff OF 1	Klorf - a	POC	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 2	-0.18	20.0	0.00	0.1	1.7	0.4
st OF 4	-0.32	-0.5	-0.01	0.0	0.8	0.1
st OF 5	-0.47	1.9	0.00	-0.2	-1.9	1.5
st OF 7	-0.52	-17.0	-0.01	-0.1	-0.4	-0.3
middel diff (OF 2-7)	-0.37	1.1	-0.01	0.0	0.0	0.4

SOMMER 0-30m

stasjon	Klorf - a (mg/m3)	POC (mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 1	1.6	209.5	0.14	2.06	15.13	8.55
st OF 2	2.4	223.5	0.14	2.13	14.52	8.74
st OF 4	2.3	224.1	0.14	2.21	15.43	8.42
st OF 5	2.5	240.1	0.15	2.25	15.67	8.80
st OF 7	3.2	306.4	0.21	2.86	12.66	9.40
middel (OF 2-7)	2.6	248.5	0.16	2.36	14.57	8.84
Diff OF 1	Klorf - a (mg/m3)	POC (mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 2	0.8	14.1	0.00	0.08	-0.61	0.19
st OF 4	0.7	14.6	0.00	0.15	0.30	-0.13
st OF 5	0.9	30.6	0.01	0.20	0.55	0.25
st OF 7	1.5	97.0	0.07	0.80	-2.47	0.85
middel diff (OF 2-7)	1.0	39.1	0.02	0.31	-0.56	0.29

VINTER 0-30 m

stasjon	Klorf - a (mg/m3)	POC (mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 1	0.8	109.9	0.08	1.17	14.84	7.82
st OF 2	0.6	116.0	0.08	1.18	15.46	8.20
st OF 4	0.5	98.3	0.07	1.06	14.81	7.88
st OF 5	0.3	91.6	0.07	0.83	12.00	9.22
st OF 7	0.3	84.3	0.07	0.76	11.05	9.84
middel (OF 2-7)	0.4	97.5	0.07	0.96	13.33	8.78
Diff OF 1	Klorf - a (mg/m3)	POC (mg/m3)	POP	PON	PON/POP	POC/PON
st OF 2	-0.2	6.1	0.00	0.01	0.62	0.38
st OF 4	-0.4	-11.6	-0.01	-0.11	-0.03	0.05
st OF 5	-0.5	-18.3	-0.01	-0.34	-2.84	1.40
st OF 7	-0.5	-25.6	-0.01	-0.41	-3.79	2.02
middel diff (OF 2-7)	-0.4	-12.4	-0.01	-0.21	-1.51	0.96

9. Elementforhold POC/PON/POP

Midlere molare POC /PON forhold i overflatelaget (0 - 5m) i Ytre Oslofjord var ca 9 om sommeren og 8 om vinteren, mens det for hele produksjonslaget (0-30 m) var ca 8.8 både sommer og vinter (tabell 4). POC/PON i upåvirkete lokaliteter er antatt å være omlag 7 (Erga ,1989). Til sammenligning var midlere POC/PON i 1999 i Samnangerfjorden innenfor Bergen ca 5.5. PON /POP var ca 15.0 i 0-5 m både sommer og vinter, men noe lavere hele produksjonlaget sett under ett (13 - 14.5). (Redfield forholdet =16.0).

LITTERATUR:

Pedersen, A., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, J., Magnusson, J., Moy, F., Rygg, B. og Walday, M. 1995. Langtidsovervåkning av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990 - 1994. Hovedrapport. Statlig program for forurensningsovervåkning nr. 624A/95 TA-nr 1264/1995 (HI, NIVA). NIVA-rapport O-900635. 115s + vedlegg.

ANON, 1996. Ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann. Ytre Oslofjord- Eutrofiforhold, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra nasjonal ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann, februar 1996. (SFT, Trykket ved NIVA).

Erga, S. R. 1989. Ecological studies on the phytoplankton of Boknafjorden, western Norway. II. Environmental control of photosynthesis. J. Plankton Res. , 11, 785 - 812.

Aure, J., Danielssen, D. and Svendsen, E. 1998. The origin of Skagerrak coastal water off Arendal in relation to variations in nutrient concentrations. ICES Journal of Marine Science, 55 : 610-619. 1998

Aure, J. og Danielssen, D. 1996. Fjordbassengene i ytre Oslofjord. Oksygenforbruk, organisk belastning og vannutskiftning. Fisken og Havet NR. 17-1996, 39s.

Aure, J. og Johannesen, T. 1997. Næringssalter og Klorofyll - *a* fra Skagerrak til Vestlandet. Fisken og Havet NR 2 - 1997: 45 s

Molvær, J *et al.* 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Rapport TA-1467/1997. 36 s.

ANON. 1997. Kyststrekningen Jomfruland - Stad. Vurdering av eutrofiforhold. Rapport fra nasjonal ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann: 129 s (SFT, trykket ved NIVA)

Aure, J., Danielssen, D.S., Enersen, K., Enersen, S.E., Gjøsæter, J., Klungøy, J. og Tveite, S. 1998. Miljøtilstanden i ytre Oslofjord. Sluttrapport fra undersøkelsene i dypområdene av ytre Oslofjord i november 1997 og februar 1998. Interne notat HI NR 12- 1999. 44s

Aure, J. og Danielssen, D.S. 1999. Ytre Oslofjord. Hydrografi og næringssalter over terskeldyp 1995-1998. Rapport 785/99 - Statlig program for forurensningsovervåking. HI-rapport: 1-36.

Aure, J. *et al.*, Havets Miljø 2000, Fisken og Havet, Særnr. 2:2000

Aure, J., Erga, S.R., og Asplin, L 2000. Fjorcult: Økt biologisk produksjon i fjorder ved kunstig oppstrømning av dypvann. Fisken og Havet Nr 11 - 2000. 30s

Fosså, J.H., *et al.*, Havets Miljø 2000, Fisken og Havet, Særnr. 2:2001