



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 653/96

Oppdragsgivere

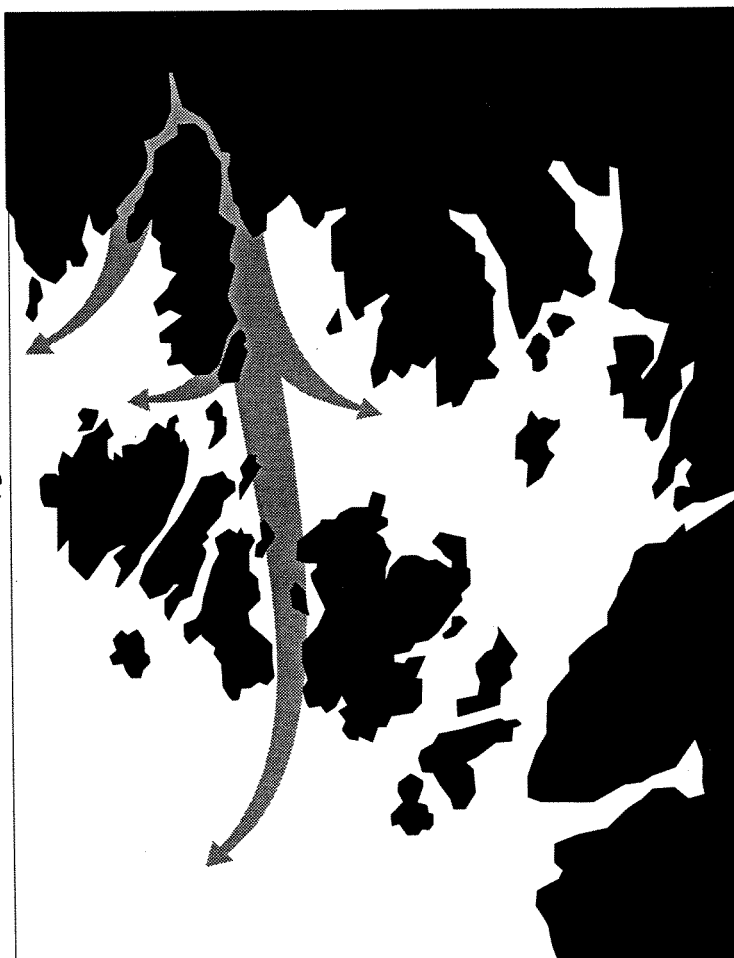
Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning

Overvåking av
Hvaler-Singlefjorden og
munningen av Iddefjorden
1990 - 1994

Overflatevannets
vannkvalitet og
oksygenforholdene
i dypvannet



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-900341	Undernr.:
Løpenr.: 3538-96	Begr. distrib.: Fri

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i dypvannet.	Dato: 1.8.96	Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Jan Magnusson Kai Sørensen	Geografisk område: Østfold	
	Antall sider: 82	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT). Rapport nr. 653/96. TA-1328/96	Oppdragsg. ref.:
--	-------------------------

Ekstrakt: Rapporten beskriver resultatet av observasjoner av næringsalter, organisk stoff, planteplankton-biomasse, siktedyp, partikler og partikulært jern, titan og aluminium, i hovedsak innsamlet fra overflatevann i Hvaler/Singlefjorden og munningen av Ringdalsfjorden 1993-94. I de dypere vannmassene er det gjennomført analyser av enkelte næringsalter og oksygen. Observasjonene er sammenlignet med tilsvarende data fra 1980-83. Ved bruk av fjernmåling (satellitt), kombinert med feltobservasjoner, har overflatelagets turbiditet (siktedyp) blitt kartlagt. Resultatene tyder på at belastningen av organisk stoff har avtatt i det Glommainfluerte området samt i Ringdalsfjorden siden 1980, men tildels også fra 1990-91 til 1993-94. Siktedypet har økt, noe som også tyder på en mindre tilførsel av partikler. I Vesterelva har totalfosforkonsentrasjonen avtatt siden 1980-83. Nitrogenbelastningen synes å ha avtatt noe siden 1980-83 til 1990-91 i Hvalerområdet/Singlefjorden. Noe bedre oksygenforhold i de dypere vannmassene i 1990-94 enn i 1980 kan tyde på at den mindre organiske belastningen på området har hatt positiv effekt. Fortsatt er det tidvis lave oksygenkonsentrasjoner, men disse er begrenset til bunnære dypområder i Løperen, unntatt for Ringdalsfjorden, hvor oksygenkonsentrasjonen fortsatt er lav på tross av en markert forbedring siden 1970-80 -årene. Konsentrasjonen av partikulært jern og titan i overflatevann sommerstid har generelt avtatt i Løperen fra 1980 til 1990-94. Overkonsentrasjoner av jern og titan beregnet i forhold til aluminium, viste signifikant lavere konsentrasjoner av jern i 1990-94, men denne tendensen var ikke like klar for titan. Fortsatt viste stasjonen nedstrøms utslippet til Kronos Titan høyere overkonsentrasjoner av jern og titan i 1993-94, både sommer og vinter, enn stasjonen oppstrøms utslippet i Glomma. Satellittobservasjoner viser at forholdsvis store områder innenfor Hvalerøyene idag har siktedyp om sommeren på mindre enn 2.5 meter (tilstandsklasse meget dårlig etter SFTs klassifiseringssystem). I flomperioder kan ca. 80-90 % av området være i denne tilstandsklassen, mens under en normalsituasjon om sommeren idag kan denne tilstandsklasse dekke i snitt ca. 30 - 40 %.

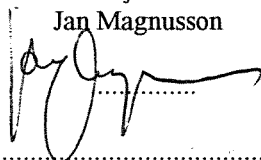
4 emneord, norske

1. Overvåking
2. Nutrients
3. Metaller
4. Fjernmåling

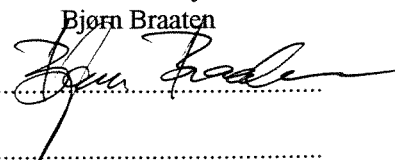
4 emneord, engelske

1. Monitoring
2. Nutrients
3. Metals
4. Remote sensing

Prosjektleder
Jan Magnusson



For administrasjonen
Bjørn Braaten



ISBN 82-577-3085-8

O - 900341

**Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og
munningen av Iddefjorden 1990-94.**

**Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i
dypvannet.**

Forfattere: Jan Magnusson
Kai Sørensen
Medarbeider: Gunnar Severinsen

Norsk institutt for vannforskning

Forord

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) utarbeidet NIVA i 1989/1990 et programforslag for miljøundersøkelser i Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden for perioden 1989/1990-1994. Forslaget ble først utarbeidet som et høringsutkast og endelig fastlagt i program av 9. mai 1990 (Berge, 1990). Undersøkelsene har vært et ledd i Statlig program for forurensnings-overvåking, administrert av SFT.

En betydelig innsats var planlagt gjennomført ved starten av programmet 1989/90 og ved avslutningen i 1994. SFT avgjorde at det på bakgrunn av resultater som fremkom i første del av programperioden (Berge, 1991, Hektoen et al., 1992, Magnusson og Sørensen, 1993 og foreløpige data fra perioden 1989 - 93), skulle utarbeides et revidert program for 1994. Etter drøftelser med SFT og den berørte industrien ble det i det reviderte programforslaget (Berge, 1994) også utarbeidet forslag til spesialundersøkelser for Saugbrugsforeningen knyttet til utslippsreduksjonene som bedriften foretok 1991. Disse undersøkelsene rapporteres imidlertid separat.

Overvåkingen av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden i perioden 1989 - 1994 har omfattet følgende fagelementer (delprosjektleder er angitt):

- i) Overflate og dypvann, samt fjernmåling (Jan Magnusson)
- ii) Sedimentundersøkelser og sedimentfeller (Aud Helland)
- iii) Bløtbunnsfauna (Brage Rygg)
- iv) Gruntvannssamfunn (Frithjof Moy)
- v) Dykkerundersøkelser (Mats Walday)
- vi) Miljøgifter i organismer (John Arthur Berge)
- vii) Forurensningstilførsler (Gjertrud Holtan)
- viii) Sykdom på skrubbe (Halvor Hektoen).

Administrativ leder for undersøkelsene har vært John Arthur Berge.

På basis av overstående fagelementer ble det ved avslutningen av prosjektet ved årsskiftet 1995 - 96 utgitt følgende rapporter:

Magnusson, J. og Sørensen, K., 1996.. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforhold i dypvannet. Niva-rapport nr. 3439-96.

Helland, Aud. 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Sedimenterende materiale og bunnsedimenter 1994. Niva-rapport nr. 3440-96.

Rygg, B., 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Bløtbunnsfauna 1994. Niva-rapport nr. 3441-96, 60s.

Moy, F. og Walday, M., 1996. *Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Hardbunnsundersøkelser 1992-1994. Niva-rapport nr. 3442-96.*

Berge, J.A., Berglind, L., Brevik, E.M., Godal, A., 1996. *Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Miljøgifter i organismer 1994. Niva-rapport nr. 3443-96.*

Holtan, G., 1996. *Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Forurensningstilførsler 1970 - 93. Niva-rapport nr. 3444-96.*

Berge, J.A., Helland, A., Holtan, G., Magnusson, J., Moy, F., Sørensen, K., Rygg, B. Walday, M., 1996. *Overvåking av Hvaler- Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1989 - 1994. Konklusjonsrapport. Niva-rapport nr. 3445-96.*

SFT har dekket 50% av kostnadene for prosjektet, mens den resterende del er finansiert av Borregaard Industries Ltd. (20%), Kronos Titan A/S (15%), Saugbrugsforeningen (10%) og Greaker Industrier (5%).

Tidligere er det utkommet 3 rapporter i prosjektet (Berge, 1991, Hektoen et al., 1992, Magnusson og Sørensen, 1993).

SFT har gitt følgende målformulering for programmet i uprioritert rekkefølge:

1. En beskrivelse av resipientens miljøtilstand. Undersøkelsen skal utformes slik at resultatene kan danne grunnlag for å foreslå tiltak.
2. Resipientens miljøkvalitet knyttes til egnethet for forskjellig bruk av området, jfr. vannkvalitetskriterier.
3. En ønsker en vurdering av de forskjellige forurensningskomponenters påvirkning av miljøkvaliteten og bruksverdien (jfr. vannkvalitetskriterier) i området. Hvilke forurensningskomponenter forringer miljøkvalitet og bruksverdi (jfr. vannkvalitetskriterier) mest? Hvor mye må de reduseres for å oppnå en gitt miljøkvalitet og bruksverdi.
4. Å vurdere eventuelle miljøforbedringer og forandringer av bruksverdi i perioden 1990 til 1994. Forandringer i miljøkvalitet siden den forrige undersøkelsen i 1980 - 83 skal også kartlegges.

I foreliggende rapport presenteres resultatene av overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i dypvannet. For feltarbeidet takkes Anders og Lars Flingsborg, Sponvika samt Wenche Knudsen og Heidi Østby, NIVA. Gunnar Severinsen, NIVA, har deltatt i bearbeidningen av satellittobservasjonene.

Oslo, 1. august

Jan Magnusson
prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.	5
2. INNLEDNING.	8
2.1. Bakgrunn for undersøkelsene.	8
2.2. Formål.	8
2.3. Gjennomføring.	8
2.3.2. Feltarbeid, feltmålinger og prøvetaking	11
2.3.3. Analysemetoder	12
3. RESULTATER OG DISKUSJON.	15
3.1. Tilførsler.	15
3.2. Ferskvannstilførsler 1980-94.	16
3.3 Overflateobservasjoner - en sammenligning av tilstanden i 1980-83, 1990-91 og 1993-94.	20
3.3.1. Overflateobservasjoner sett i relasjon til tilstandsklasser.	20
3.3.2. Oksygenforholdene i dypvannet i relasjon til tilstandsklasser.	25
3.3.3. Den generelle utviklingen i overflatelaget - næringssalter (tot-N og tot-P), organisk stoff, siktedyp og klorofyll-a i mai til september fra 1980-83, 1990-91 og 1993-94.	27
3.3.4. Metaller.	32
3.4. Generelle forhold - næringssalter, planteplanktonbiomasse, organisk stoff og partikler.	39
3.5 Fjernmåling.	44
3.5.1 Satellittobservasjoner og måleusikkerhet.	44
3.5.2 Representativiteten til utvalget av satellittobservasjoner	47
3.5.3 Beregning av arealdekningen av ulike siktedyp i Hvaler/Singlefjord -området.	50
3.5.4. Vannføringens innflytelse på siktedypet.	60
3.5.5. Stasjonenes areal-representativitet sett ut fra satellittobservasjonene.	61
LITTERATUR	62
VEDLEGG- SATELLITTBILDER OG TABELLER.	64

1. Sammendrag og konklusjoner.

Foreliggende rapport beskriver resultatet av observasjoner av næringssalter, organisk stoff, planteplanktonbiomasse, siktedyp, partikler og partikulært jern, titan og aluminium, i hovedsak innsamlet fra overflatevann i Hvaler/Singlefjorden og munningen av Ringdalsfjorden 1993-94. Videre er det gjort observasjoner av enkelte næringssalter og oksygen i de dypere vannlag. Observasjonene er sammenlignet med tilsvarende data fra 1980-83, 1990-91 er brukt for å sammenligne med nåforholdene. Ved bruk av fjernmåling (satellitt), kombinert med feltobservasjoner, har overflatelagets turbiditet (siktedyp) over hele området blitt kartlagt.

Hovedtendensen i områdets tilstand har vært en forbedring i 1993-94 sammenlignet med observasjoner fra 1980-83 og til dels 1990-91, bedømt ut fra de variable som viste en forskjell. Dette gjelder spesielt organisk stoff (TOC) og siktedyp (partikler), samt jern og tildels også titan. Andre variable som viste svakere tegn på en positiv utvikling var nitrogen (totalnitrogen) og oksygenkonsentrasjonen i dypvannet.

Det var få indikasjoner på lavere konsentrasjoner av planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) og totalfosfor, unntatt i Vesterelva, hvor fosforkonsentrasjonen hadde avtatt. De her observerte forandringene skyldes trolig tilførselsreduksjoner, men også naturlige variasjoner kan tenkes ha betydning for variasjonen i næringssalter og oksygenforhold, ettersom observasjonsmaterialet kun omfatter to perioder med relativt stort tidsavstand.

Av de variable som er observert i overflatelaget er flere sterkt avhengige av vannføring i Glomma og de tilførsler som skjer til elven. I Hvalerområdet/Singlefjorden varierer flere variable langs en saltholdighetsgradient med de største verdiene ved utløpet av Glomma. Dette gjelder spesielt nitrogen, organisk karbon, totalt suspendert materiale (TSM), turbiditet og partikulært aluminium. For totalfosfor var det ikke noen gjennomgående klar gradient i området, mens fosfatkonsentrasjonen vinterstid øker med saltholdigheten. Avtagende nitratkonsentrasjoner og økende fosfatkonsentrasjoner med økende saltholdighet gir avtagende N/P-forhold. Planteplanktonbiomassen om sommeren var størst ved saltholdighet mellom 8 - 20 psu og mindre ved lavere saltholdighet. Om sommeren var den gjennomsnittlig like stor i Løperen på 10 meters dyp som i overflaten på tross av sannsynligvis lysbegrenset produksjon. Årsaken til dette er trolig at reaksjonsstrømmen under det utstrømmende overflatelaget transporterer planktonet inn i området. Videre var fosfatkonsentrasjonen høyere og nitratkonsentrasjonen lavere enn i overflaten, noe som viser at fosfat tilføres overflatelaget ved entrainment (medrivning) av saltvann. Fosfatet blir tilgjengelig for planktonvekst i overflatelaget og dette bidrar til den suksessivt avtakende nitratkonsentrasjonen med økende saltholdighet.

De gjennomgående høyeste konsentrasjoner av nitrogen, fosfor, organisk stoff (TOC) og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) ble i 1993-94 observert i Ringdalsfjorden og denne fjords munning i Singlefjorden, vinter (ikke klorofyll-a) og sommer. Derimot var konsentrasjonen av partikkel-avhengige observasjoner som TSM og turbiditet høyest i munningen av Glomma (Vesterelva og Østerelva), områder som også hadde gjennomgående lavest siktedyp.

En sammenligning av overflateobservasjoner med eldre data (1980-83) og 1990-91 med 1993-94 viser at:

Den gjennomsnittlige døgnvannføringen i Glomma, basert på de ulike observasjonsdagene var lik eller omtrent lik de gjennomsnittlige vannføringene for respektive årstid og periode, på tross av forskjell i vannføring mellom periodene. Observasjonenes fordeling i de ulike periodene skulle derfor være representative mht. vannføringen. Imidlertid var vintrene milde i 1990-93, mens vintrene 1980-83 var mer normale. Dette skulle kunne tilsi at tilførselen av partikler og næringssalter fra land (erosjonen) var større om vinteren i 1990-91 og 1993 enn i de øvrige årene.

En statistisk sammenligning av overflatekonsentrasjoner for de ulike variable fra de tre sommerperiodene (mai-september) i 1980-83, 1990-91 og 1993-94, viste:

Totalnitrogen (test på medianverdiene) var signifikant lavere i 1990-94, sammenlignet med 1980-83. For totalfosfor var det signifikant lavere konsentrasjon i Vesterelva 1990-94, sammenlignet med 1980-83. Øvrige stasjoner i området viste signifikant avtakende verdier, hvor det var forskjell i konsentrasjonene, men ikke på like mange stasjoner som for totalnitrogen.

Organisk karbon (TOC) var signifikant lavere på alle stasjoner i 1990-91 enn i 1980-83, og lavest i 1993-94. Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens klorofyll-a bare på noen stasjoner viste signifikant lavere konsentrasjon i 1990-94.

Stasjonen i Ringdalsfjordens munning viste signifikant lavere overflatekonsentrasjoner sommerstid av totalnitrogen, totalfosfor og organisk karbon (TOC) i 1990-94, enn i 1980-83. Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) var mindre i 1993-94.

I Ringdalsfjorden er observasjoner fra 1990-91 sammenlignet med tilsvarende fra 1993-94. Det var signifikant lavere overflatekonsentrasjoner av totalfosfor, organisk karbon (TOC) i 1993-94. Siktedypet var signifikant større i 1993-94.

Overflateobservasjoner vinterstid (november-mars) fra 1990-91 og 1993-94 viste ikke noen statistiske forskjeller for saltholdighet, siktedyp, totalnitrogen, nitrat, totalfosfor og fosfat, men signifikant lavere konsentrasjon av TOC i 1993-94 i Vesterelva, en stasjon i Løperen ved utløpet av Østerelva, samt i Ringdalsfjorden.

Foreliggende analyser, tyder på:

Belastningen av organisk stoff har avtatt i det Glommainfluerte området samt i Ringdalsfjorden siden 1980, men tildels også fra 1990-91 til 1993-94. Siktedypet har økt noe som også tyder på en mindre tilførsel av partikler. I Vesterelva har totalfosforkonsentrasjonen avtatt siden 1980-83, mens relativt få indikasjoner på minsket belastning foreligger fra Løperen i 1993-94. Derimot har belastningen av fosfor i Ringdalsfjorden avtatt fra 1980-83 og muligens også fra 1990-91 til 1993-94. Nitrogenbelastningen synes å ha avtatt noe siden 1980-83 til 1990-91 i Hvalerområdet/Singlefjorden, men ikke fra 1990-91 til 1993-94.

Noe bedre oksygenforhold i de dypere vannmassene i 1990-94 enn i 1980 kan tyde på at den mindre organiske belastningen på området har hatt positiv effekt. Fortsatt er det tidvis lave oksygenkonsentrasjoner, men disse er begrenset til bunnære dypområder i Løperen, unntatt for Ringdalsfjorden, hvor oksygenkonsentrasjonen fortsatt er lav på tross av en markert forbedring siden 1970-80 -årene.

Tilstanden i området bedømt ut fra SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann varierer for overflatevann fra meget dårlig (nitrogen og siktedyp) til god (fosfat). De dårligste forholdene ble observert i Ringdalsfjordområdet og ved utløpet av Glomma og begynnelsen av Løperen. Om vinteren (når kravet til saltholdighet over 15 psu, i større grad er oppfylt), var tilstanden noe dårligere (ca. en klasse) enn sommerstid på flere av stasjonene. Det var få endringer i tilstanden i 1990-94 sammenlignet med 1980-83, men forandringene var til en klasse bedre. Tilstanden for oksygen i 1990-94 i de dypere vannmasser var dårlig til god, med de beste forholdene i Singlefjorden og de dårligste i Løperen og Ringdalsfjorden. Sammenlignet med tilstanden i 1980 var forholdene i 1990-94 1 - 2 klasser bedre.

Konsentrasjonen av partikulært jern og titan (men ikke aluminium) i overflatevann sommerstid har generelt avtatt i Løperen fra 1980 til 1990-94. Overkonsentrasjoner av jern og titan beregnet i forhold til aluminium, viste signifikant lavere konsentrasjoner av jern i 1990-94, men denne tendensen var ikke like klar for titan. Dette skyldes enkelte tilfeller med større titankonsentrasjoner, som kan skyldes erosjon av

sedimenter i området, noe som dels kan skyldes flom i Glomma, men også båttrafikk (propellersjon) og bølger, muligens også utslipp fra landbaserte kilder. Fortsatt viste stasjonen nedstrøms utslippet til Kronos Titan høyere overkonsentrasjoner av jern og titan i 1993-94, både sommer og vinter, enn stasjonen oppstrøms utslippet i Glomma.

Ved bruk av satellittobservasjoner har siktedypet for hele området blitt kartlagt i relativt stor detalj. Det er forholdsvis store områder innenfor Hvalerøyene som idag har siktedyp om sommeren på mindre enn 2.5 meter (tilstandsklasse meget dårlig etter SFTs klassifiseringssystem). I flomperioder kan ca. 80-90 % av området være i denne tilstandsklassen, mens under en normalsituasjon om sommeren idag kan denne tilstandsklasse dekke i snitt ca. 30 - 40 %. Størst variasjon i siktedypet var det i Singlefjorden, mens det var liten variasjon i utløpet av Glomma i Østerelva ned til Kjøkøyområdet.

Fjernmåling har også vist at stasjonvalget for overflateobservasjoner stort sett var representativt for området innenfor Hvalerøyene bedømt ut fra siktedyp. Imidlertid var et område - Ramsøflaket dårligere representert ved den stasjon som var valgt.

For en eventuell videre overvåking av Hvaler/Singlefjorden anbefales årlige undersøkelser på følgende stasjoner: L1, L6, L8 og S9 for næringssalter, organisk stoff og siktedyp (partikler), samt en ny stasjon mellom L8 og S9 som bedre representerer Ramsøflaket. Observasjonene bør foretas vinter (4-5 ggr.) og sommer (8 - 9 ggr.) og inkludere temperatur og saltholdighet.

For en eventuell videre overvåking av metaller (Fe, Ti og Al), bør stasjonene L1, L2, L6 og L8 være tilstrekkelig, med ca. 4 observasjoner vinterstid og 5 sommerstid og dessuten inkludere siktedyp, suspendert materiale, temperatur og saltholdighet.

Ved bruk av satellittobservasjoner kan arealfordelingen av ulike siktedypsklasser kartlegges.

2. Innledning.

2.1. Bakgrunn for undersøkelsene.

Det er gjennomført betydelige belastningsreduksjoner til Hvaler/Singlefjorden/-Ringdalsfjorden. Kjemisk rensing av kommunal kloakk fra Sarpsborg og Fredrikstad ble igangsatt november 1989. Det har skjedd en reduksjon av fosfortilførselen fra jordbruket fra 1980-1989, men nitrogentilførselen har derimot økt de siste 20 årene (Holtan, 1996).

Kronos Titan A/S har redusert sine utslipp av tynnnsyre og metaller med ca. 90 % fra den 1.5.90. Ved Saugbruksforeningen i Halden opphørte utslippet av klororganiske forbindelser til vann etter nedleggelsen av cellulosefabrikken i juni 1991. I forbindelse med igangsettelse av en ny papirfabrikk ble utslippet av KOF (kjemisk oksygenforbruk) redusert kraftig. Borregaard A/S er pålagt å redusere sine utslipp av organisk stoff og klororganiske forbindelser med 50 %. Endelig forventes også landbrukets bidrag av næringssalter til Glomma å bli redusert de nærmeste årene. Det er ventet at alle disse endringer totalt sett vil gi en betydelig belastningsreduksjon på området og at dette vil kunne registreres i bedret vannkvalitet.

NIVA har tidligere gjennomført undersøkelser i området (Skei, 1984, Knutzen, 1986), hvor konklusjonen var at området var sterkt forurensset. Videre ble resultater fra undersøkelsen 1990-91 presentert i 1993 (Magnusson og Sørensen, 1993). I foreliggende rapport blir samtlige resultater fra de tidligere undersøkelsene sammenlignet med observasjoner gjennomført i 1993-94.

2.2. Formål.

Formålet med undersøkelsene er dels å kartlegge eventuelle forandringer i vannkvalitet fra 1980-83 til 1990-94, samt å følge utviklingen i den siste perioden. Innsatsen konsentreres om overflatelaget og er mer beskjedent for dypvannet. Den tar for seg variable som er relevante for utslipp av næringssalter, organisk stoff, erosjonsmateriale og enkelte industrispesifikke metaller.

Det har også skjedd en kartlegging av Glommavannets horisontale spredning i selve Hvaler-/Singlefjorden ved hjelp av satellittbilder. Formålet med fjernovervåkingsdelen er også å kunne beskrive representativiteten av de viktigste overflatestasjonene i relasjon til horisontale gradienter og "normal-situasjoner".

Formålet med denne delrapporten er å rapportere resultatene fra 1993-94, og sammenligne dem med tidligere hydrografiske/hydrokjemiske observasjoner. En sammenfattende rapport for alle delundersøkelser vil bli utarbeidet.

2.3. Gjennomføring.

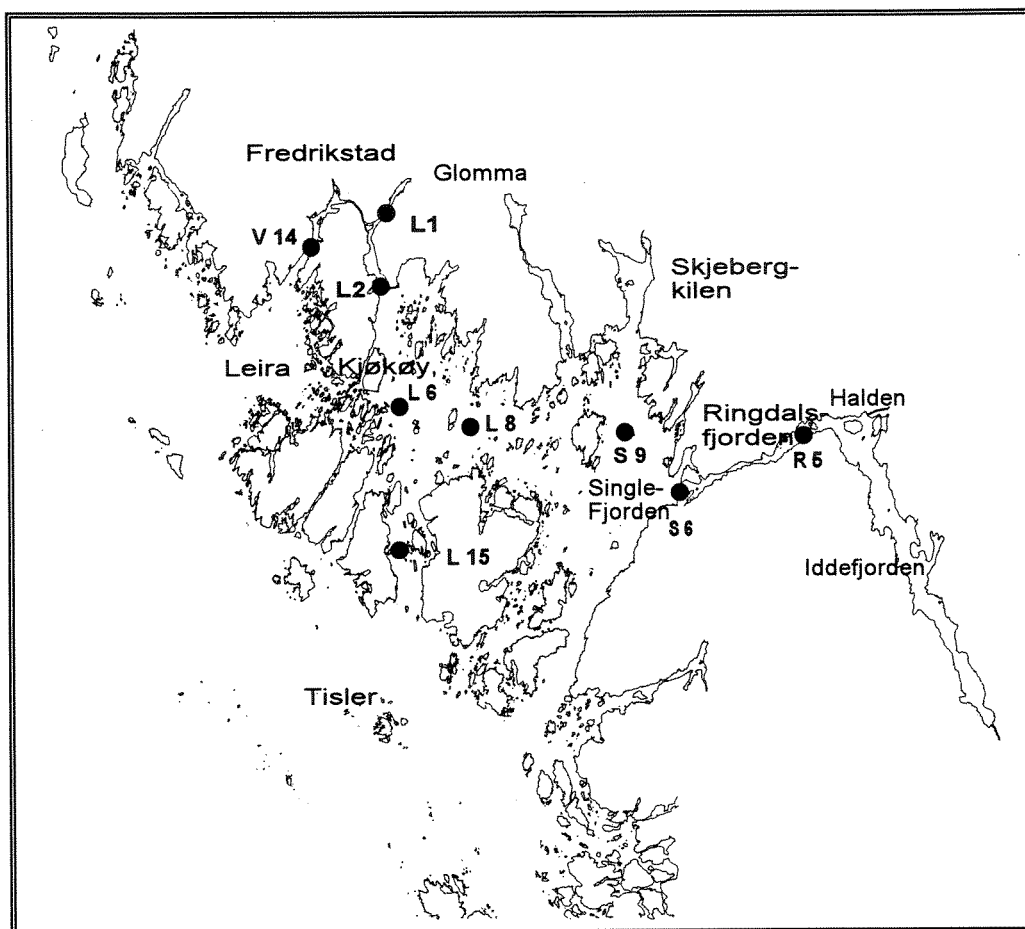
Stasjonsplassering fremgår av figur 1 og tabell 1. Stasjonene er valgt ut fra tidligere undersøkelser i 1980-83 og følger omtrent samme opplegg som presentert i rapporten fra 1990-91 (Magnusson og Sørensen, 1993). Det er tatt i alt 9 stasjoner i 1993-94, med 6 stasjoner i Glomma og 2 stasjoner i Singlefjorden og 1 stasjon i Ringdalsfjorden (Iddefjorden). Observasjonene er presentert i vedlegg 1.

Tabell 1. Oversikt over stasjoner, posisjoner og bunndyp i Hvaler 1993-94.

Stasjonskode	Stasjonsnavn	Breddegrad	Lengdegrad	Bunndyp (m)
L1	Fredrikstad	59° 12.45'	10° 57.80'	19
L2	Løperen	59° 10.65'	10° 57.50'	12
V14	Vesterelva	59° 11.73'	10° 54.10'	13
L6	Fugleskjær	59° 07.40'	10° 58.50'	55
L8	Ramsø	59° 06.75'	11° 02.20'	52
L15	Lubbegrunn	59° 03.73'	10° 58.35'	21
S9	Haslau	59° 06.72'	11° 09.80'	95
S5 ¹⁾	Singlefjorden	59° 04.80'	11° 09.75'	83
S6	Kjeøya	59° 05.18'	11° 13.35'	55
R5 ²⁾	Ringdalsfjorden	59° 06.55'	11° 19.10'	35-40

¹⁾ Ingen observasjoner i 1993-94.

²⁾ St. R5 tilsvarer St. R4 i 1990-91. Forandret pga. oppstartning av undersøkelser i Iddefjorden.



Figur 1. Stasjoner i Hvaler/Singlefjorden og Ringdalsfjorden (Iddefjorden) 1993-94.

Variablene i tabell 2 og 3 er valgt ut fra at de skal kunne gi en beskrivelse av de forandringer som forventes i området, men også ut fra tidligere foretatte observasjoner. De ulike variable er:

Bakgrunnsinformasjon (klima): Temperatur, saltholdighet og ferskvannstilførsel.

Eutrofivariabel: Tot-P, PO₄-P, Tot-N, NO₃-N(+NO₂-N), SiO₂-Si, klorofyll-a og oksygen.

Erosjonsparametre: Siktedyp, totalt suspendert materiale (TSM) og turbiditet (Turb).

Organiske parametre: Totalt organisk karbon (filtrert og ufiltrert)

Metaller: Partikulært jern, aluminium og titan.

Fjernmåling: Siktedyp og temperatur.

Observasjonsfrekvensen for 1993 og 1994 fremgår av tabell 2. Det er foretatt tilsammen 24 tokt fordelt på overflate- og dypprøver for næringssalter, partikler og klorofyll-a. Det er gjennomført 16 utvidede tokt hvor metaller er inkludert og noen supplerende tokt dager med erosjonsvariable samtidig med satellittpasseringer. For 1993-94 er det fremskaffet satellittobservasjoner fra 5 situasjoner (tabell 2). I tillegg er det bearbeidet 2 observasjoner fra 1991 og 6 observasjoner fra tidligere undersøkelser i området i 1987-88.

Tabell 2. Toktoversikt Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1993-94. (A: Overflate- og dypprøver for oksygen, organisk stoff, næringssalter, siktedyp, totalt suspendert materiale, turbiditet og klorofyll-a, B: A-tokt utvidet med metallanalyser).

Tokt nr.	Dato	A	B	Anmerkninger
1	28.-31.1.93	x	x	
2	19.-20.2.93	x	x	20.2 Kontroll av STD-målinger på St. L8, L6, S6.
3	9.4.93	x		Satellittdata
4	27.5.93	x		
5	12.6.93	x		
6	30.6.93	x	x	
7	14.7.93	x	x	
8	30.7.93	x	x	
9	15.8.93	x	x	
10	31.8.93	x	x	
11	16.9.93	x		
12	4.-5.12.93	x	x	
13	7.-8.1.94	x	x	
14	23.-24.3.94	x	x	+ 27.3 Ekstra observasjoner av STD på R5.
15	14.5.94	x		Satellittdata
16	18.6.+24.6.94	x	x	24.6 Ekstra pga satellittdata. L6 og S6.
17	1.7.94	x	x	Satellittdata
18	17.7.94	x	x	
19	1-2.8.94	x	x	
20	21.8.94	x		
21	3.9.94	x		
22	19.-20.9.94	x		28.9 Satellittdata
23	16.+18.11.94	x	x	
24	7.-8.12.94	x	x	

2.3.2. Feltarbeid, feltmålinger og prøvetaking

Toktene er i hovedsak gjennomført over en dag, med enkelte unntak. Feltnmåling og prøvetaking ble utført av NIVA-personell med lokal assistanse av Lars og Anders Flingtorp fra Sponvika. Prøvene ble brakt til NIVAs laboratorium og filtert/konservert senest neste dag.

Temperatur og saltholdighet ble målt med en STD-sonde (Gytte) og for enkelte prøver ble saltholdighet målt i innsamlede vannprøver. Det er ellers målt temperatur og saltholdighetsprofiler på utvalgte stasjoner. Kontroll av STD ble foretatt ved sammenligning med saltanalyser (salinometer) på minimum 2 dypprøver pr. tokt.

Siktedyp ble bestemt med en hvit Secchi-skive (diameter ca. 25 cm).

Oksygen ble målt ved NIVA med en modifisert Winklermetode.

Vannprøvene ble innsamlet med en 5 liter Niskin vannhenter, fylt over på enten plastkanner/flasker for konservering på land eller fylt direkte på prøveemballasje for de ulike variablene og konservert i felt. Konservering av vannprøver til bestemmelse av næringssaltene fosfor og nitrogen og organisk karbon ble foretatt med 1 ml 4 mol/l svovelsyre pr. 100 ml prøve. Prøver til silikatbestemmelse ble nedfrosset (ufiltert) i plastflasker. Frysing av prøver til silikatanalyser har senere vist seg å gi for lave verdier ved konsentrasjoner over ca. 1000 µg/l.

Håvtrekk (stasjon S9 og R5) og planktonprøver (stasjon S9 og R5) ble konservert med formalin (4%) og lagret for eventuelt senere analyser.

Prøver til bestemmelse av klorofyll-a ble filtrert på 47 mm glassfiberfilter (GF/F) før frysing av filtrene. Filtratet ble brukt til analyse av næringssaltene fosfat, nitrat(+ nitritt) og oppløst organisk karbon. Filtrene var derfor vasket og glødet etter samme metode som benyttes til partikulært fosfor, karbon og nitrogen. Rengjøringen av glassfiberfiltrene er foretatt etter følgende prosedyre (det brukes utelukkende destillert vann til skylling og fortynning av syrer):

- filtrene legges et døgn i 0.1 mol/l HCl
- filtrene skylles
- ytterligere et døgn i 0.1 mol/l HCl
- filtrene skylles tre ganger

Filtrene drypptørkes og legges på og tildekkes med aluminiumfolie, deretter glødes de ved 450 °C i to døgn. Resultatene fra kontroll av filtrene viser lavt innhold av fosfor, nitrogen og karbon, og vi kan derfor anta at kontaminering ved eventuell utlekking fra disse er liten. Det ble forøvrig filtrert fra 0,5 - 1 liter prøve som gjør at eventuelle kontamineringsfeil uansett blir liten. Analyseprogram, med oversikt over stasjoner, dyp og variabler, fremgår av tabell 3.

Tabell. 3. Analyseprogram for de enkelte stasjoner og dyp i Hvaler 1993-94.

Stasjon	Dyp (m)	Temp., Salt.	O ₂	Turb, TSM	Kl-a.	TotP, TotN	TOC 1)	Part. Fe, Al, Ti	SiO ₂	PO ₄ , NO ₃
L1	0	x		x	x	x	x	x	x	x
L2	0	x		x	x	x	x	x	x	x
	5, 10	x								
L6	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5, 10, 15, 20, 30	x								
	40	x	x			x	x		x	x
L8	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5, 10, 15, 20, 30	x								
	40	x	x			x	x		x	x
L15	0	x		x	x	x	x	x	x	x
	5, 10	x								
V14	0	x		x	x	x	x		x	x
	5, 10	x								
S9	0	x	x	x	x	x	x		x	x
	5,10,15,20,30	x								
	40	x	x			x	x		x	x
	50, 60, 70	x								
	80	x	x			x	x		x	x
S6	0	x		x	x	x	x		x	x
R5	0	x	x	x	x	x	x		x	x
	5,10,15,20,30,35	x	x							

1) Dessuten er DOC analysert på stasjon L1 og R5 i 1994.

2.3.3. Analysemetoder

Fosfat og totalfosfor

Fosfat er bestemt med molybdenblåttmetoden etter en automatisert versjon av Norsk Standard (NS 4724). Det blåfargede komplekset bestemmes ved 880 nm. Prøvenes innhold av totalfosfor ble bestemt etter opplutning med peroksydisulfat i surt miljø i autoklav ved 120 °C (Norsk Standard NS 4725). Selve sluttbestemmelsen ble utført med molybdenblått-metoden, som for fosfat.

Nitrat (+nitritt) og totalnitrogen

Nitrat og eventuelt innhold av nitritt ble bestemt etter en automatisert versjon av Norsk Standard (NS 4745). Ved denne metoden reduseres nitrat til nitritt i sur løsning. Nitritt bestemmes som et azofargestoff ved 545 nm. Totalnitrogen ble bestemt ved opplutning av prøven med peroksydisulfat i autoklav ved 120 °C i henhold til Norsk Standard (NS 4743). Den endelige løsningen ble analysert med hensyn på summen av nitrat og nitritt.

Silikat

Her ble det benyttet en automatisert FIA-metode ("Flow Injection Analysis) tilrettelagt for sjøvann. Det blå-fargede komplekset med silikat bestemmes ved 695 nm etter at eventuell fosfatinterferens er fjernet

ved tilsetning av oxalsyre. Denne metoden ble etter juli 1993 lagt om til autoanalysator (Technicon). Metoden er den samme bortsett fra at en mer følsom bølgelende (830 nm) ble benyttet for måling for måling av fargekomplekset.

Totalt og oppløst organisk karbon

Organisk karbon er bestemt ved en høytemperatur TOC-analysator (Dohrman DC-190). Prøvene luftes med oksygen for å fjerne uorganisk karbon og det organiske karbonet forbrennes ved 680 °C og bestemmes på en IR-detektor. DOC er analysert på samme metode, men etter at vannprøven er filtret gjennom et spesialvasket og glødet filter som beskrevet i kap. 2.3.2.

Klorofyll-a

Klorofyll-a er bestemt fotometrisk på en Perkin Elmer Lambda-5 spektrofotometer med metanol ekstraksjon i henhold til Norsk Standard (NS 4767). Metoden er tilrettelagt for måling av små ekstraktvolumer (5 ml) og stor kuvettelengde (5 cm), som gir en lavere detekjonsgrense enn det som er oppgitt i standarden.

Totalt suspendert materiale

Totalt suspendert materiale ble bestemt ved filtrering gjennom preveide 0.4 µm 47 mm Nucleoporefilter. Veingen foretas på en Sartorius mikrovækt tilrettelagt med partikkelkilde for å fjerne elektrostatiske veiefeil. Filterne var på forhånd skyllet i destillert vann og tørket ved 40 °C. Prøvevolumet lå mellom 100-250 ml, og det benyttes 50 - 100 ml destillert vann for skylling av filteret for å fjerne rester av salt som vil gi veiefeil.

Turbiditet

Turbiditet er bestemt med et HACH-turbidimeter (Mod. 2100A) kalibrert med formazin. Norsk Standard (NS 4723) er fulgt.

Partikulært jern, titan og aluminium

Vannprøvene ble vakuumfiltrert med en spesiallaget oppsats for 37 mm Nucleoporefilter og stort vannvolum på inntil ca. 300 ml. Porestørrelse på filtere var 0.4 µm og filterne var på forhånd skyllet i destillert vann som for den vanlige TSM-analysen. Filterne ble tørket i eksikator 2-3 døgn og veiet med mikrovækt med partikkelkilde som for TSM-analysen. Etter at mengden av partikulært materiale på filterene var bestemt, ble metallene analysert på et røntgenfluorescens spektrometer (Siemens SRS-303 AS) med dromium røntgenrør. Analysene ble utført av SINTEF, Industriell kjemi, seksjon for miljøteknologi og analyse.

Kontroll av blindprøver etter skylling med destillert vann ga følgende metallkonsentrasjoner på filteret:

Dato	Al (µg)	Fe (µg)	Ti (µg)
19.2.93	<0.10	<0.1	<0.1
31.8.93	<0.08	<0.1	<0.1
18.6.94	<0.08	<0.1	<0.1
28.6.94	<0.08	<0.1	<0.1
16.11.94	<0.08	<0.1	<0.1

Satellitdata

Satellitdata benyttet her er multispektrale data fra Thematic Mapper (TM)-sensoren på jordressursatelitten Landsat-5. Det benyttes TM-kanaler fra den grønne og røde delen av spekteret for bestemmelse av variable som uttrykker partikkelmengden (siktedyp og TSM) og en termisk kanal for bestemmelse av temperatur (Sørensen m.fl., 1993). Masking av land er foretatt med infrarøde kanaler. Bildene som gjengir partikkelinnholdet er kalibrert og uttrykkes i siktedyps-verdier angitt i intervaller på 0.5, 1, 1,5 meter bestemt ut fra metodens nøyaktighet. De termiske bildene angis i intervaller på fra 0.5-1 °C avhengig av den enkelte situasjon. I perioden 1993-94 er det anskaffet satellittdata fra 5 nye situasjoner og totalt er 13 situasjoner bearbeidet. De øvrige satellittdata som er brukt er fra perioden 1990/91 (Magnusson og Sørensen, 1993) og fra tidligere undersøkelser i Hvalerområdet i 1987 (Sørensen og medarb, 1990) og Ytre Oslofjord i 1988 (Sørensen og Lindell, 1990). En oversikt over satellittdata som er benyttet er gjengitt i kap. 3.5, tabell 13.

3. Resultater og diskusjon.

3.1. Tilførsler.

Tilførsler av næringssalter, organisk stoff og partikler til Iddefjorden og Hvaler/Singlefjorden er vist i tabell 4 og 5. Tallene er hentet fra Holtan (1996). I Iddefjorden har tilførslene av fosfor avtatt fra 1970, spesielt i 1991-93, noe som skyldes kommunale rensetekniske tiltak, men til dels også noe mindre utslipp fra industrien. Nitrogentilførslene er omtrent de samme i tidsrommet, mens det har skjedd en stor reduksjon i utslipp av organisk stoff (KOF) og partikler (SS), noe som skyldes reduserte utslipp fra industrien i Halden (Saugbruksforeningen). Reduksjonene i tilførsler skulle gi bedre siktedyp, men samtidig mulighet for større planteplanktonproduksjon (mindre lysbegrensning), samt bedre oksygenforhold i de dypere vannmasser, ved at den organiske belastningen har avtatt. Reduserte utslipp av fosfor og stort sett uforandrede nitrogenutslipp vil gi et kraftigere nitrogenoverskudd i tilførslene i forhold til planteplanktonets optimale gjennomsnittlige krav.

Tabell 4. Tilførsler (tonn/år) til Iddefjorden fra Haldenområdet (Holtan, 1996). Høyeste verdi er skravert.

År	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N ¹	NH ₄ -N	TOC	BOF	KOF ²	SS ²
1970	63.5	22.7	731	315	137	16266	10355	120877	9391
1980	56.4	16.4	893	394	145	16201	10227	40612	5272
1985	52.3	11.8	868	394	136		406 ¹	35893	5218
1990	47.9	11	888	424	134	3298 ¹	392 ¹	27268	1795
1991	40.3	10.7	810	390	135	2405 ¹	392 ¹	19987	1361
1992	34.5	11.1	794	382	134	2379 ¹	394 ¹	4472	842
1993	33.7	11.2	748	344	133	2133 ¹	386 ¹	3400	576

¹ = ikke beregnet for industri, ² = Bare beregnet for industri og befolkning.

I Hvalerområdet (tabell 5) var utslippene av fosfor større i 1980 og 1985 enn i 1990-93, mens nitrogentilførslene, som i stor grad varierer med vannføringen, ikke har avtatt. Derimot har utslipp av organisk stoff (KOF) avtatt betydelig, noe som i hovedsak skyldes reduserte industriutslipp. Tilførselen av partikler (SS) synes også å ha avtatt siden 1985, men 1985 kan synes å være et år med generelt ekstra store tilførsler. Observasjoner av turbiditet ved Sarpsborg/Tune kraftverk fra 1978-94 viser en økende turbiditet fra 1978 til midten av 1980-årene, og deretter synes det å ha vært en utvikling mot noe lavere turbiditet, dvs mindre mengder partikler (ANON, 1996). Imidlertid er det flere utslipp som kan bidra til partikkelmengden i Glomma som ligger nedstrøms Tune kraftverk.

Tabell 5. Tilførsler (tonn/år) til Hvaler/Singlefjorden fra Glomma, Fredrikstad og Hvalerøyene (Holtan, 96).

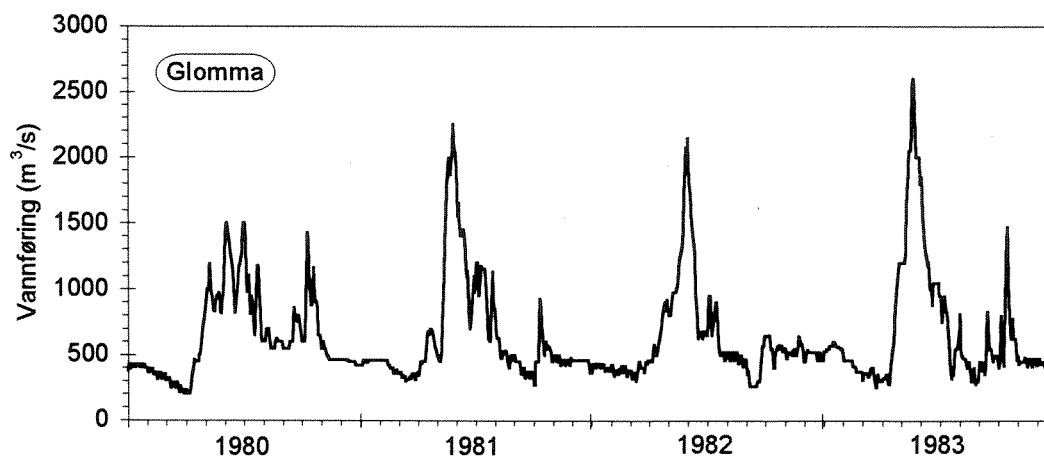
År	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N ¹	NH ₄ -N ¹	TOC ¹	BOF ¹	KOF ²	SS ³
1970	470	257	8189	4268	837		2771	235236	
1980	607	274	13389	7394	1190		3081	163897	
1985	958	379	16962	15705	1473	102396	3585	84612	448927
1990	543	229	12218	7153	1126	81720	2411	51011	281382
1991	511	210	11815	7226	1036	68547	2077	55900	122946
1992	520	174	12950	8199	1183	91892	1991	48374	322037
1993	520	253	14632	8705	1077	96192	1965	49722	239830

¹ = ikke beregnet for industri, ² = Bare beregnet for industri og befolkning., ³ = Beregnet for Glomma, befolkning og industri.

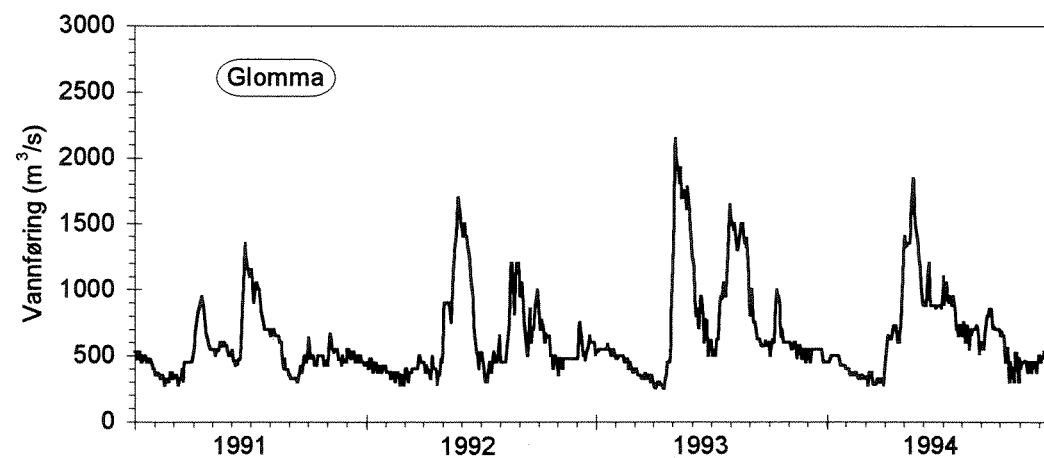
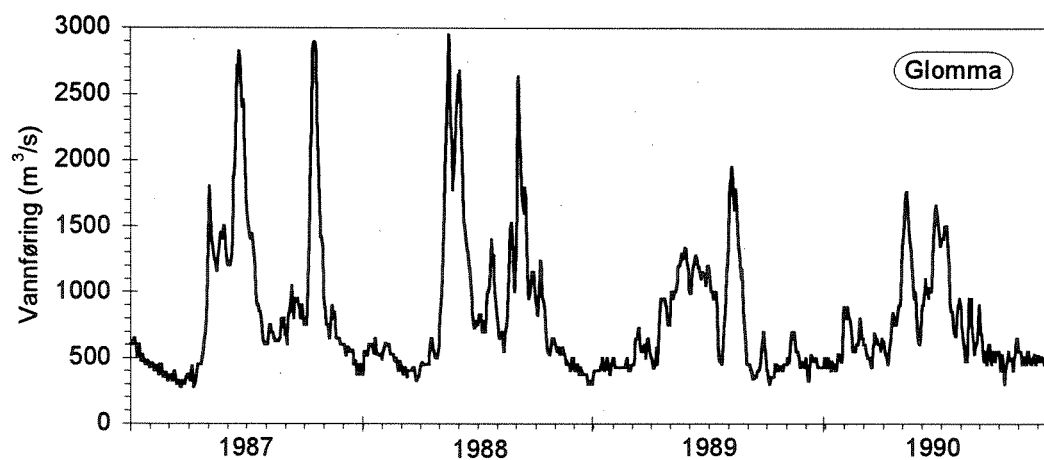
3.2. Ferskvannstilførsler 1980-94.

Vannføringen i Glomma har variert betydelig gjennom de ulike årene som det foreligger observasjoner fra (fig. 2 og 3). Varme vintre i 1988-93 (fig. 4) gir litt økt vannføring i vintermånedene, og flomtoppene blir ikke like kraftige om våren, spesielt ikke i de år da også våren var relativt varm (1989 - 1992). Unntaket fra dette var i 1993, med en markert vårflom på tross av en varm vinter/vår. Normalt vil Glomma ha en lavlandsflom som starter tidligere enn den store flommen som følger snøsmeltingen i fjellet. Flomstart og ferskvannsmengder er - sammen med vindforholden over Østlandet/indre Skagerrak - avgjørende for saltholdigheten i overflatevannet i Hvalerområdet. Tilførsel av næringssalter som føres ut med Glomma i området vil også variere med størrelsen på vannføringen. Dette får følger for representativiteten på de observasjoner som er gjort. Fra dette synspunkt er tidsrommet 1980-82 og 1987 å betrakte som relativt normale.

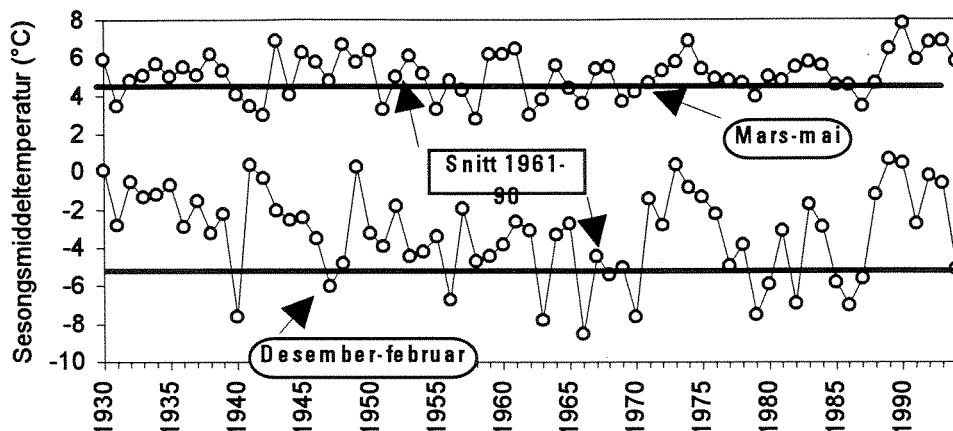
Flomstart og vår- og høstflom varierer i tid og i styrke. Spesielt lite markert vårflom var det i 1989, 1991, mens høstflommer uteble i 1982, 1990, 1991, 1993 og 1994.



Figur 2. Døgnvannføring (m^3/s) i Glomma 1980-83.



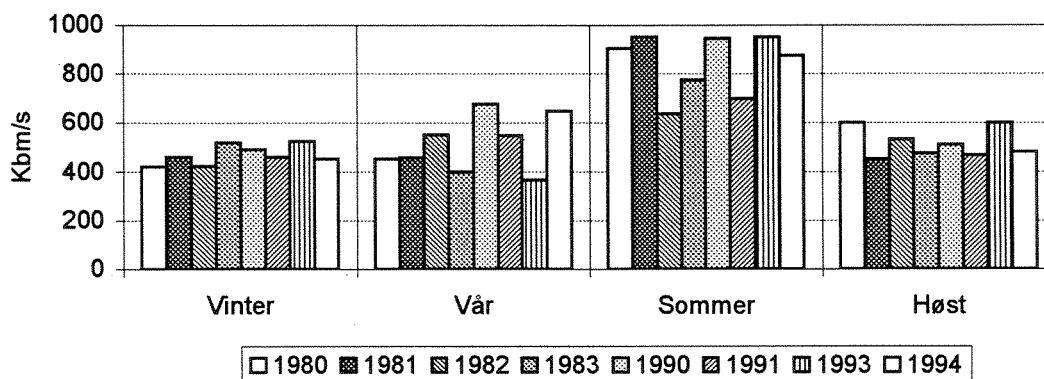
Figur 3. Døgnvannføring (m^3/s) i Glomma 1987-1994.



Figur 4. Lufttemperaturen (sesonggjennomsnitt) ved Blindern (Oslo) vinter/vår 1930-1994. (Data fra Det Norske Meteorologiske Institutt).

Fra de årene de foreligger observasjoner fra Hvalerområdet er det beregnet medianvannføring etter sesong og år (fig. 5). For vintervannføringen er det ikke store forskjeller mellom årene, og spesielt ikke 1990/91 sammenlignet med 1993/94, hvor det foreligger observasjoner.

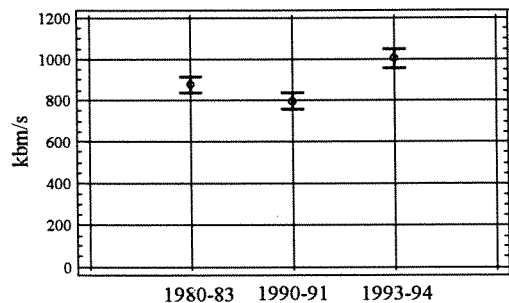
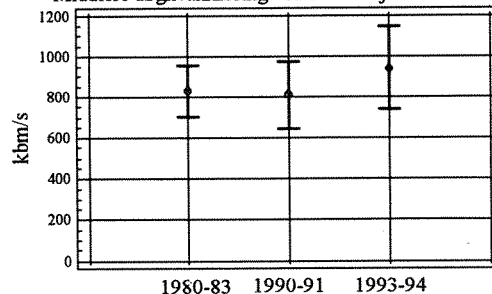
Medianvannføring i Glomma etter sesong og år



Figur 5. Medianvannføring i ulike år fordelt på sesonger (vinter = des. - feb., vår = mar. - mai, sommer = jun.-aug., høst = sep.- nov.)

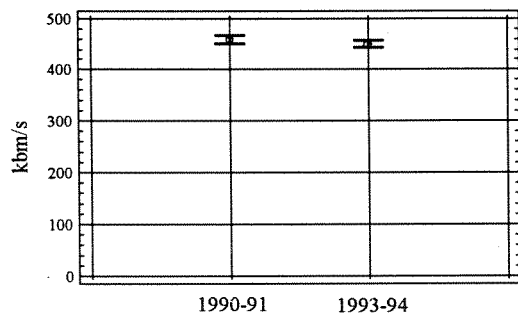
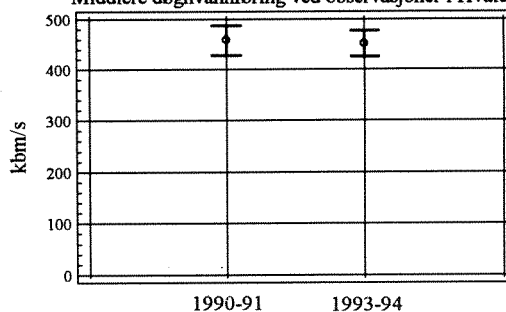
For å se på representativiteten av de observasjoner som ble innsamlet i de ulike perioder er gjennomsnittlig vannføring vist for de ulike sesonger, dels for hele sesongen, dels den midlere vannføring basert på de dager når observasjonene ble tatt (fig. 6 - 7). For sommersesongen, mai til september (fig. 6), var den gjennomsnittlige vannføringen større i 1993-94, men sammenlignes vannføringen fra observasjonsdato i de ulike perioder var det ingen forskjell mellom 1980-83, 1990-91 og 1993-94. For vinterperioden, november til mars (fig. 7), var det ikke noen forskjell mellom den gjennomsnittlige vannføringen i de ulike perioder eller den gjennomsnittlige vannføringen beregnet for observasjonsdato. Således skulle observasjonene i Hvaler/Singlefjorden sett ut fra vannføringen i Glomma være innsamlet under relativt like forhold i de tre perioder. Derimot kan det være en kvalitativ forskjell vintrene 1990/91 og 1993/94, hvor vinter- og vårtemperaturen var klart over det normale i 1990, 1991 og 1993 (fig. 4), med bare 1994 som et mer normalt år.

Vannføringen i Glomma (mai. - sep.), middelverdi og 95 % konf. int

Vannføringen i Glomma (mai. - sep.), middelverdi og 95 % konf. int
Middlere døgnvannføring ved observasjoner i Hvaler

Figur 6. Vannføring i Glomma (mai-sep.) for hele perioder (venstre figur) og de dager som det foreligger observasjoner fra Hvaler/Singlefjorden (høyre figur).

Vannføringen i Glomma (nov. - mar.), Middelverdi og 95 % konf. int

Vannføringen i Glomma (nov. - mar.), middelverdi og 95 % konf. int
Middlere døgnvannføring ved observasjoner i Hvaler

Figur 7. Vannføring i Glomma (nov.-mar.) 1990-91 og 1993-94 for hele perioden (venstre figur) og for de dager det ble tatt observasjoner i Hvaler/Singlefjorden (høyre figur).

3.3 Overflateobservasjoner - en sammenligning av tilstanden i 1980-83, 1990-91 og 1993-94.

3.3.1. Overflateobservasjoner sett i relasjon til tilstandsklasser.

Observasjoner fra 1980-83 foreligger i hovedsak fra sommerhalvåret (mai-september), mens vinterobservasjoner foreligger fra 1990-91 og 1993-94. I tabell 6 - 7 vises median- og middelveier i de tre sommerperiodene 1980-83, 1990-91 og 1993-94 (mai-september) for de enkelte variable og i tabell 8 - 9 tilsvarende for vinterobservasjoner (november-mars) i 1990-91 og 1993-94. Det er i det følgende lagt mest vekt ved medianverdier. Normalt vil det være best å bruke middelveier, når dette sammenfaller med medianverdiene, men der hvor det foreligger enkeltobservasjoner med store avvik, vil middelveien bli for stor eller for liten i forhold til det nivå de fleste observasjonene ligger og middelveien vil derfor være mindre representativ.

I tabell 10 og 11 er vist tilstanden for hver periode og stasjon ved bruk av SFTs klassifiseringssystem (Rygg og Thélín, 1993). Det bør påpekes at klassifiseringssystemet er utviklet for vannmasser med saltholdighet større enn 15 psu. Vinterstid (tabell 11) er det flere stasjoner som oppfyller dette krav. Ettersom saltholdigheten på flertallet stasjoner er mindre enn 15 psu om sommeren, vil systemet ikke direkte være gyldig for Hvalerområdet. For stasjon L1 er det også brukt klassifiseringssystemet for ferskvann (Holtan og Rosland, 1992) for sammenligning. Tilstandsanalysen er dessuten basert på medianverdiene, men når medianverdiene er havnet på en grense mellom to tilstandsklasser er middelveien brukt for å avgjøre plasseringen.

Tabell 6 - 9 viser klart at området har et overskudd av nitrogen i relasjon til fosfor (sett ut fra planteplanktonets gjennomsnittlige krav til nitrogen og fosfor for optimal vekst) og at planteplanktonsbio Massen er relativt lav i de områder som er mest influert av Glommavann. Lavt siktedyp er gjennomgående og skyldes i hovedsak den store tilførselen av partikler med ferskvannet.

Sommerstid (tabell 10) skiller Iddefjordstasjonene (S6 og R5 i Ringdalsfjorden) seg fra de andre stasjonene i området ved en relativt dårlig tilstandsklasse for fosfor (III-IV) og klorofyll-*a* (III-IV), på tross av relativt lav saltholdighet. Det er ikke noen klar utvikling i tilstanden i sommerperiodene, men på noen stasjoner er tilstanden en klasse bedre i 1990-94 enn i 1980-83, f.eks. i Vesterelva (V 14). For nitrogen har tilstandsklassen endret seg fra III til II på stasjon L8 og S9 samt på stasjonen i munningen av Ringdalsfjorden (S6). Siktedypet har gått fra tilstandsklasse V til IV på stasjonene L6, L8 og L15, samt fra tilstandsklasse V til III på stasjon S6 i munningen av Ringdalsfjorden.

Tilstandsklassen bedømt etter vinterverdiene i 1990-91 og 1993-94 (tabell 11) viser ofte en klasse dårligere tilstand en sommerstid. Den dårligste tilstanden for nitrogen var, som for sommerperioden, stasjonen i Ringdalsfjorden (R5) og i Glomma (L1, V14 og L2). Tilstandsklassen for nitrogen avtar med økende saltholdighet i overflatevannet, mens det ikke er noen klar gradient for fosfor. Det var liten forskjell mellom vinterperiodene 1990/91 og 1993/94, men på noen stasjoner var tilstanden en klasse bedre i 1993/94.

Tabell 6. Mediankonsentrasjon av saltholdighet (psu), vannføring i Glomma uken innen observasjonen (Vf), Tot-N, Tot-P, Tot-(N/P), TOC, klorofyll-a og siktedyp på de ulike stasjonene og periodene sommerstid (mai-september). Medianverdiene baserer seg på ulikt antall observasjoner for de enkelte variable.

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s) (ved PSU obs.)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-(N/P) (vekt)	PO ₄ -P (µg/l)	TOC (mg/l)	Kl-a (µg/l)	Siktedyp (m)
L1	1980-83	13-23	0.0	652	430		12.3	36		6.2	2.9	1.4
L1	1990-91	17-18	0.75	753	371	192	12.0	34	1.0	5.0	2.9	1.9
L1	1993-94	15-17	0.16	822	400	220	9.5	41	1.0	3.6	2.8	2.1
L2	1980-83	14-38	3.85	792	415		12.0	37		5.8	2.6	1.1
L2	1990-91	17-20	4.2	753	348	175	12.0	31	1.0	4.0	2.1	2.0
L2	1993-94	16-17	3.4	823	378	197	11.0	35	1.5	3.4	2.0	2.1
V14	1980-83	15-23	3.98	622	400		16.0	26		6.0	2.2	1.2
V14	1990-91	17-18	4.9	753	371		14.0	27		4.9	1.8	1.9
V14	1993-94	16-17	3.0	822	392	193	12.0	34	1.0	3.5	1.7	2.3
L6	1980-83	18-60	8.12	792	425		11.0	37		5.7	1.7	1.4
L6	1990-91	17-22	8.4	710	330	136	11.0	29	1.0	4.0	1.5	2.5
L6	1993-94	16-18	7.9	845	356	173	9.5	38	2.0	3.1	1.1	2.6
L8	1980-83	20-61	10.7	792	400		10.5	38		5.0	1.7	1.8
L8	1990-91	17-22	10.8	710	299	112	11.0	26	1.0	4.2	1.8	3.0
L8	1993-94	16-17	8.6	822	320	133	9.0	37	1.0	2.8	1.6	3.3
L15	1980	3-4	11.8	1015	430		7.0	43		3.5	1.3	2.0
L15	1990-91	17-19	10.4	776	318		11.0	28		4.1	1.7	3.3
L15	1993-94	16	9.6	848	342	150	8.5	40	1.0	2.9	1.4	2.9
S9	1980-83	19-61	15.7	792	355		11.0	35		4.8	4.9	3.0
S9	1990-91	17-21	15.7	690	267	26	12.0	20	1.0	4.4	4.5	3.8
S9	1993-94	16-17	12.5	819	255	12	11.0	28	1.0	3.0	3.0	4.3
S6	1980-83	16-44	13.9	656	440		17.0	29		7.8	5.0	2.2
S6	1990-91	16-20	15.1	710	313		16.0	19		5.0	6.3	3.3
S6	1993-94	16-17	16.1	847	260	21	12.5	22	1.5	3.1	3.1	4.6
R5	1990-91	17-19	9.5	(730)	518	3	30.0	18	1.0	10.6	9.9	1.5
R5	1993-94	16-18	11.6	(810)	460	23	21.0	23	1.0	5.8	9.3	2.3

Tabell 7. Middelskonsentrasjon av saltholdighet (psu), vannføring i Glomma uken innen observasjonen (Vf), Tot-N, Tot-P, Tot-(N/P), TOC, klorofyll-a og siktedyp på de ulike stasjonene og periodene sommerstid (mai-september). Middelsverdiene baserer seg på ulikt antall observasjoner for de enkelte variable.

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s) (ved PSU obs.)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-(N/P) (vekt)	PO ₄ -P (µg/l)	TOC (mg/l)	Kl-a (µg/l)	Siktedyp (m)
L1	1980-83	13-23	0.34	807	538		15.7	36		6.6	4.8	1.3
L1	1990-91	17-18	0.6	842	424	194	13.8	38	1.6	5.2	3.0	1.9
L1	1993-94	15-17	0.33	926	432	243	11.2	40	1.2	3.9	2.8	2.0
L2	1980-83	14-38	4.5	827	489		14.8	36		6.2	3.0	1.1
L2	1990-91	17-20	4.5	826	375	172	12.6	37	1.9	4.5	2.2	2.0
L2	1993-94	16-17	3.9	926	409	210	12.2	35	1.6	3.6	2.0	2.1
V14	1980-83	15-23	4.06	752	439		18.1	27		6.7	2.8	1.2
V14	1990-91	17-18	4.3	842	371		13.6	28		5.0	1.8	1.9
V14	1993-94	16-17	3.7	926	418	210	12.6	33	1.5	3.7	1.8	2.1
L6	1980-83	18-60	8.6	861	465		14.4	39		5.6	2.0	1.4
L6	1990-91	17-22	8.7	805	345	139	11.9	33	1.6	3.9	1.5	2.7
L6	1993-94	16-18	8.6	923	370	179	11.0	36	1.9	3.3	1.1	2.6
L8	1980-83	20-61	10.9	874	411		11.7	39		5.3	2.6	1.8
L8	1990-91	17-22	11.6	805	315	106	11.8	35	1.5	4.1	2.6	3.4
L8	1993-94	16-17	10.6	926	336	145	11.0	36	1.3	3.0	1.9	3.4
L15	1980	3-4	10.5	1010	390		10.3	46		4.5	1.7	2.0
L15	1990-91	17-19	10.7	844	318		11.4	29		4.2	2.2	3.2
L15	1993-94	16	12.0	942	342	149	9.3	38	1.3	3.1	1.5	3.2
S9	1980-83	19-61	15.7	856	423		12.0	39		5.1	5.4	3.0
S9	1990-91	17-21	15.8	801	267	42	11.3	29		4.3	4.7	4.3
S9	1993-94	16-17	16.2	919	288	46	10.6	28	1.5	3.0	3.3	5.3
S6	1980-83	16-44	14.1	837	538		17.4	35		8.3	6.3	2.2
S6	1990-91	16-20	15.9	817	327		18.1	19	1.1	5.3	7.3	3.4
S6	1993-94	16-17	16.3	922	291	44	12.8	23	1.9	3.1	3.9	5.0
R5	1990-91	17-19	9.8	(824)	536	28	30.7	20	1.4	11.5	11.8	1.6
R5	1993-94	16-18	11.2	(907)	479	76	21.2	25	1.3	5.7	12.1	2.4

Tabell 8. Mediankonsentrasjon av saltholdighet (psu), ukevannføring i Glomma (Vf), Tot-N, PO₄-P, Tot-P, NO₃-N, Tot-(N/P), TOC og siktedyp på de ulike stasjonene og periodene (1990-91 og 1993-94) vinterstid (november - mars).

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-(N/P)	PO ₄ -P (µg/l)	NO ₃ -N/PO ₄ -P (vekt)	TOC (mg/l)
L1	1990-91	4	1.2	504	705	420	20	36	2.0	207	5.4
L1	1993-94	6	0.9	476	725	460	13	49	3.5	120	4.7
L2	1990-91	4	5.9	504	708	385	21	34	5.0	82	4.9
L2	1993-94	6	5.2	476	630	413	17	34	6.0	62	4.0
V14	1990-91	4	5.2	504	713		23	30			5.3
V14	1993-94	6	6.2	476	670	435	22	30	7.5	51	4.1
L6	1990-91	4	12.6	504	601	310	23	24	11.0	38	3.9
L6	1993-94	7	12.4	475	510	298	18	28	9.0	33	3.3
L8	1990-91	4	12.0	504	541	290	20	30	8.0	45	3.5
L8	1993-94	8	15.8	476	460	280	17	30	8.0	36	3.3
L15	1990-91	4	11.5	504	578		20	29			4.0
L15	1993-94	6	14.4	476	452	258	18	25	7.5	32	2.7
S9	1980-83	7	14.6	451							
S9	1990-91	5	19.4	496	489	250	25	24	15.0	17	3.4
S9	1993-94	6	20.2	476	440	210	20	25	10.5	22	2.9
S6	1980-83	5-6	23.5	456							
S6	1990-91	4	13.9	496	669		20	33			6.0
S6	1993-94	8	17.9	472	550	270	20	28	9.0	32	4.5
R5	1990-91	4	2.0	(496)	868	560	20	49	2.0	215	10.0
R5	1993-94	6	3.1	(472)	903	543	15	64	4.0	124	6.3

Tabell 9. Middelkonsentrasjon av saltholdighet (psu), ukevannføring i Glomma (Vf), Tot-N, PO₄-P, Tot-P, NO₃-N, Tot-(N/P), TOC og siktedyp på de ulike stasjonene og periodene (1990-91 og 1993-94) vinterstid (november - mars).

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-(N/P)	PO ₄ -P (µg/l)	NO ₃ -N/PO ₄ -P (vekt)	TOC (mg/l)
L1	1990-91	4	1.1	497	791	457	23	42	2.3	194	5.4
L1	1993-94	6	1.0	482	698	462	17	47	4.3	140	4.5
L2	1990-91	4	5.9	497	673	418	21	33	4.7	111	4.9
L2	1993-94	6	5.5	482	604	389	18	35	6.3	72	4.0
V14	1990-91	4	4.7	497	780		26	31			5.4
V14	1993-94	6	6.1	482	694	452	23	31	8.0	59	4.1
L6	1990-91	4	11.3	497	606	333	23	26	9.0	46	3.9
L6	1993-94	7	13.0	478	506	298	18	29	8.5	43	3.4
L8	1990-91	4	12.7	497	530	272	19	28	8.0	44	3.4
L8	1993-94	8	16.3	484	507	272	17	30	6.9	51	3.2
L15	1990-91	4	12.0	497	568		21	28			4.1
L15	1993-94	6	15.8	482	468	234	18	26	7.5	38	3.2
S9	1980-83	7	20.9	531							
S9	1990-91	4	19.9	493	558	211	24	23	14.0	18	3.7
S9	1993-94	6	20.8	480	460	218	19	25	11.0	22	2.9
S6	1980-83	5-6	16.6	485							
S6	1990-91	4	16.4	496	674		23	31			6.4
S6	1993-94	8	17.1	481	549	296	21	28	10.3	31	4.2
R5	1990-91	4	2.2	(496)	1037	532	23	47	2.3	232	10.1
R5	1993-94	6	3.0	(476)	895	548	16	59	5.2	115	6.4

Tabell 10. Tilstandsklasser (mai-september) ved bruk av SFTs klassifiseringssystem. For stasjon L1 i Glomma er det også brukt klassifiseringssystemet for ferskvann (innen parentes). For hver periode er det brukt medianverdier.

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Periode	PSU	Tot-N	Tot-P	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Kl-a	Siktedyp
L1	1980-83	0	III (III)	II (II)			II (II)	V (IV)
L1	1990-91	0.8	III (II)	II (III)	IV	I	II (II)	V (IV)
L1	1993-94	0.2	III (III)	I (II)	IV	I	II (II)	V (IV)
L2	1980-83	3.9	III	II			II	V
L2	1990-91	4.2	III	II	IV	I	II	V
L2	1993-94	3.4	III	I	IV	I	II	V
V14	1980-83	4.0	III	III			II	V
V14	1990-91	4.9	III	II			I	V
V14	1993-94	3.0	III	II	IV	I	I	V
L6	1980-83	8.1	III	I			I	V
L6	1990-91	8.4	III	I	IV	I	I	IV
L6	1993-94	7.9	III	I	IV	I	I	IV
L8	1980-83	10.7	III	I			I	V
L8	1990-91	10.8	II	I	IV	I	I	IV
L8	1993-94	8.6	II	I	IV	I	I	IV
L15	1980	11.8	III	I			I	V
L15	1990-91	10.4	II	I			I	IV
L15	1993-94	9.6	III	I	IV	I	I	IV
S9	1980-83	15.7	III	I			III	IV
S9	1990-91	15.7	II	II	III	I	III	IV
S9	1993-94	12.5	II	I	II	I	II	IV
S6	1980-83	13.9	III	III			III	V
S6	1990-91	15.1	II	III			III	IV
S6	1993-94	16.1	II	II	II	I	II	III
R5	1990-91	9.5	IV	IV	I	I	IV	V
R5	1993-94	11.6	III	III	III	I	IV	V

Tabell 11. Tilstandsklasser bedømt etter SFTs klassifiseringsystem, medianverdier-vinter.

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Periode	Ant obs (N)	PSU	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
L1	1990-91	4	1.2	V	V	I	I
L1	1993-94	6	0.9	V	V	I	I
L2	1990-91	4	5.9	V	V	II	I
L2	1993-94	6-7	5.2	V	V	I	I
V14	1990-91	4	5.2	V		II	
V14	1993-94	6-7	6.2	V	V	II	I
L6	1990-91	4	12.6	V	V	II	I
L6	1993-94	6	12.4	III	V	I	I
L8	1990-91	4	12	III	V	I	I
L8	1993-94	7-8	15.8	III	V	I	I
L15	1990-91	4	11.5	V		I	
L15	1993-94	6	14.4	III	V	I	I
S9	1990-91	4-5	19.4	III	V	III	I
S9	1993-94	6	20.2	III	III	I	I
S6	1990-91	4	13.9	V		I	
S6	1993-94	7	17.9	III	V	I	I
R5	1990-91	4	2.0	V	V	I	I
R5	1993-94	6	3.1	V	V	I	I

For sommerperioden 1993-94 vil tilstanden i området kunne klassifiseres som dårlig til mindre god for nitrogen, mens for fosfor var den nokså dårlig til mindre god for de stasjoner som lå nær Fredrikstad. I øvrige deler av Hvalerområdet var tilstanden bedømt ut fra fosfor god.

For stasjoner i Ringdalsfjorden (S6 og R5) var tilstanden nokså dårlig eller dårlig. Bedømt ut fra siktedyp var tilstanden i hele området sommerstid dårlig eller meget dårlig.

For vinterperioden 1993-94 var tilstanden i hele området nokså dårlig til meget dårlig for nitrogen, mens tilstanden bedømt ut fra fosfor i hovedsak var god.

Hovedtendensen for området totalt var en forbedring av tilstanden eller at forholdene er uforandret.

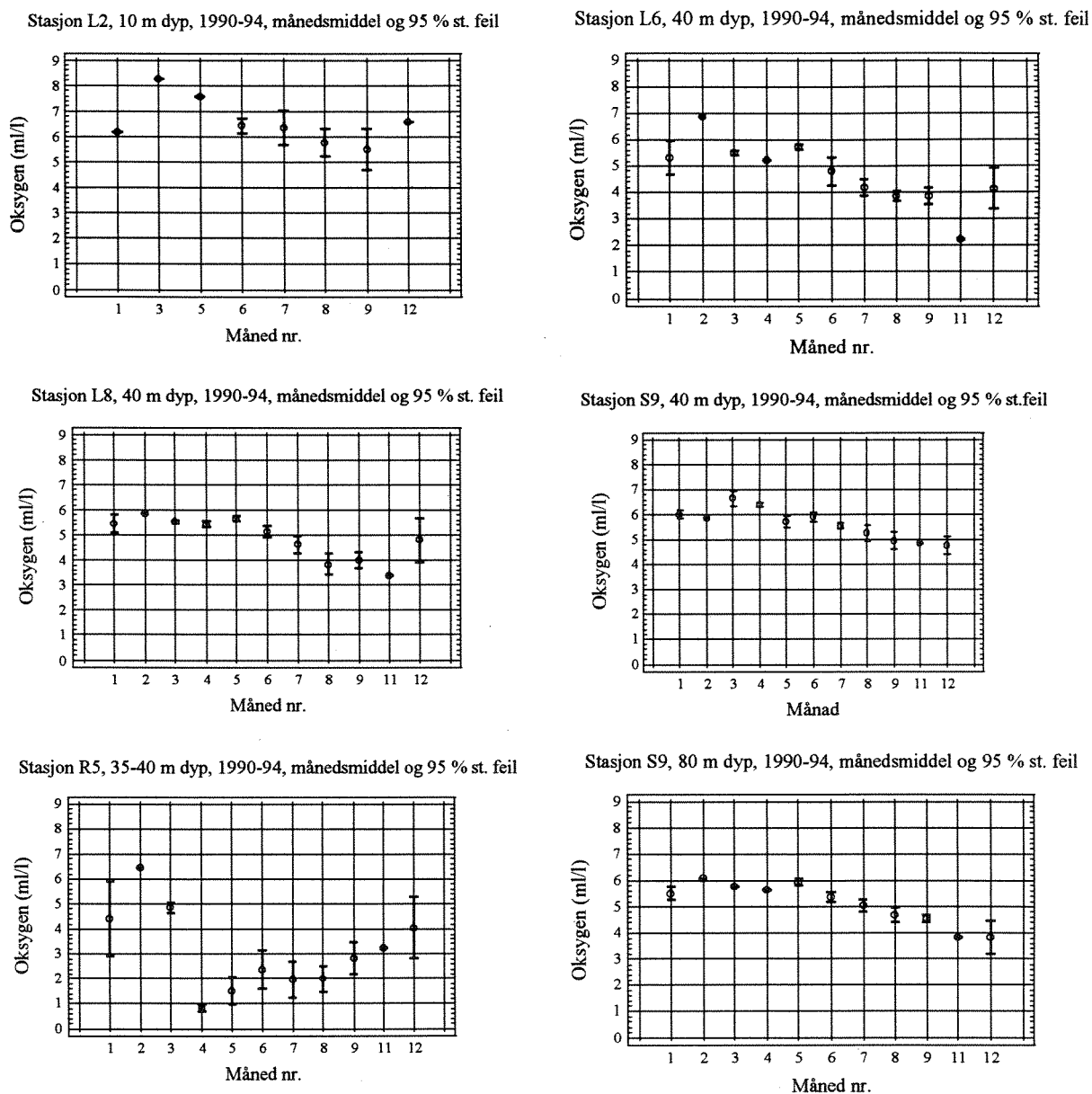
3.3.2. Oksygenforholdene i dypvannet i relasjon til tilstandsklasser.

Oksygenobservasjoner foreligger fra 5 tokt i april til oktober 1980, samt fra 1990-91 og 1993-94.

Oksygenforholdene i området varierer over året med den høyeste konsentrasjonen i dypvannet vinter og vår (februar-mai) og de laveste ut på høsten (august - november/desember, fig. 8). Unntak fra dette er stasjonen i Ringdalsfjorden (R5), hvor de laveste konsentrasjonene er observert i april-august, avhengig av denne terskelfjords lokale belastning og dypvannfornyelse. Dette område har nå de klart dårligste

oksygenforholdene, på tross av at de var betydelig dårligere tidligere (periodevis forekomst av hydrogensulfid på 1970-tallet).

SFTs tilstandsklasser for oksygen (Rygg og Thélin, 1993) bygger dels på observert oksygenminimum over året, dels på middelverdi over året. I tabell 10 vises tilstanden bedømt ut fra de to metodene. De fleste stasjonene i området havner i tilstandsklasse mindre god i 1993-94 med Ringdalsfjorden i klassen nokså dårlig. Den dårligste tilstanden ble observert i 1980 og oksygenkonsentrasjonene er gjennomgående høyere i 1990-94 (unntatt stasjon L1 i Glomma). Det kan derfor synes som om oksygenforholdene har blitt noe bedre, men mangel på observasjoner i tidsrommet 1981-89 betyr at en slik eventuell positiv utvikling må taes med forbehold. Dette gjelder ikke Ringdalsfjorden (R5), hvor utviklingen har vært svært positiv sammenlignet med tidligere observasjoner.



Figur 8. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) på ulike stasjoner og dyp i Hvaler/Singlefjorden og Ringdalsfjorden (R5). Månedsmiddel og 95 % standard feil for perioden 1990-91 og 1993-94. I figurene vises bare de månedene med hvor det foreligger observasjoner. Figuren baserer seg på få observasjoner, slik at for enkelte måneder foreligger kun en observasjon.

Tabell 10. Oksygenforholdene i Hvaler/Singlefjorden og Ringdalsfjorden - klassifisering av tilstand. N= antall observasjoner. Dyp = det dyp som det er observert den laveste konsentrasjonen.

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Periode	Dyp (m)	O ₂ -min	Dyp (m)	O ₂ -middel over året
L2	1980	10	3.64	10	4.85 (5)
L2	1990-91	10	4.69	10	6.35 (10)
L6	1980	50	1.55	50	1.07 (5)
L6	1990-91	50	0.84	50	4.05 (14)
L6*	1993-94	40	2.23	40	4.29 (24)
L8	1980	50	0.99		
L8	1990-91	50	1.61	50	4.63 (16)
L8*	1993-94	40	1.85	40	4.41 (24)
S9	1980	90	3.07	90	4.0 (3)
S9	1990-91	10	4.20	70	5.64 (5)
S9*	1993-94	80	3.19	80	5.02 (24)
R5	1990-91	30	0.35	40	2.46 (15)
R5	1993-94	35	0.32	32-40	2.94 (24)

* redusert program i 1993-94, kun noen dyp pr. stasjon.

3.3.3. Den generelle utviklingen i overflatelaget - næringsalter (tot-N og tot-P), organisk stoff, siktedyp og klorofyll-a i mai til september fra 1980-83, 1990-91 og 1993-94.

Med utgangspunkt i sommerobservasjoner fra overflatelaget (medianverdier) er det foretatt en statistisk analyse for å se på eventuelle forskjeller mellom 1980-83 og de øvrige periodene (ikke-parametrisk test, Mann-Whitney (Wilcoxon)). Der er også gjennomført en variansanalyse (ANOVA) med saltholdighet som covariat. En oversikt av analyseresultatene er presentert i tabell 1- 15 i vedlegg.

De ikke-parametriske testene viste at siktedypet i området har økt signifikant om sommeren fra 1980-tallet til 1990-tallet på samtlige stasjoner, men at det ikke var noen signifikant forskjell mellom 1990-91 og 1993-94, unntatt de stasjoner som ligger i Ringdalsfjorden eller munningen av denne fjorden, hvor siktedypet 1993-94 også var signifikant større enn 1990-91. Overflatekonsentrasjonene av tot-N har avtatt signifikant fra 1980-83 til 1990-94 på flertallet av stasjonene, mens tot-P konsentrasjonen kun har avtatt signifikant på stasjon V14 (Vesterelva) og munningen av Ringdalsfjorden. I Ringdalsfjorden var også tot-P konsentrasjonen sommeren 1993-94 signifikant lavere enn i 1990-91. TOC-konsentrasjonen var signifikant mindre på omtrent samtlige stasjoner i området i 1990-94, og avtok også mellom 1990-91 og 1993-94. Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) var uforandret på de fleste stasjonene, men signifikant mindre i Singlefjorden, munningen av Iddefjorden (Ringdalsfjorden) og på en stasjon i Løperen. Det var ikke noen signifikante økninger fra 1980-83 til 1990-94. Saltholdighetsforskjellene var små i hele området mellom de tre periodene.

Variansanalysen viste ikke noen signifikant forskjell i vannføringen i Glomma på observasjonsdato eller saltholdighet i overflatelaget for de forskjellige perioder. Gjennomsnittlig siktedyp økte signifikant fra 1980-81 til 1990-94, og det var også signifikant forskjell mellom 1990-91 og 1993-94 i Singlefjorden og Iddefjorden. For tot-N var det ikke noen signifikant forskjell mellom periodene for stasjonene i Glomma eller i Iddefjorden. Øvrige stasjoner (unntatt L 15) viste signifikant avtakende konsentrasjoner fra 1980-83 til 1990-94, men ikke mellom 1990-91 og 1993-94. For tot-P var det kun stasjon V14 i Vesterelva som viste en signifikant høyere konsentrasjon i 1980-83. I Iddefjorden var konsentrasjonen signifikant lavere i 1993-94 enn i 1990-91. For tot-(N/P)-forholdet var det ikke noen klar tendens for området. For TOC hadde omtrent samtlige perioder etter 1980-83 signifikant lavere konsentrasjoner i området. For planteplankton-biomassen var det ikke noen signifikant forskjell mellom periodene, unntatt stasjonene L2, L6, S9 og S6, hvor klorofyll-a konsentrasjonen var høyere i 1980-83 enn i 1990-94. For samtlige analyser hadde saltholdigheten ofte en signifikant innflytelse på resultatet.

De statistiske testene viste signifikante forskjeller mellom 1980-83 og 1990-94 sommerstid, på tross av at det ikke var noen signifikant forskjell i vannføring i uken før observasjonene eller saltholdigheten i de ulike perioder. Følgende generelle konklusjoner kan således gjøres:

For nærings saltene viste observasjonene fra sommerhalvåret at mediankonsentrasjonen av tot-N var mindre i overflatevannet i nedre del av Glomma og i Hvaler/Singlefjorden i 1990-94 sammenlignet med 1980-83. Variansanalysen viste imidlertid ikke et like klart bilde for middelveidene, men der hvor det forelå en signifikant forskjell var denne i samsvar med analysen av mediankonsentrasjonen.

For tot-P konsentrasjonen var forskjellen ikke like ofte (som for tot-N) signifikant mellom 1980-83 og 1990-94, men den var alltid mindre i de senere periodene på de få stasjoner det forelå en signifikant forskjell. Variansanalysen ga kun samme resultater på stasjon V14 i Vesterelva, hvor således tot-P konsentrasjonen var høyere i 1980-83 enn i 1990-94.

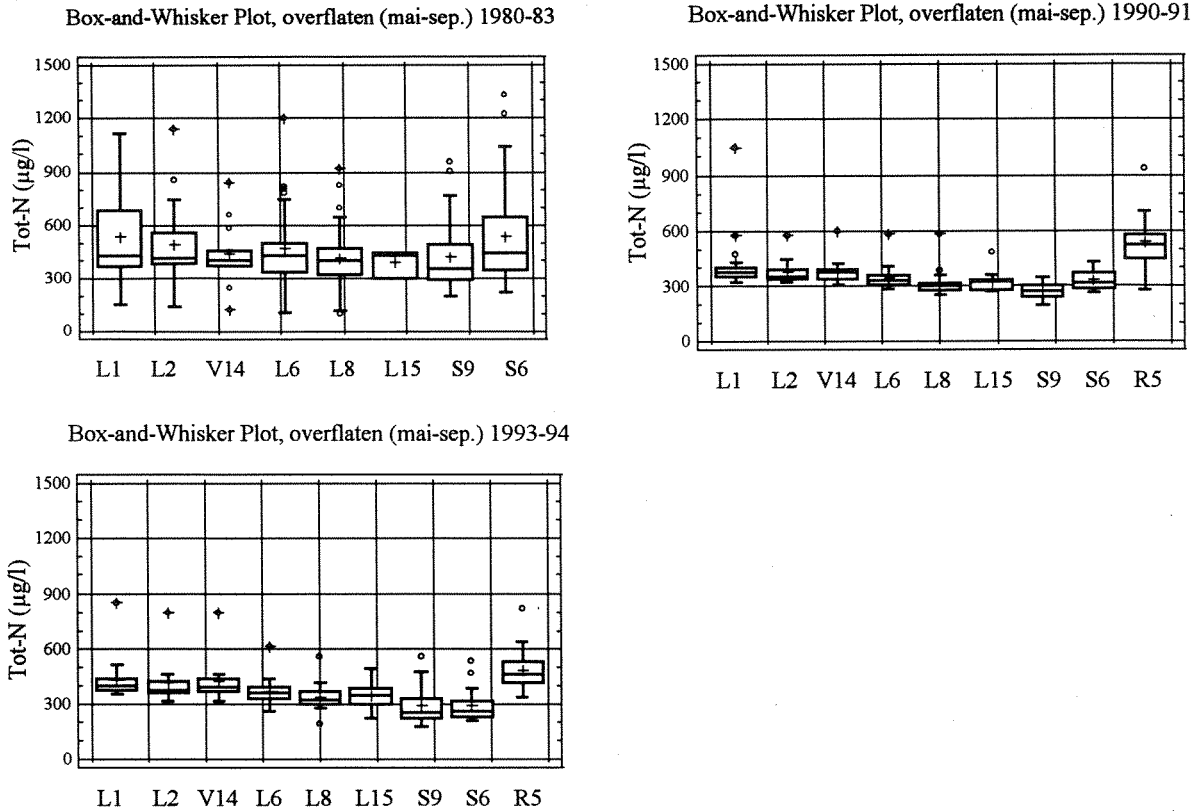
For organisk stoff (TOC) var det signifikant lavere konsentrasjoner i 1990-94 enn i 1980-83 uansett analysemetode.

Siktedypet var signifikant større i 1990-94 sammenlignet med 1980-83 i hele området uansett analysemetode, mens klorofyll-a kun på noen stasjoner viste lavere konsentrasjon i 1990-94.

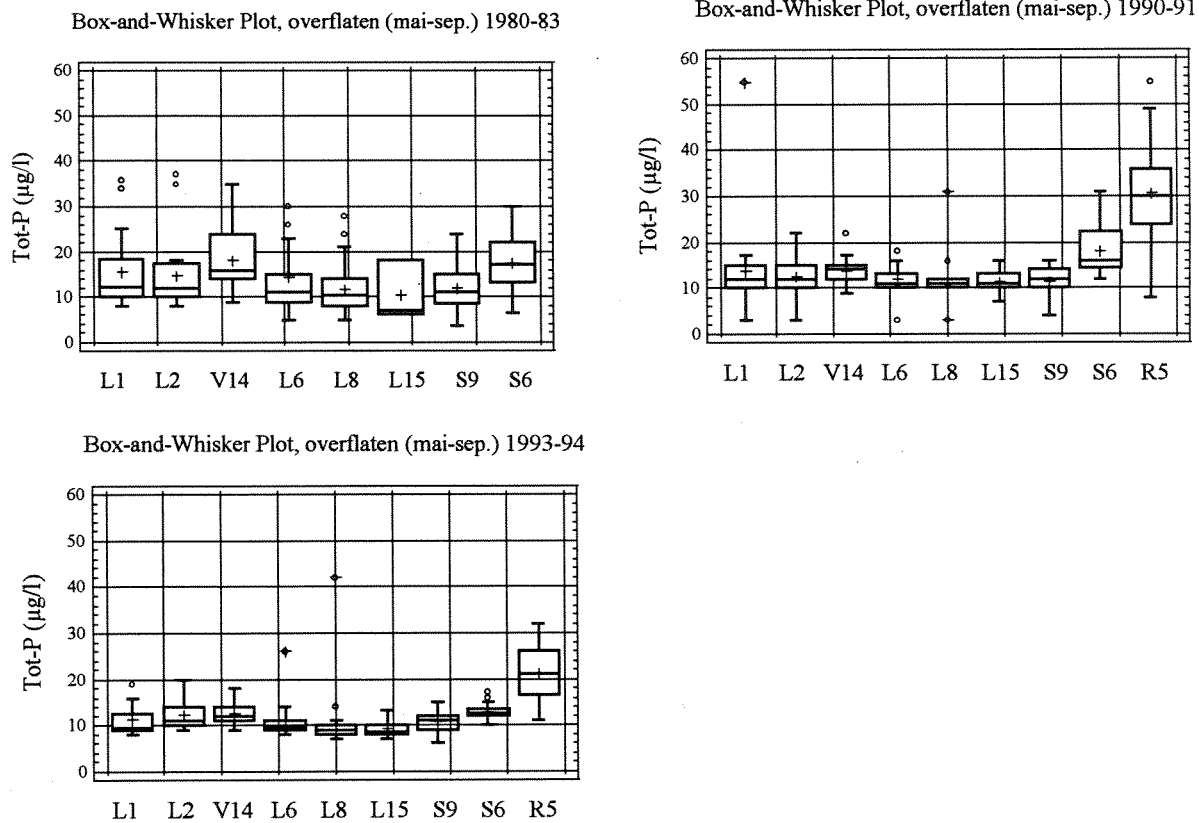
Stasjonen i Iddefjordens munning (S6) viste signifikant lavere konsentrasjoner av tot-N, tot-P og TOC i 1990-94 sammenlignet med 1980-83. Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens konsentrasjonen av klorofyll-a bare var signifikant mindre i 1993-94.

I Ringdalsfjorden (R5) er det foreløpig bare brukt observasjoner fra 1990-91 og 1993-94, men disse viser signifikant mindre konsentrasjoner i 1993-94 av tot-P og TOC. Siktedypet var signifikant større i 1993-94 og partikkelmengden (TSM og turbiditet) var også mindre i 1993-94 enn i 1990-91.

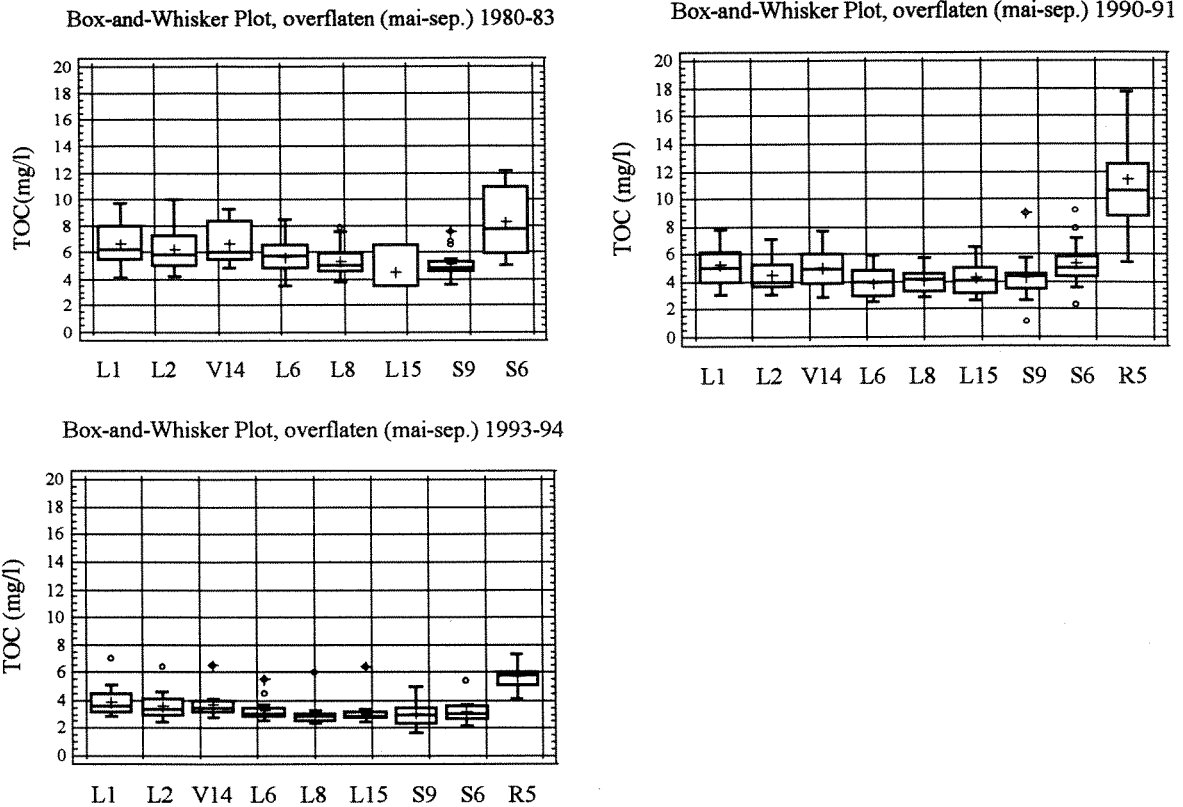
Figur 9 - 13 viser en sammenfatning av alle stasjoner og variable sommeren 1980-83, 1990-91 og 1993-94.



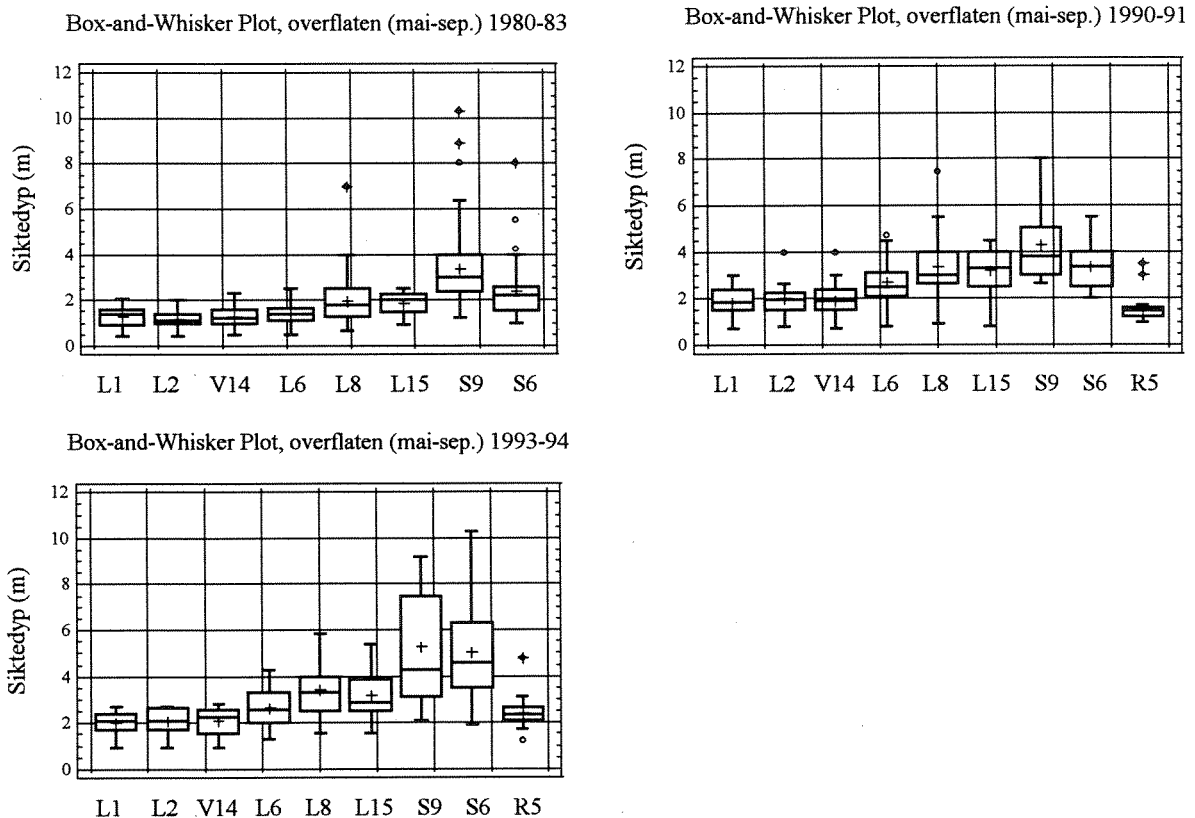
Figur 9. Tot-N ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann på ulike stasjoner. Median (strek i boks), middelværdi (kryss i boks), samt 25-75 % fraktiler (innenfor boksen) for mai-september 1980-83, 1990-91 og 1993-94.



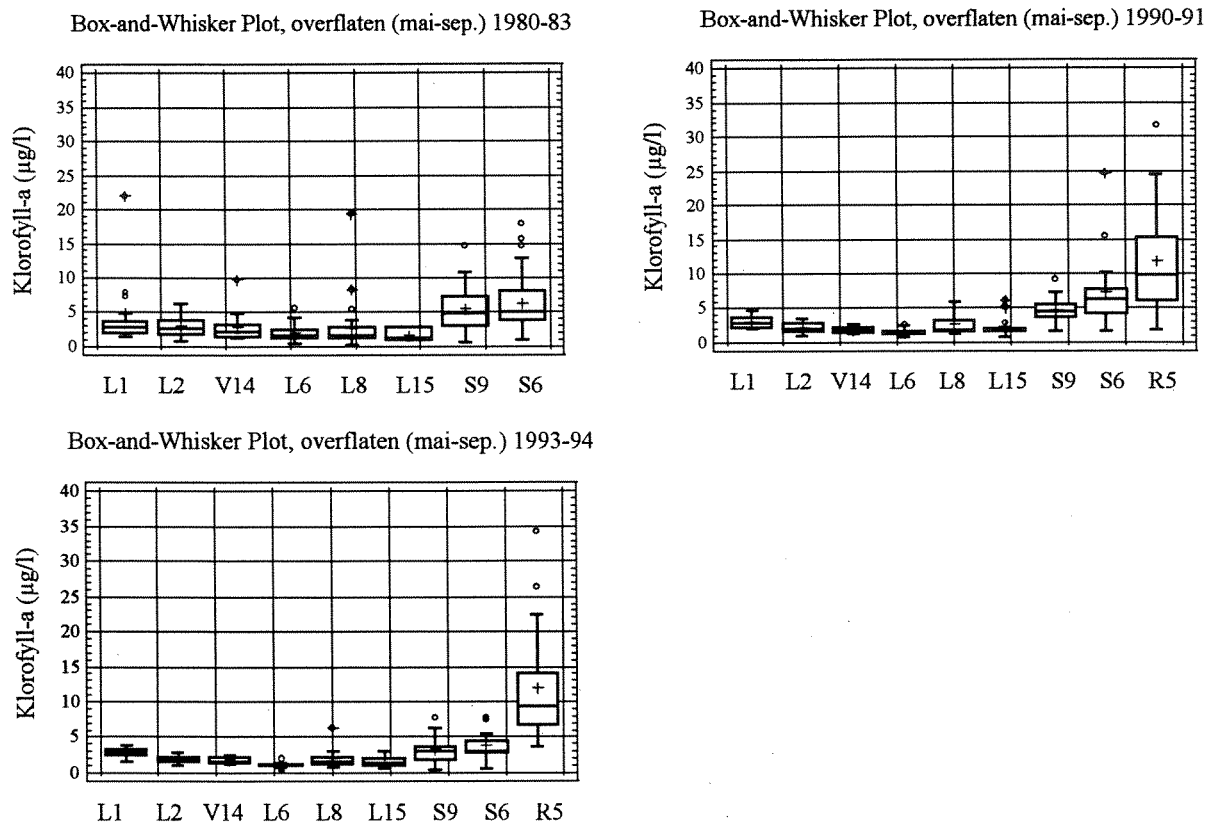
Figur 10. Tot-P ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann på ulike stasjoner. Median (strek i boks), middelværdi (kryss i boks), samt 25-75 % fraktiler (innenfor boksen) for mai-september 1980-83, 1990-91 og 1993-94.



Figur 11. TOC (mg/l) i overflatevann på ulike stasjoner. Median (strek i boks), middelværdi (kryss i boks), samt 25-75 % fraktiler (innenfor boksen) for mai-september 1980-83, 1990-91 og 1993-94.



Figur 12. Siktedyb (m) på ulike stasjoner. Median (strek i boks), middelværdi (kryss i boks), samt 25-75 % fraktiler (innenfor boksen) for mai-september 1980-83, 1990-91 og 1993-94.

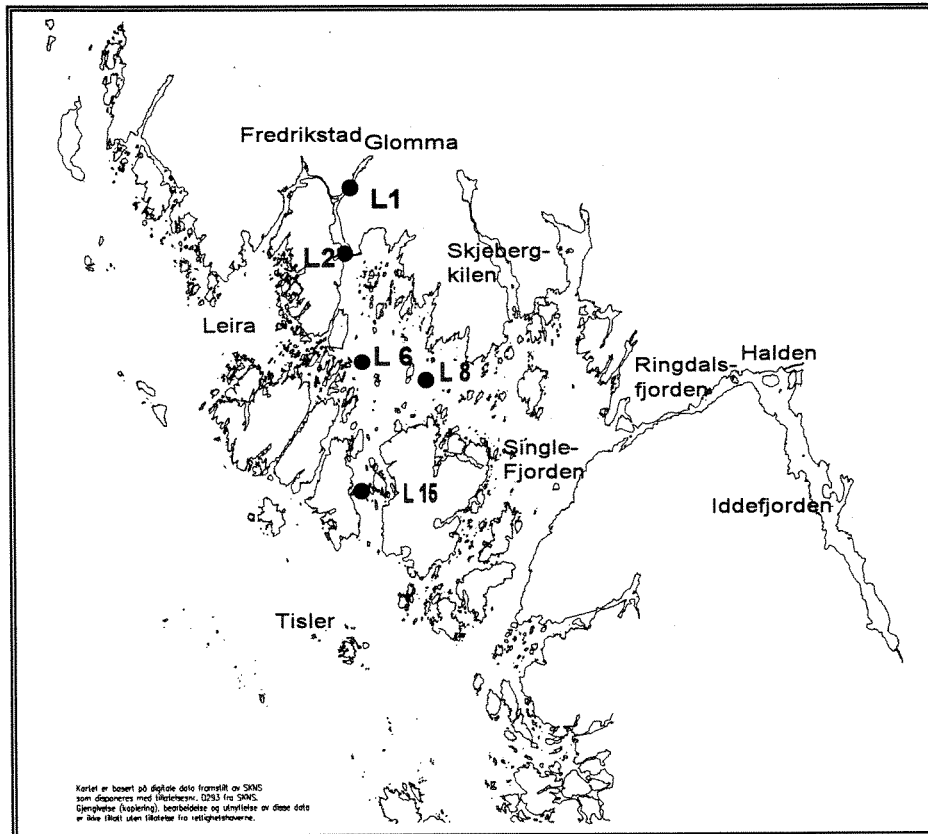


Figur 13. Klorofyll-a ($\mu\text{g/l}$) på ulike stasjoner. Median (strek i boks), middelvei (kryss i boks), samt 25-75 % fraktiler (innenfor boksen) for mai-september 1980-83, 1990-91 og 1993-94.

3.3.4. Metaller.

Frem til sommeren 1989 var det et betydelig utslipp av jern og titan fra bedriften Kronos Titan (Holtan, 1996). Både i 1980 (Næs, 1983) og 1986/87 (Skei, 1987) ble det gjennomført undersøkelser i utslippsområdet i nedre Glomma som viste at bedriftens utslipp av jern og titan ga overkonsentrasjoner i vann og sedimenter i området (Skei, 1987). Sedimentanalysene viste også betydelige variasjoner i tid av metallene og organisk materiale, hvor lavere konsentrasjoner ble observert etter flom som følge av erosjon og utspyling.

Som en oppfølging til de tidligere undersøkelsene ble det foretatt observasjoner av overflatevann sommer og vinter i 1990/91 og 1993/94 av partikulært jern, titan og aluminium på 5 stasjoner (L1 (1993-94), L2, L6, L8 og L15) fra Glomma i Fredrikstad og ut Østerelva og Løperen (fig. 14). Disse er sammenlignet med observasjoner fra april- september 1980 (5 tokt, Næs, 1983) og fra to stasjoner (L1 og L2) i 1986-87 (Skei og Efraimsen, 1988). Samtlige analyser fra de ulike perioder ble analysert etter samme metode (røntgenfluoresence spektrofotometer) ved samme laboratorium (se kap. 2.3.3).



Figur 14. Stasjoner for metallobservasjoner.

I tabell 11 er medianverdier for de enkelte metaller i sommerperioden (mai - september) fra 1980, 1990-91 og 1993-94 vist. Dels er det vist totalkonsentrasjoner, dels forholdstall for jern/aluminium og titan/aluminium. Ettersom aluminium i hovedsak er et mål for naturlig leirinnhold i vannet vil forholdet mellom de andre metallene og aluminium indikere om disse foreligger i unormale konsentrasjoner. Dette skyldes at jern og titan oftest foreligger i leirminerale i et bestemt forhold til aluminium.

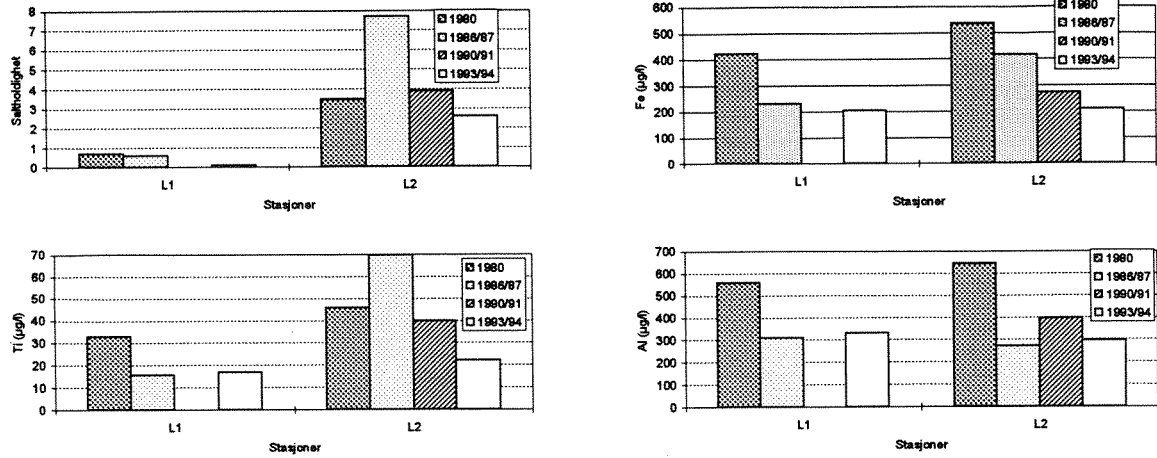
Mediankonsentrasjonen for de ulike metallene er vist i figur 15 for stasjon L1 og L2, hvor det også foreligger observasjoner fra 1986/87, samt for samtlige observasjoner for alle stasjoner i 1980, 1990/91 og 1993/94 fordelt på sommerperioden (mai-september, figur 16) og vinterperioden i 1990/91 og 1993/94 (november - mars, figur 17).

Tabell 11. Medianverdi av saltholdighet (PSU), aluminium, jern og titan ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann, mai - september 1980, 1986-87, 1990/91 og 1993/94. N = antall observasjoner.

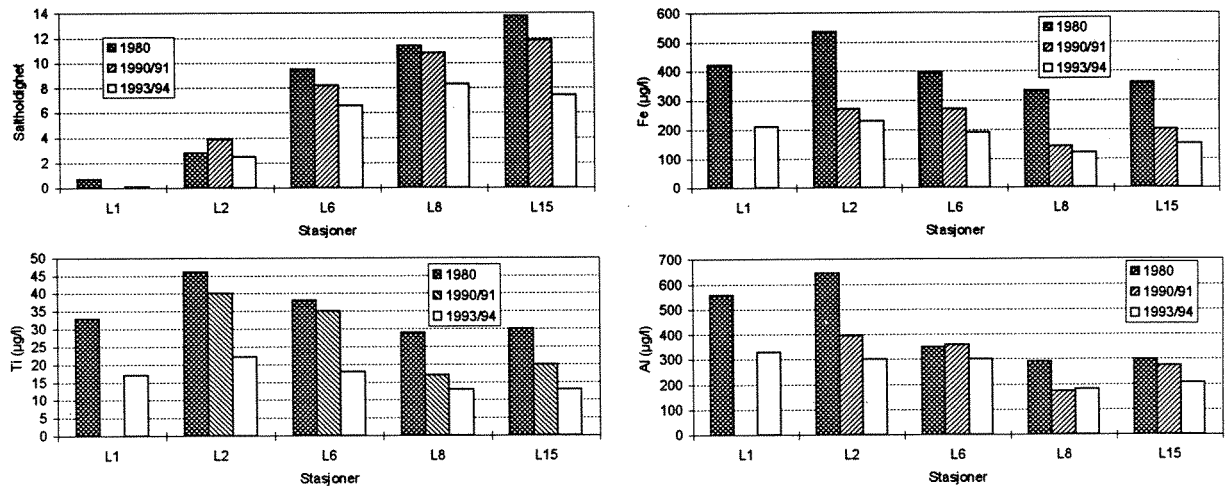
Stasjon	År	PSU	Al	Fe	Ti	Fe/Al	Ti/Al	N
L1	1980	0.7	557	423	33	0.75	0.06	4
L1	1986/87	0.6	311	230	16	0.62	0.05	5
L1	1993/94	0.1	330	210	17	0.64	0.05	9
L2	1980	2.8	645	535	46	0.7	0.07	4
L2	1986/87	7.7	274	415	70	1.32	0.2	5
L2	1990/91	3.9	395	272	40	0.71	0.09	14
L2	1993/94	2.5	300	230	22	0.66	0.07	9
L6	1980	9.5	350	397	38	0.99	0.09	4
L6	1990/91	8.2	360	272	35	0.74	0.09	14
L6	1993/94	6.6	300	190	18	0.62	0.06	9
L8	1980	11.4	290	333	29	1.1	0.1	4
L8	1990/91	10.8	173	143	17	0.8	0.09	14
L8	1993/94	8.3	180	121	13	0.68	0.06	9
L15	1980	13.8	298	360	30	1.04	0.1	4
L15	1990/91	11.8	277	202	20	0.78	0.09	14
L15	1993/94	7.4	207	150	13	0.64	0.06	9

Figur 15 viser at konsentrasjonen av partikulært jern og titan øker fra stasjon L1 ovenfor utslippet til Kronøs Titan til stasjon L2 nedstrøms utslippet, mens konsentrasjonen av partikulært aluminium ikke gir samme entydige bilde. Samme gradient for jern og titan vises i figur 16, med økende konsentrasjon ved stasjon L2 og deretter avtakende konsentrasjoner med økende avstand fra denne stasjonen. Også aluminiumkonsentrasjonen økte noe fra L1 til L2, noe som kan forklares ved erosjon av sedimenter i området ved høy vannføring. Vinterstid (figur 17) var imidlertid aluminiumkonsentrasjonen avtakende fra L1 til L15 i 1993/94, noe som viser at erosjon av bunnsedimenter ved lavere vannføring i Glomma er mindre og at det skjer en sedimentasjon av leirpartikler fra L2 til L15.

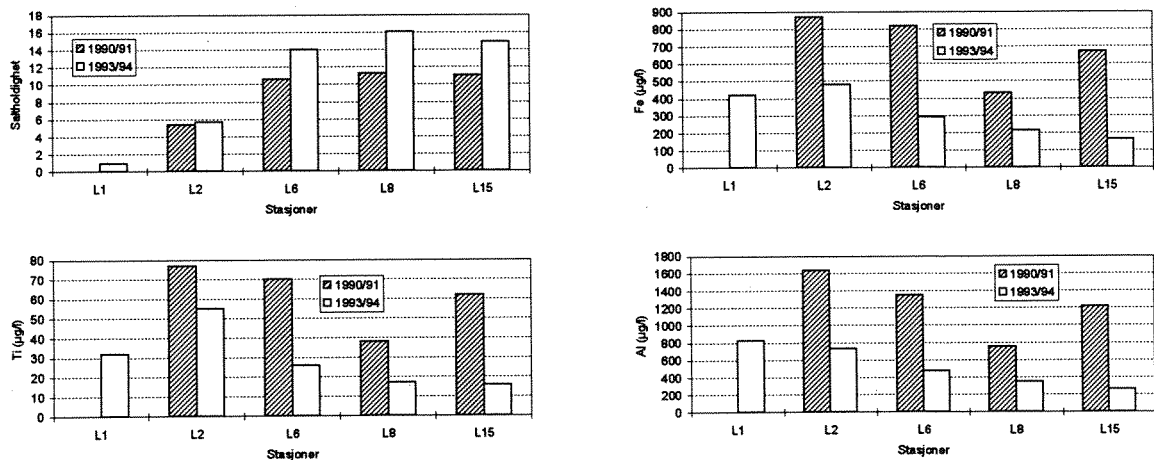
For jern og titan var mediankonsentrasjonen klart størst sommeren 1980 og deretter avtakende til 1993/94. Aluminiumkonsentrasjonen avtok også på enkelte stasjoner, noe som også viser at den naturlige leirtransporten har avtatt noe. Vinterkonsentrasjonen av metallene (fig. 17) ligger høyere enn sommerkonsentrasjonen (fig. 16), spesielt i 1990/91, som var en relativt mild vinter, noe som skulle kunne tilsi større erosjon fra land.



Figur 15. Mediankonsentrasjon av saltholdighet, partikulært jern, titan og aluminium i overflatevann mai-september i 1980, 1986/87, 1990/91 og 1993/94.



Figur 16. Mediankonsentrasjon av saltholdighet, partikulært jern, titan og aluminium i overflatevann mai-september i 1980, 1990/91 og 1993/94.



Figur 17. Mediankonsentrasjon av saltholdighet, partikulært jern, titan og aluminium i overflatevann november-april 1990/91 og 1993/94.

For å se på statistisk signifikante forskjeller på hver stasjon mellom ulike perioder sommerstid er det gjennomført en ikke-parametrisk test (Mann-Whitney(Wilcoxon)). Resultatet er presentert i tabell 16-18 i vedlegg. Ettersom saltholdighet i overflatevannet gir fortynningen av ferskvannet fra Glomma er det også sett på denne. For alle stasjoner, unntatt stasjon L2 mellom 1990/91 og 1993/94 og stasjon L15 hvor saltholdigheten avtok signifikant fra 1980-1994, var det ikke noen statistisk forskjell i medianverdiene. Eventuelle signifikante forskjeller mellom periodene må således skyldes andre faktorer.

For stasjon L1 var det ikke noen signifikant forskjell i mediankonsentrasjonen om sommeren for Al og Ti, men en signifikant lavere konsentrasjon av Fe i 1993-94 enn i 1980. Stasjon L2 viser signifikante forskjeller mellom periodene, i hovedsak lavere konsentrasjon i 1993/94 enn i 1980 og 1986/87 for jern og tildels for titan, mens aluminium gir et mer variert bilde. Mens stasjon L6 og L8 ikke viser noen signifikant forskjell mellom periodene for aluminium, var jern og titankonsentrasjonen signifikant lavere i 1990-94 enn i 1980. Den ytterste stasjonen i Løperen - L15- hadde signifikant lavere konsentrasjoner av jern og titan i 1990-94, men ikke for aluminium.

Hovedbildet av totalkonsentrasjonen av metallene er således uforandrede forhold i Glomma ved Fredrikstad (L1), mens konsentrasjonsnivået var lavere for jern og titan i 1990-94 enn i 1980 på de øvrige stasjonene.

Vinterobservasjoner foreligger bare fra 1990-91 og 1993-94. For aluminium var det ikke signifikante forskjeller på noen stasjon, unntatt den ytterste i Løperen (L15), hvor konsentrasjonen var lavere i 1993-94. På stasjon L1 og L2 i utløpet av Glomma var det ikke noen signifikant forskjell for noen av de andre metalleme, mens det var signifikant lavere konsentrasjoner av jern og titan på de øvrige stasjoner (L6, L8 og L15), men saltholdigheten var også signifikant høyere. Høyere naturlig leirkonsentrasjon i de milde vintrene 1990-91, gjenspeilt i høyere ferskvannandel på stasjonene, gir også høyere konsentrasjoner av jern og titan. Den store konsentrasjonsforskjellen er således her i betydelig grad knyttet til variasjoner i ferskvannstilførsel og klima.

For å se på eventuelle konsentrasjoner av jern og titan i området som skyldes andre enn naturlige kilder (f.eks. utslipp), kan disse beregnes ut fra den "ekstra" konsentrasjon som vil være gitt i forhold til aluminium. Ettersom konsentrasjonen av aluminium er avhengig av tilførsel av leirpartikler, samt sedimentasjon i sjøvannet, vil en "ekstra" konsentrasjon være den del av jern og titan som overskrider leirfraksjonen knyttet til aluminium.

For å beregne konsentrasjoner av "ekstra" jern og titan er det minste oppmålte forholdstallet i Glomma (stasjon L1) valgt for sommer respektive vinterobservasjoner. Overkonsentrasjonen på hver stasjon er deretter beregnet som: Observerte metallkonsentrasjon - a/b*observerte aluminiumkonsentrasjon, hvor a/b er det observerte minimumsforholdet. Tabell 12 viser de forholdstall som er brukt for å beregne "ekstra" jern og titan.

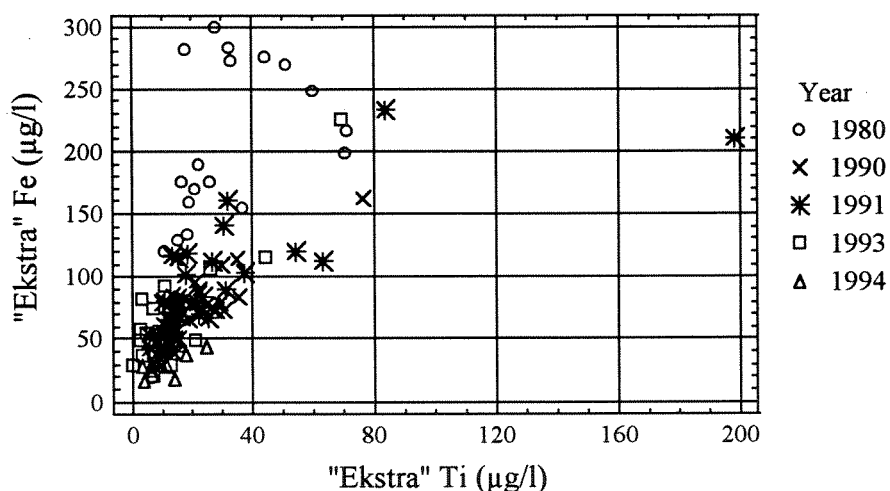
Tabell 12. Forholdstall (vekt) Fe/Al og Ti/Al (maks., min., st.av. og antall observasjoner), sommer og vinter i overflatevann fra stasjon L1. Tall fra de skyggede ruter er brukt for beregning av "ekstra" jern og titan for samtlige data i alle perioder.

Periode	Fe/Al				Ti/Al			
	Maks.	Min.	st.av.	ant. obs	Maks.	Min.	st.av	ant. obs
1980	0.91	0.52	0.20	4	0.0730	0.038	0.0150	4
1986-87	0.74	0.48	0.10	5	0.0519	0.0397	0.0047	5
1993-94	0.72	0.56	0.05	9	0.0678	0.0242	0.0140	8
Vinter								
1993-94	0.565	0.457	0.036	7	0.0419	0.0320	0.0030	

Samtlige observasjoner av beregnet "ekstra" partikulært jern og titan er presentert i figur 18 og 19 for sommerperioden. Figur 18 viser at de høyeste "ekstra" konsentrasjonene av jern ble observert i 1980, mens det også ble observert store konsentrasjoner av "ekstra" titan ved et par tilfeller i 1990-94. Mens de største jernkonsentrasjonene ble observert på samtlige stasjoner i 1980 ble de bare observert på stasjon L2 og L6 i 1990-94 (figur 19). Tilsvarende, men i betydelig mindre grad gjaldt for titan.

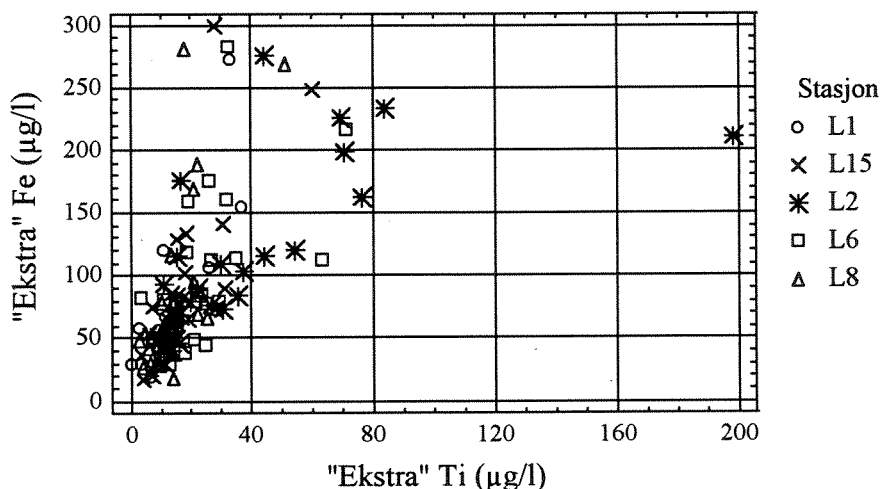
Regresjonanalyse av "ekstra" jern og "ekstra" titan for 1980 sammenlignet med 1990/91-1993/94 gir noe lavere forholdstall i den senere perioden, men konstantleddet var signifikant høyere i 1980. Den relative forandringen fra 1980 var således at utslipp av jern har avtatt i større grad enn titan. Analysen tyder på en jernreduksjon på ca. 60 %. Således har jernkonsentrasjonen avtatt mer enn titankonsentrasjonen fra 1980 til 1990-tallet, samtidig som figur 18 og 19 viser at konsentrasjonen av begge metallene har avtatt.

Overflatevann 1980, 1990/91 og 1993/94 (mai-sep.)



Figur 18. Beregnede konsentrasjoner av "ekstra" jern og titan ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann (mai - sep.) fra Hvaler fra ulike år -alle stasjoner.

Overflatevann 1980, 1990/91 og 1993/94 (mai-sep.)



Figur 19. Beregnede konsentrasjoner av "ekstra" jern og titan ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann (mai - sep.) fra Hvaler fra ulike stasjoner - alle år.

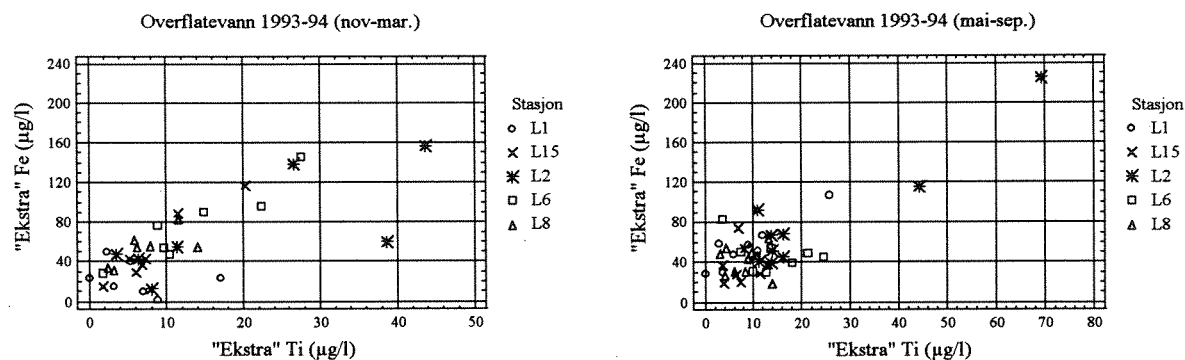
Det er gjennomført en statistisk variansanalyse av forskjellene mellom periodene av "ekstra" jern og titan (ANOVA) stasjonsvis også prøvd med saltholdighet som covariat, samt test av medianverdiene (ikke parametriske test). Forenklete tabeller (tabell 22-27) er vist i vedlegg. For sommerperioden 1980, 1990/91 og 1993/94 avtar konsentrasjonen av "ekstra" jern signifikant for alle stasjoner fra 1980 til 1990-tallet (ANOVA), mens mediantestet ikke viser noen signifikant forskjell for stasjon L1. For de øvrige stasjoner avtok konsentrasjonen signifikant fra 1980 til 1990-94, uansett testmetode.

For "ekstra" titan var det ingen signifikant nedgang fra 1980-94 på stasjon L1 ved mediantesten men en nedgang i 1993-94 sammenlignet med 1980. Ved stasjon L2 ga mediantesten signifikant lavere konsentrasjoner i 1993/94 enn i 1986-87 og 1990-91. For de øvrige stasjonene var forholdene omtrent som for "ekstra" jern, men ikke like klart i 1990-91 som i 1993-94.

Mens "ekstra" jern således har avtatt signifikant på samtlige stasjoner, inklusive stasjon L2, som ligger straks nedstrøms utslippet til Kronos Titan, var det ikke noen tilsvarende klar signifikant reduksjon på denne stasjonen av "ekstra" titan. Derimot viste de øvrige stasjoner samme utvikling som for jern. På tross av en generelt avtakende konsentrasjon har enkelte observasjoner med overkonsentrasjoner av titan bidratt til at den positive utviklingen som synes å ha skjedd for jern ikke er like entydig for titan.

Forskjeller mellom stasjoner.

For samtlige stasjoner finnes observasjoner av metaller fra 1993-94 (vinter og sommer). Figur 20 viser konsentrasjonen av "ekstra" jern og titan vinter og sommer. Både vinter og sommerobservasjonene viser at enkelte observasjoner ligger klart høyere for de to metallene på stasjon L2 og tildels stasjon L6, nedstrøms utslippet til Kronos Titan. Ved noen av observasjonene var vannføringen stor, slik at de høyere konsentrasjonene muligens kan forklares ved erosjon av sedimenter, men dette gjelder ikke for vinterverdiene, hvor det er mer sannsynlig at dette skyldes utslipp fra Kronos Titan.

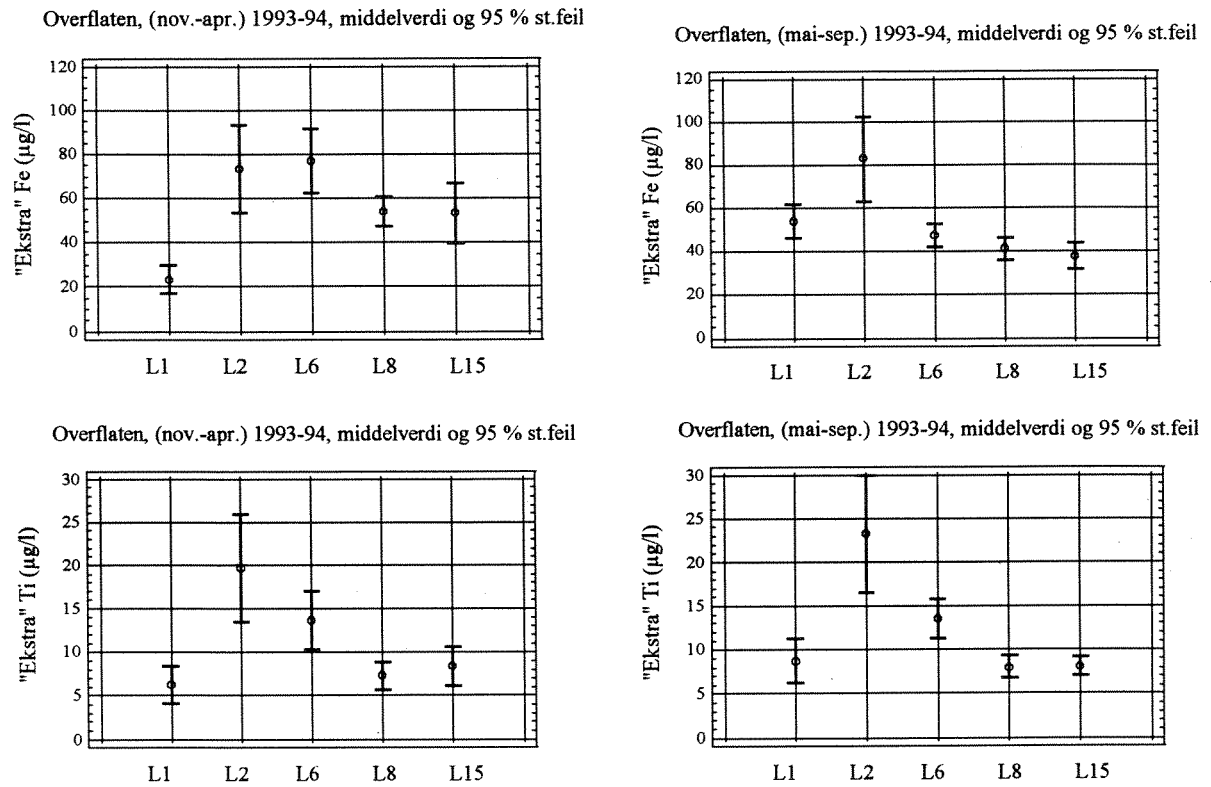


Figur 20. "Ekstra" jern og titan i overflatevann på ulike stasjoner i Hvaler vinter og sommer 1993-94.

For å se på signifikant forskjell mellom stasjonene i 1993-94 er det foretatt en variansanalyse (ANOVA) og multipel range test med 95 % LSD intervall. Resultatene er presentert som middelverdier og 95 % konfidensintervall i figur 21 for "ekstra" jern og titan vinter resp. sommer.

For "ekstra" jern var den midlere konsentrasjonen signifikant høyere på stasjon L2, sammenlignet med stasjon L1 (Glomma i Fredrikstad) både sommer og vinter, men i sommerperioden var konsentrasjonen ved L2 også signifikant høyere enn ved de nedstrøms liggende stasjonene. For "ekstra" titan var forskjellen den samme som for jern, men både vinter og sommer hadde de øvrige stasjoner signifikant lavere konsentrasjoner enn L2. Overkonsentrasjonen ved stasjon L2 skyldes trolig utslipp fra Kronos Titan, men en medvirkende faktor kan tidvis også være erosjon av forurensede sedimenter i Glomma. I

snitt økte konsentrasjonen av "ekstra" jern fra stasjon L1 til L2 ca. 3 ggr. vinterstid og ca. 1.5 ggr. sommerstid, mens økningen for "ekstra" titan var ca. 3 resp. 2.5 ggr.



Figur 21. "Ekstra" jern og titan sommer og vinter 1993-94 på ulike stasjoner.

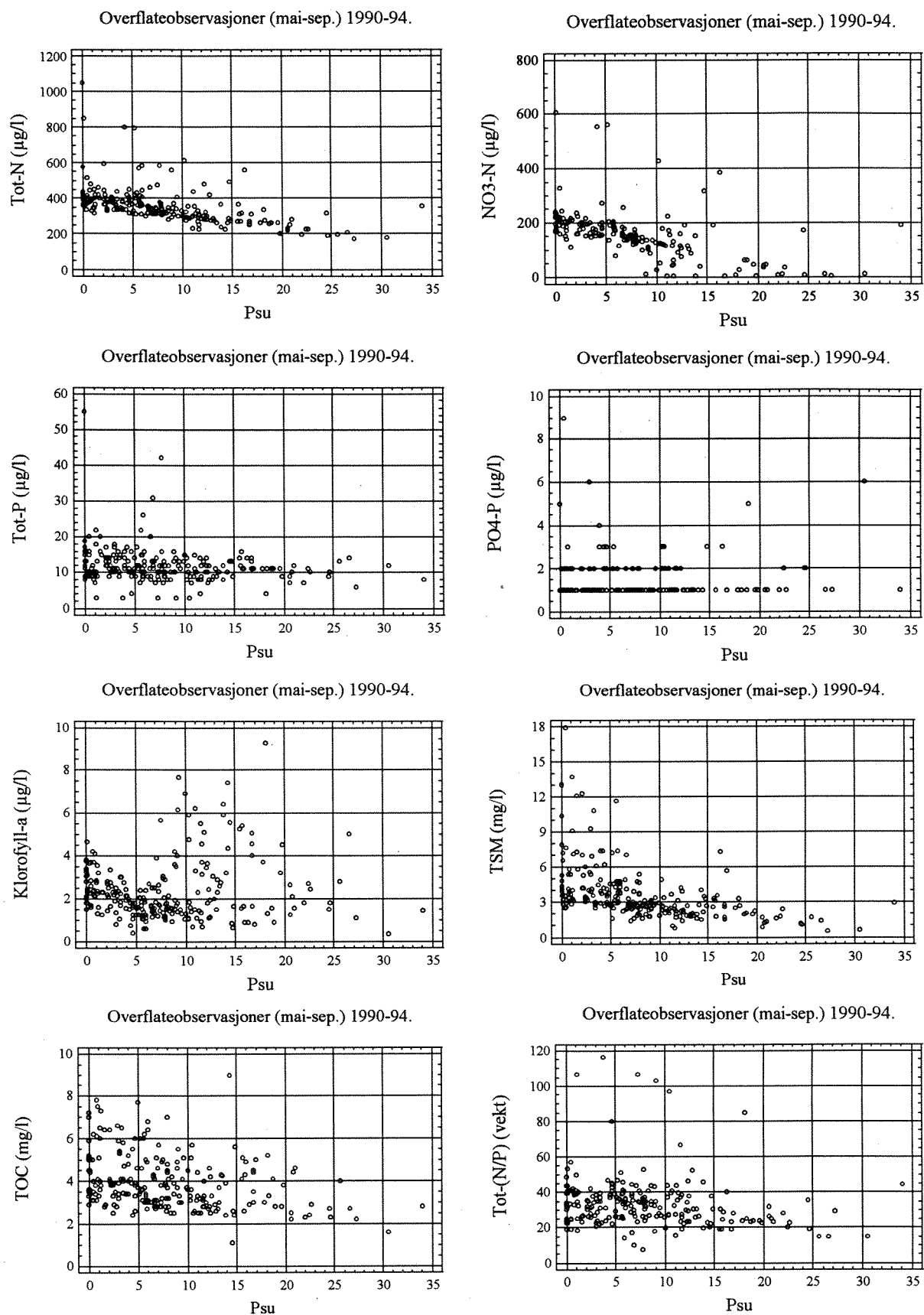
3.4. Generelle forhold - næringsalter, planteplanktonbiomasse, organisk stoff og partikler.

Figur 21 og 22 viser overflateobservasjoner av ulike variable plottet mot saltholdighet (psu) for sommer (mai-september) og vinter (november-mars) i 1990/91 og 1993-94 (bare observasjoner fra Hvaler/Singlefjorden). Både sommer og vinterobservasjonene viser avtakende konsentrasjoner med økende saltholdighet for nitrogen, TSM og TOC. For fosfor er det derimot ikke noen klar gradient i sommerhalvåret, men vinterobservasjonene viser at fosfatkonsentrasjonen øker med saltholdigheten. Således vil N/P-forholdet avta med økende saltholdigheten både sommer og vinter, dels som følge av den store overkonsentrasjonen av nitrogen i ferskvannet, men vinterstid også som følge av at fosfatkonsentrasjonen øker med saltholdigheten. Samtidig viser konsentrasjonen av klorofyll-*a* at planteplanktonbiomassen først avtar noe (til 5-6 psu), for deretter å øke i intervallet 7-20 psu.

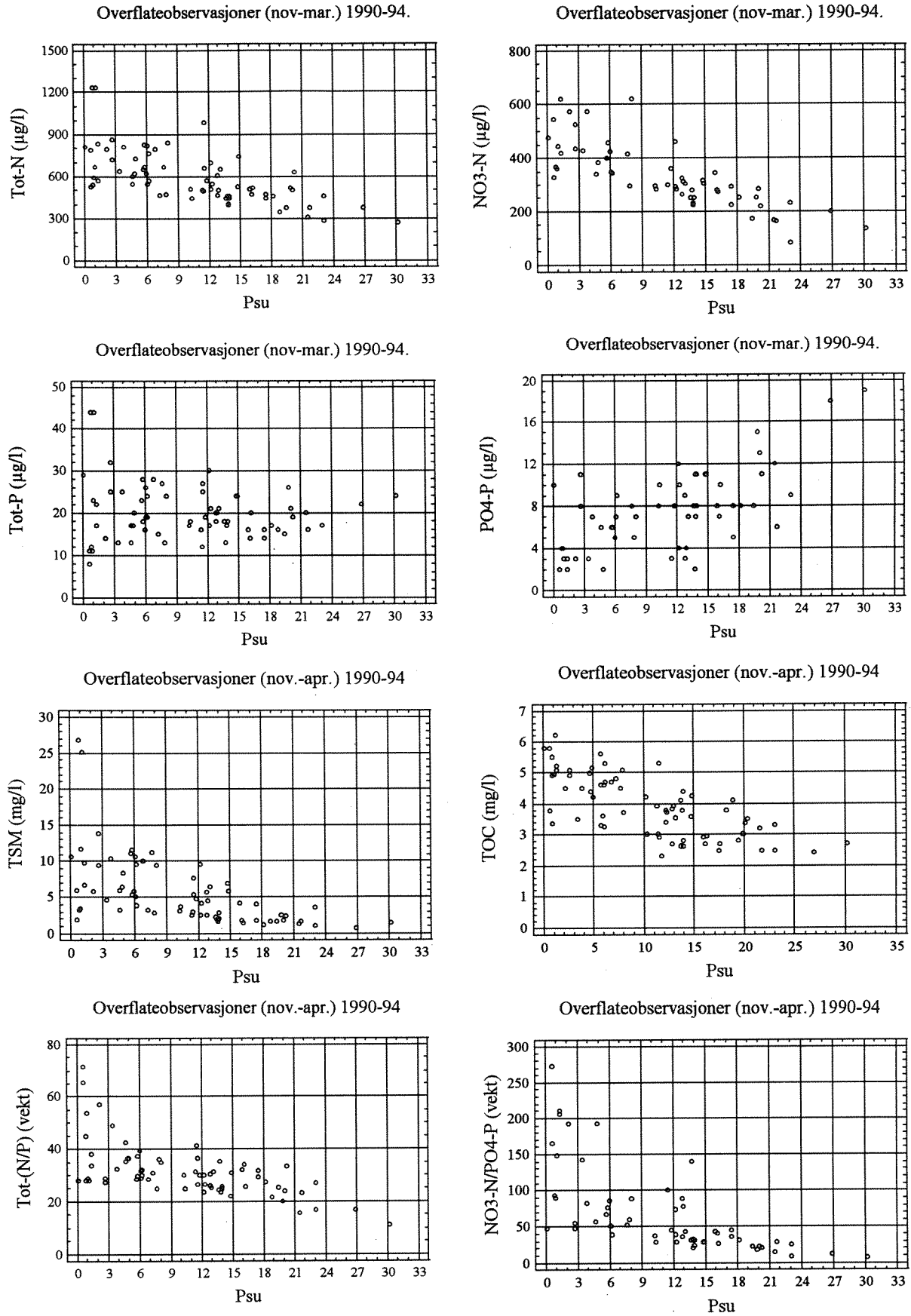
For vannmassene under overflatelaget øker fosfatkonsentrasjonen og nitratkonsentrasjonen avtar (fig. 23). N/P-forholdet avtar mot mer "normale" forhold. Samtidig er klorofyll-*a* omtrent like stor på 10 meters dyp som i overflaten, på tross av en i utgangspunktet sannsynligvis lysbegrenset planktonvekst (siktedypet er her bare mellom 2- 4 meter, fig. 23).

Forklaringen på observasjonene kan ses i sammenheng med den estuarine sirkulasjonen. I det utstrømmende nitrogenrike brakkvannet tilføres fosfat fra dypvannet i medrivningsprosessen. Planteplanktonet i Glommavann klarer ikke å forsette produksjonen når saltholdigheten øker (osmoseproblem). På grunn av kort oppholdstid klarer ikke brakkvannsarter å etablere seg, men når saltholdigheten øker kan marine arter vokse. Ettersom innblanding av fosfatrikere vann fra reaksjonsstrømmen øker, blir grunnlaget for planktonveksten gunstigere. Tidligere ble det observert spesielt store planteplanktonforekomster i brakkvannsfrontene (Magnusson og Skei, 1984). Ettersom fotosyntese-sonen i frontene er dypere, vil planteplanktonet her bli ført inn med reaksjonstrømmen i Hvalerområdet og derved forsynes området med plankton, på tross av liten og lysbegrenset produksjon i selve området.

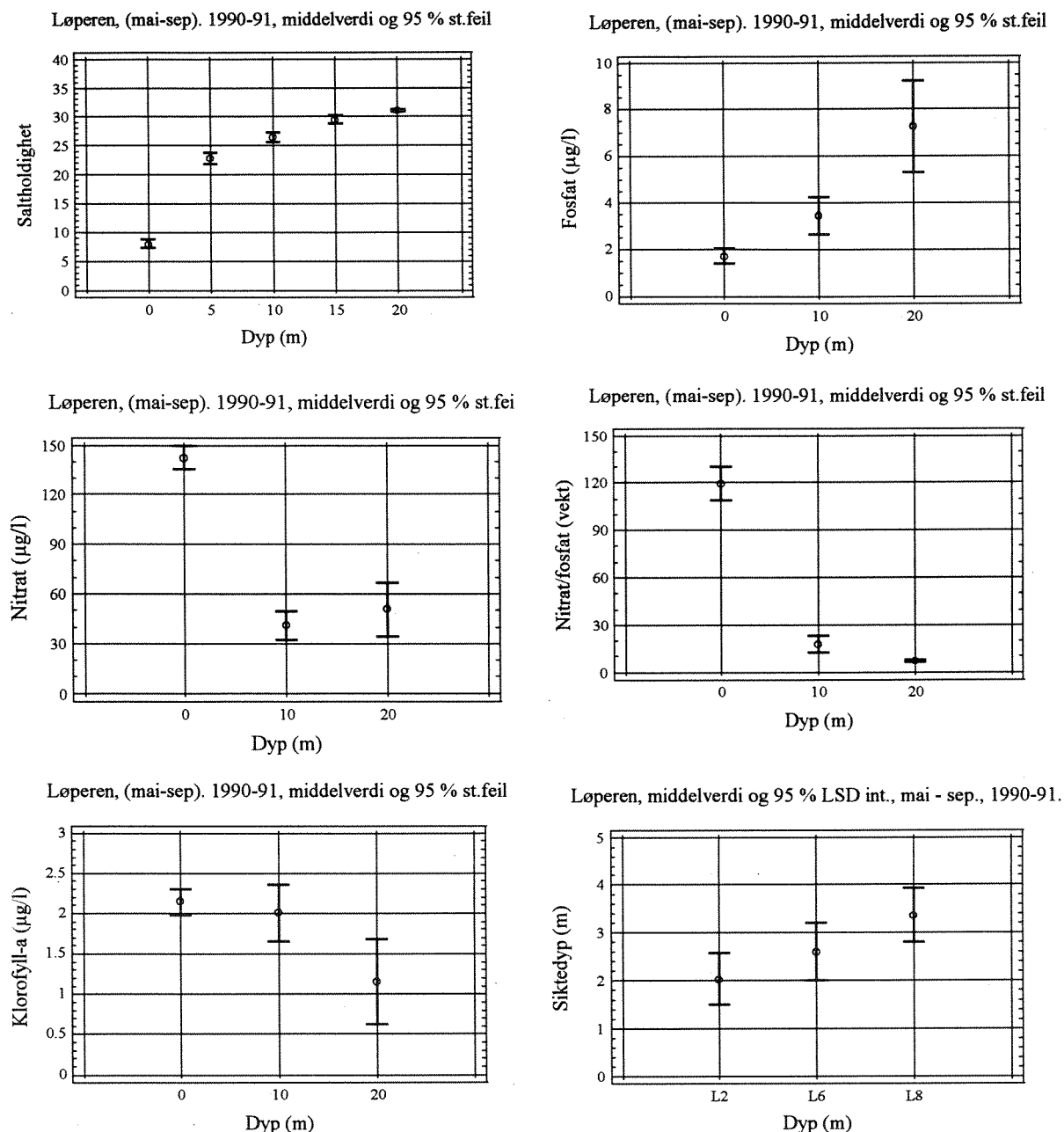
At nitratkonsentrasjonen avtar og til tider blir brukt opp må bero på at overflatelaget forsynes med relativt fosfatrikt vann. Avtakende nitratkonsentrasjon med økende saltholdighet i overflatevannet er således ikke bare en fortynningsprosess, men også et resultat av planteplanktonproduksjon. Derved vil planteplanktonproduksjonen kunne være fosforbegrenset ved lavere saltholdighet men gradvis vil fosforbegrensningen kunne avta i betydning.



Figur 21. Overflateobservasjoner i Hvaler/Singlefjorden, mai-september 1990-91 og 1993-94. Ulike variable plottet mot saltholdighet (psu).



Figur 22. Overflateobservasjoner (november-april) av ulike variable plottet mot saltholdighet (psu).

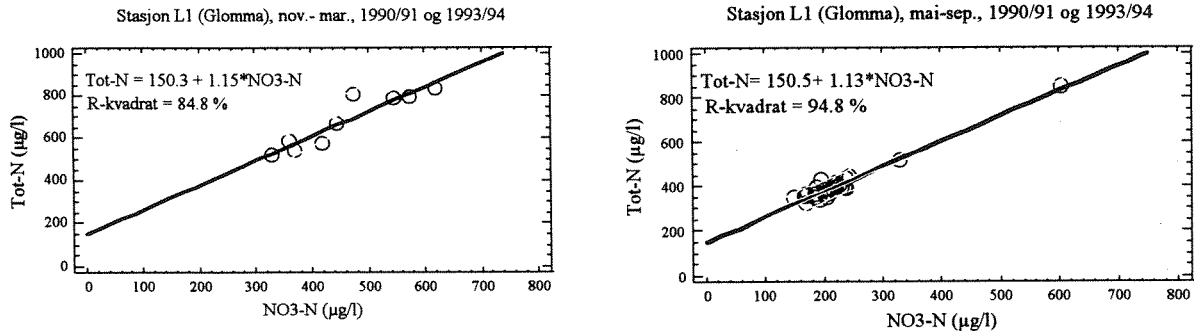


Figur 23. Observasjoner av saltholdighet (psu), fosfat, nitrat, nitrat/fosfat-forholdet, klorofyll-a og siktedyp i Løperen (L2, L6 og L8) mai-september 1990/91.

Av det nitrogen som tilføres med Glomma er ikke alt tot-N biotilgjengelig. Hvor mye som er potensielt tilgjengelig er uklart, med en sammenligning av tot-N og nitrat vinterstid kan indikere andelen biotilgjengelig nitrogen. Figur 24 viser regresjonsanalyse for tot-N og $\text{NO}_3\text{-N}$ for vinter og sommer på stasjon L1 i Glomma ved Fredrikstad. Mens vinteranalysen gir signifikante verdier på hellningskoeffisient og skjæringspunkt, er det bare hellningskoeffisienten som er signifikant for sommeranalysen. Det er ikke noen signifikant forskjell mellom hellningskoeffisient og skjæringspunkt vinter og sommer.

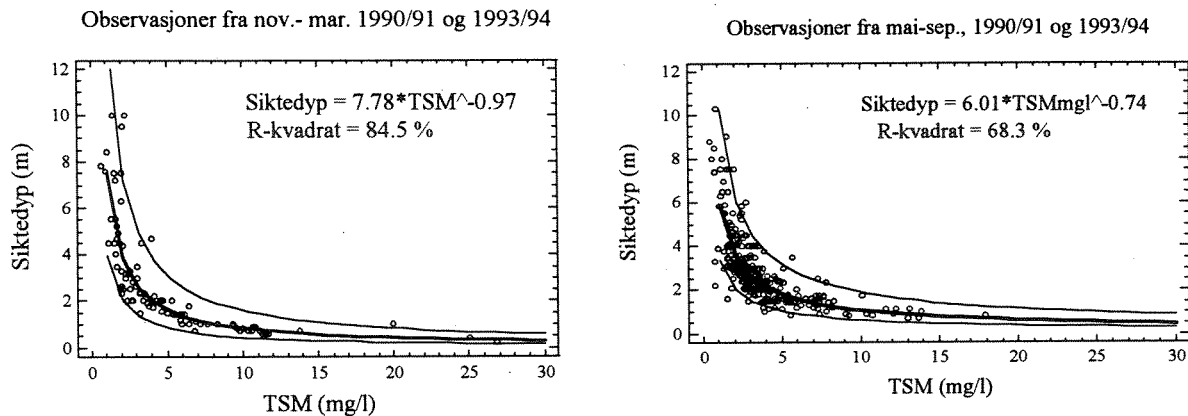
Den prosentuelle andelen nitrat sammenlignet med totalnitrogen skiller seg ikke mellom vinter og sommer. Den varierer mellom 70-75 %. Konsentrasjonsnivåene skiller seg med betydelig høyere konsentrasjoner av nitrogen vinterstid. Den gjennomsnittlige forskjellen mellom totalnitrogen og nitrat

var større vinterstid (ca. 40 µg/l), noe som kan indikere at mer biotilgjengelig nitrogen allikevel tilføres om sommeren, bundet i organisk materiale. Noe som kan underbygge dette er at det var et statistisk signifikant sammenheng mellom uorganisk nitrogen og DOC sommerstid, men ikke vinterstid.

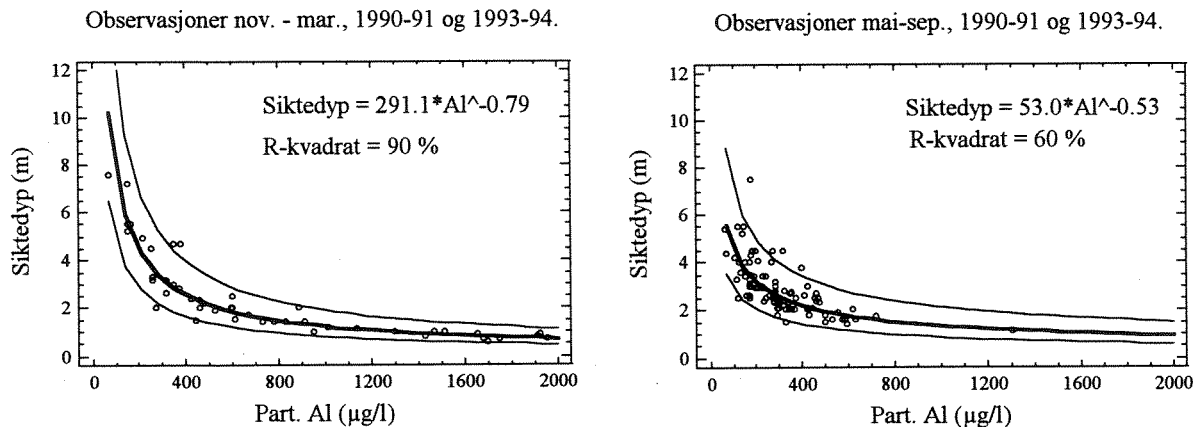


Figur 24. Regresjonsanalyse av tot-N og NO₃-N sommer og vinter, stasjon L1.

Siktedypet korrelerer med TSM i området (fig. 25), noe som viser at i hovedsak bestemmes siktedypet av partikler tilført området. Det var relativt liten forskjell mellom vinter og sommer, men noe bedre korrelasjon om vinteren. At det er i hovedsak leirpartikler som påvirker siktedypet viser figur 26, hvor partikulært aluminium, som i hovedsak er bundet i erodert leire, viser et signifikant sammenheng med siktedyp ($p < 0.001$). Analysen viser også bedre korrelasjon vinterstid enn sommerstid. Årsaken til dette er at siktedypet sommerstid også påvirkes av planteplanktonbiomassen.



Figur 25. Siktedyp og TSM. Regresjonsanalyse for vinter og sommer 1990/91 og 1993/94.



Figur 26. Regresjonsanalyse mellom siktedyp og part. aluminium, vinter og sommer 1990/91 og 1993/94.

3.5 Fjernmåling.

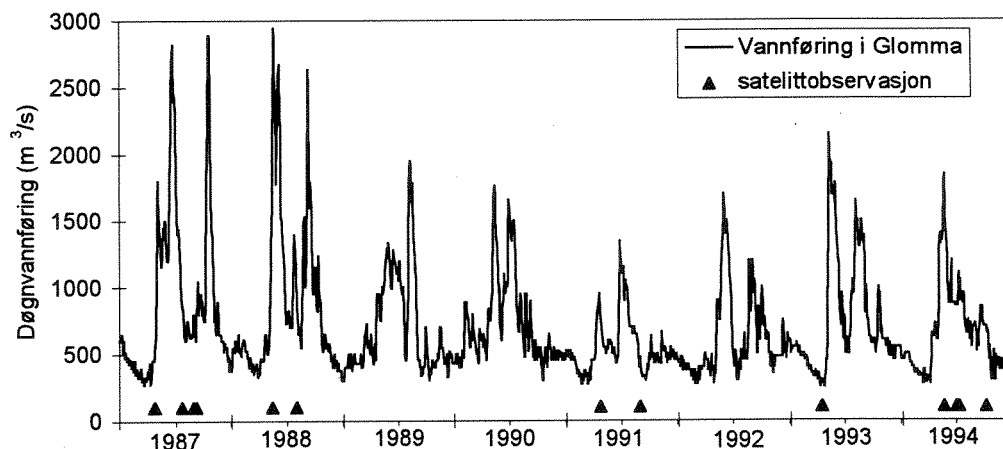
3.5.1 Satellittobservasjoner og måleusikkerhet.

En sammenstilling over satellittobservasjonene er gjengitt i tabell 13, sammen med vannføring og vindforholdene fra Færder Fyr. Figur 27 viser hvordan satellittobservasjonene fordeler seg i forhold til vannføringen i Glomma. Situasjonene dekker vannføringer fra typiske vintersituasjoner (f. eks. 9.4.93), tidlige lavlandsflommer (f.eks. 25.4.87) med tildels mye partikkeltransport, situasjoner med stor vannføring og betydelig partikkeltransport og sommersituasjoner med normale og lave vannføringer. Alle satellittobservasjonene med beregnet siktedyp og temperatur er gjengitt i vedlegg.

Tabell 13. Satellittobservasjoner, vannføring i Glomma samt vindforholdene ved Ferder Fyr.

Satellitt-observasjoner		Vannføring i Glomma (m ³ /s)			Vindforhold på dagen		Vindforhold 1 døgn før	
Nr.	Dato	Dagens	1 uke før	10 dager før	Retning	m/s	Retning	m/s
1	25.04.87	468	461	535	N-S	2 - 4	SV-N	1 - 5
2	23.07.87	1045	945	1246	S-SV	4 - 5	V-SV	2 - 6
3	31.08.87	747	780	800	N-SV	12 - 3	N-SV	2 - 6
4	09.09.87	717	777	849	SV	8 - 10	SV	4 - 11
5	13.05.88	1494	1290	2058	NE	4 - 6	N-NE	4 - 6
6	01.08.88	1108	1170	913	SV	8	SV	14 - 10
7	20.04.91	891	883	800	N	5 - 3	N	2 - 7
8	26.08.91	479	515	475	N	1 - 5	N	4 - 7
9	09.04.93	282	281	300	N	3 - 4	N	9 - 5
10	14.05.94	1547	1488	1788	SV	2 - 8	Ø-SV	5
11	24.06.94	872	873	875	N-SV	5 - 7	SV-N	10 - 12
12	01.07.94	889	884	950	N-SV	3 - 2	SV-V	13 - 5
13	28.09.94 ¹⁾	700	705	700	V	10 - 11	VSV	12 - 15

1) Kalibreringsdata for siktedyp foreligger bare fra den 20.9.94.



Figur 27. Vannføring (m³/s) i Glomma og satellittobservasjonene.

Hver enkelt satellittscene er individuelt kalibrert både for siktedyp og temperatur. Temperaturkartene er kalibrert med bruk av en generell temperaturkalibrering (Sørensen og medarb., 1993) og en individuell temperaturkorreksjon til den aktuelle satellittobservasjon. Usikkerheten er lik for hele temperaturskalaen og er uttrykt ved de temperaturintervallene/ klasser som fremgår av bildene (vedlegg).

Siktedypet er kalibrert med bruk av observasjoner fra samme dag bortsett fra en situasjon (20.9.94). Korrelasjonene for hvert tokt er benyttet til å beregne siktedypene i hele bildet. Differensen (middel, standardavvik og medianverdi) mellom beregnet og observert siktedyp i kalibreringspunktene er vist i tabell 14.

Det stasjons- eller områdevis avvik er vist i tabell 15. Det er små avvik i stasjonene nærmest Glommas utløp, og den midlere avviket og standardavviket øker med avstanden fra Glomma og er størst i Singlefjorden.

Tabell 14. Differansen mellom beregnet og observert siktedyp for satellitt-observasjonsdagen.

Satellittobservasjon		Ant. Obs.	Beregnet siktedyp - observert siktedyp (m)		
Nr	Dato	N	Middelverdi	Standardavvik	Medianverdi
1	25/04/87	10	-0.04	1.65	-0.08
2	23/07/87	13	-0.02	0.62	0.11
3	01/09/87	11	-0.04	1.14	-0.07
4	09/09/87	10	0.08	0.95	0.04
5	13/05/88	25	-0.02	1.17	-0.01
6	01/08/88	17	-0.08	0.71	0.05
7	20/04/91	10	-0.09	0.43	0.02
8	26/08/91	4	0	0.16	0.05
9	09/04/93	14	-0.5	1.79	0.03
10	14/05/94	18	-0.06	0.36	-0.05
11	24/06/94	4	-0.02	0.39	0.11
12	01/07/94	18	-0.11	1.13	-0.04
13	28/09/94	15	-0.54	1.81	0.12

Tabell 15. Differansen mellom beregnet og observert siktedyp for alle stasjonene som inngår i undersøkelsen.

Stasjoner		Ant. Obs.	Beregnet siktedyp - observert siktedyp (m)		
Nr	St	N	Middelverdi	Standardavvik	Medianverdi
1	L1	6	0.00	0.16	-0.01
2	L2	11	0.02	0.11	0.03
3	V14	5	0.07	0.11	0.01
4	L6	10	-0.02	0.17	0.00
5	L8	11	-0.12	0.24	0.00
6	L15	7	-0.24	0.37	-0.20
7	S9	7	0.24	1.11	0.08
8	S5	6	0.38	0.77	0.51
9	S6	9	-0.15	1.69	0.26

At de største feilene er i Singlefjorden, ser man også ut av det forholdet at man får de største avvikene områder med størst siktedyp, dvs. usikkerheten øker med økende siktedyp (tabell 16). I tabell 16 er det foretatt en inndeling av siktedypene i spesielle klasser som senere benyttes i selve satellittbildene. For

siktedyp mindre enn 2.0 m (klasse 1-4) er den midlere feilen ubetydelig, det samme gjelder for klasse 6 (2.5-3.5 m). Den noe større feil for klasse 5 (2-2.5 m) skyldes spesielt toktet den 28.9.94 for stasjoner i området rundt Singlefjorden og utløpet av Iddefjorden (Ringdalsfjorden). Dette kan ha sammenheng med at feltkontrollene avviker opp til en uke fra satellittobservasjonene og at dette fører til en større usikkerhet. Vannføringen i Glomma var uforandret i denne perioden så man skulle anta stabile forhold i Glommaområdet, men det kan ha foregått en forandring i partikkelmengden(plankton) i utløpet av Ringdalsfjorden og Singlefjorden. For de øvrige tokt er usikkerheten som for klasse 1-3.

For klasse 7 er det beregnede siktedypet i middel 0.3-0.4 m for stort, og dette skyldes spesielt områder hvor det enten er store mengder planteplankton eller som i Ringdalsfjorden med mye oppløst organisk karbon. Begge disse forhold gjør at man får betydelig større absorpsjon og et avvik fra sann verdi i beregningene. Derfor er det ikke presentert data fra Ringdalsfjorden i denne sammenheng, men området vil bli behandlet i forbindelse med undersøkelsene i Iddefjorden. For den største klassen (klasse 8) med siktedyp på mer enn 5 meter blir derfor også målingen mer usikre, fordi signalet som satellitten observerer begynner å bli for svake. Det er derfor ikke laget en inndeling i siktedypklasser for siktedyp over 5 meter.

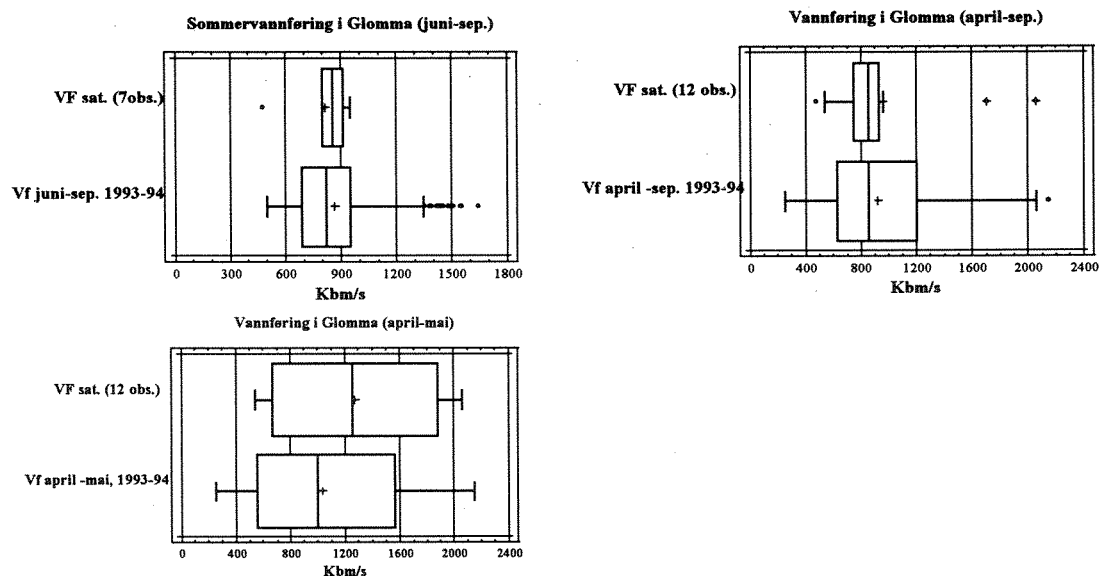
Tabell 16. Usikkerheten uttrykt som middelverdi, standardavvik og medianverdi av differansen mellom beregnet og observert siktedyp for de ulike siktedypklassene.

Siktedypsklasse Nr.	Intervall	Ant. obs.	Middel- verdi	Standard- avvik	Median verdi
1	< 0.5 m	5	0	0.03	0
2	0.5-1.0 m	24	-0.01	0.12	0.03
3	1.0-1.5 m	35	-0.13	0.39	-0.09
4	1.5-2.0 m	34	-0.16	0.54	-0.02
5	2.0-2.5 m	23	-0.56	1.54	-0.002
6	2.5-3.5 m	46	-0.12	1.05	0.06
7	3.5-5.0 m	26	0.35	1.29	0.18
8	> 5.0 m	23	1.84	3.13	1.1

3.5.2 Representativiteten til utvalget av satellittobservasjoner

Ettersom vannføringen i Glomma er den viktigste enkeltfaktor for spredning og fordeling av partikler i området, og derved for siktedypet, er muligheten for å se på representativiteten av satellittobservasjonene å sammenligne vannføringen samme dag (eller uke) med normal-vannføringen i Glomma for samme periode. Satellittobservasjonene er delt inn i tre ulike perioder (scenarier) med varierende vannføring og tidsrom.

Det første scenariet er et medianbilde av vårflomsituasjonen med observasjoner fra april og mai (1987, 1988, 1991 og 1994). Det andre scenariet er et medianbilde av 7 observasjoner fra juni til september fra 1987, 1988, 1991, 1993 og 1994. Det tredje scenariet er et medianbilde av 12 observasjoner i tidsrommet april - september fra 1987, 1988, 1991, 1994. For den situasjon som beskriver medianbildet (7 satellittobservasjoner i juni-september) er vannføringen omtrent lik medianvannføringen i Glomma 1993-94 i samme tidsrom (fig. 28). Således representerer satellittbildene en "normal" sommerperiode. Flomsituasjonen må også kunne sies å være representativ, mens det er en større variasjon for alle 12 situasjoner (april - september) sammenlignet med vannføringen 1993-94 for samme tidsrom (fig. 28).

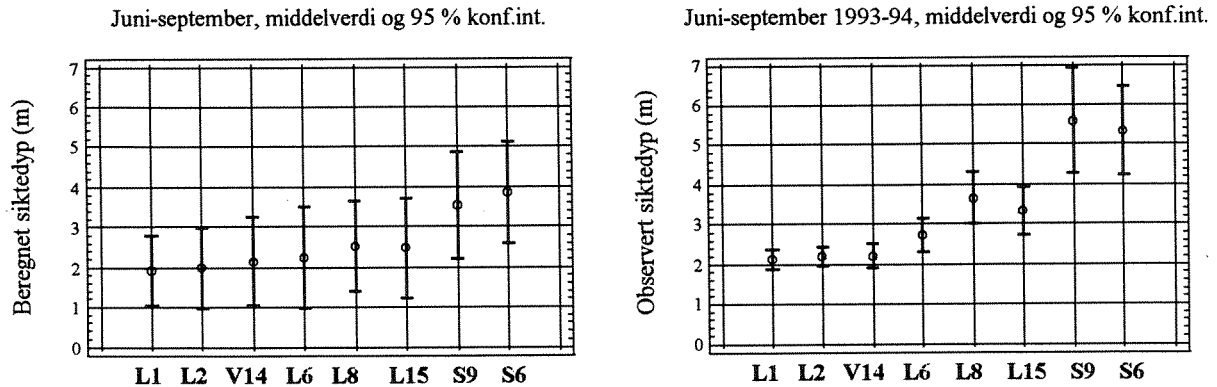


Figur 28. Vannføringene (m^3/s) juni-september i 1993-94, sammenlignet med døgnvannføringene for de ulike scenariene. (Den heltrukne linjen i boksene er medianverdi, krysset er middelverdi. Rektangelet dekker verdier fra nedre til øvre kvartil).

For de fleste områdene (Jfr kap. 3.5.1) er det relativt små forskjeller mellom beregnet siktedyp fra satellittdata, og observert siktedyp tatt samme dag som satellitt-observasjonen. Ved å sammenligne beregnet siktedyp og feltobservasjoner fra juni-september i 1993-94, hvor det foreligger flere observasjoner, vil representativiteten av satellitt-observasjonene kunne ses i relasjon til forholdene i 1993-94.

Figur 29 viser siktedyp for de ulike stasjonene i området, dels beregnet etter satellittbildene, dels fra feltobservasjoner juni-september 1993-94. I tabell 17 vises både middel- og medianverdiene. For stasjonene L1 - V14 er det ikke noen forskjell. Derimot er det en forskjell mellom de øvrige stasjonene for de to "observasjonsmetodene". Den er relativt liten for L6, men øker på de ytre stasjonene som f.eks.

S9. Dette får klare konsekvenser ved bruk av SFTs klassifiseringsystem på satellittdata, ved at stasjonene L6, L15, S9 og S6 havner i en tilstandsklasse dårligere enn ved feltobservasjonene i 1993-94. En forklaring på dette kan være at satellittobservasjonene også dekker flere situasjoner fra 1987 og 88.



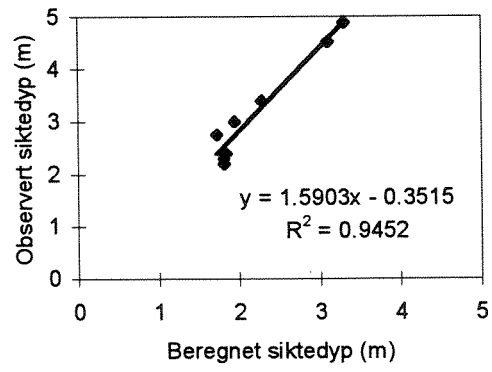
Figur 29. Beregnet siktedyp fra satellittobservasjoner (7 obs.) for hver stasjon og observert siktedyp for samme stasjoner juni-september 1993-94.

Tabell 17. Middell- og medianverdier av beregnet siktedyp fra satellittobservasjoner (7 obs. juni-september) og fra feltobservasjoner i samme periode.

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Beregnet siktedyp (m)			Observert siktedyp (m)			
	Median	Middel-verdi	St. feil	Median	Middel-verdi	St. feil	Antall obs.
L1	1.80	1.92	0.36	2.30	2.13	0.12	15
L2	1.81	1.97	0.41	2.20	2.19	0.11	15
V14	1.84	2.15	0.46	2.40	2.21	0.14	14
L6	1.72	2.23	0.52	2.70	2.71	0.2	16
L8	2.28	2.28	0.46	2.40	2.40	0.30	15
L15	1.94	2.47	0.51	3.00	3.32	0.27	14
S9	2.16	2.54	0.54	4.53	5.60	0.62	16
S6	2.30	2.84	0.52	4.90	5.35	0.53	16

Regresjonsanalyse mellom observerte siktedyp og beregnet siktedyp (fig. 30), viser at det er en god korrelasjon mellom medianverdiene for satellittobservasjonene og feltobservasjonene. For å "oversette" satellittobservasjonene til noe som kan sies å representere sommer-situasjonen 1993-94 skulle det være mulig å korrigere satellittobservasjonene. Denne omregningen er benyttet i kapittel 3.5.3.

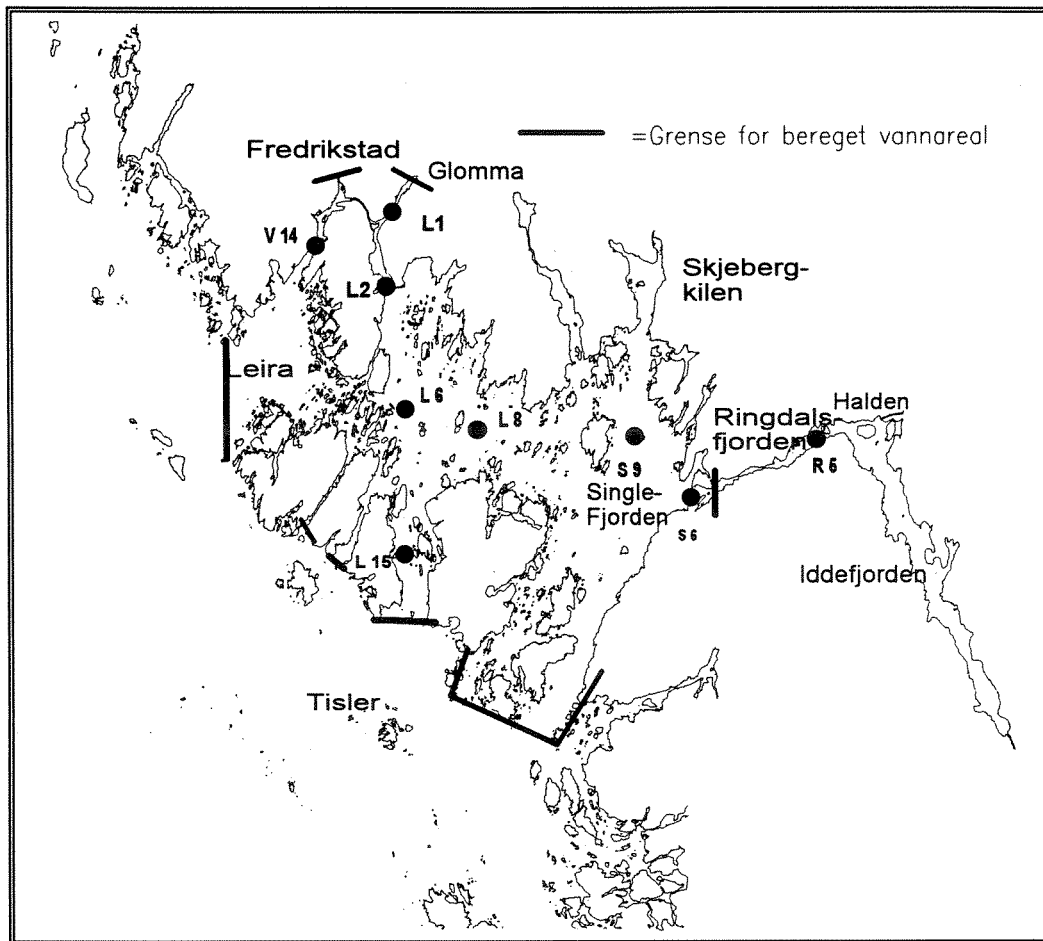


Figur 30. Medianverdi av beregnet siktedyp (m) på ulike stasjoner fra satellittobservasjoner og feltobservasjoner.

3.5.3 Beregning av arealdekningen av ulike siktedyp i Hvaler/Singlefjord -området.

Hensikten ved å bruke satellittdata har dels vært å kunne dekke et større område enn det som er mulig med feltobservasjoner og få frem en større detaljering av spesielt Glommavannets spredning. Først er det brukt data fra de reelt beregnede siktedyp direkte fra satellittbildene. Deretter er det gjennomført en beregning med korrigerende regresjonanalyse (fig. 30) for å "oversette" arealdekningen til sommersituasjonen 1993-94, som beskrevet i kap. 3.5.2.

Det aktuelle området er avgrenset til Fredrikstad bro i nord, utløpet av Ringdalfjorden i Øst, munningen av Løpern og Hvalerøyene i Syd og Leira i vest (grensene er angitt på figur 31). Totalarealet innen dette området er beregnet fra satellittbildene til 200 km² som samsvarer med eldre planimetringer (Magnusson og Skei, 1984). Arealet for hvert siktedypsintervall er beregnet som prosent dekning i forhold til det totale vannarealet (200 km²) for alle situasjonene og fremgår av tabell 18.



Figur 31. Oversikt over arealet benyttet for beregning av prosent dekning av siktedyp.

Tabell 18. Oversikt over arealdekingen (% av totale vannarealet) for ulike siktedypklasser innenfor Hvalerøyene for samtlige satellittobservasjonene.

Satellitt-observasjon		Prosent dekning for ulike siktedypsintervall (m) innenfor Hvalerøyene							
Nr	Dato	< 0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.5	3.5-5.0	> 5.0
1	25.4.87	0	29	28	18	12	12	0	0
2	23.7.87	0	6	18	45	28	3	0	0
3	31.8.87	0	7	19	16	16	25	15	2
4	9.9.87	0	1	8	32	33	25	0	0
5	13.5.88	11	55	16	9	3	4	2	0
6	1.8.88	3	35	18	20	16	7	0	0
7	20.4.91	17	42	22	16	3	0	0	0
8	26.8.91	0	0	1	1	2	8	40	48
9	9.4.93	0	5	14	12	7	11	14	38
10	14.5.94	1	18	58	21	1	0	0	0
11	24.6.94	0	1	3	9	22	50	15	0
12	1.7.94	0	5	8	36	19	32	0	0
13	28.9.94	0	3	33	58	7	0	0	0

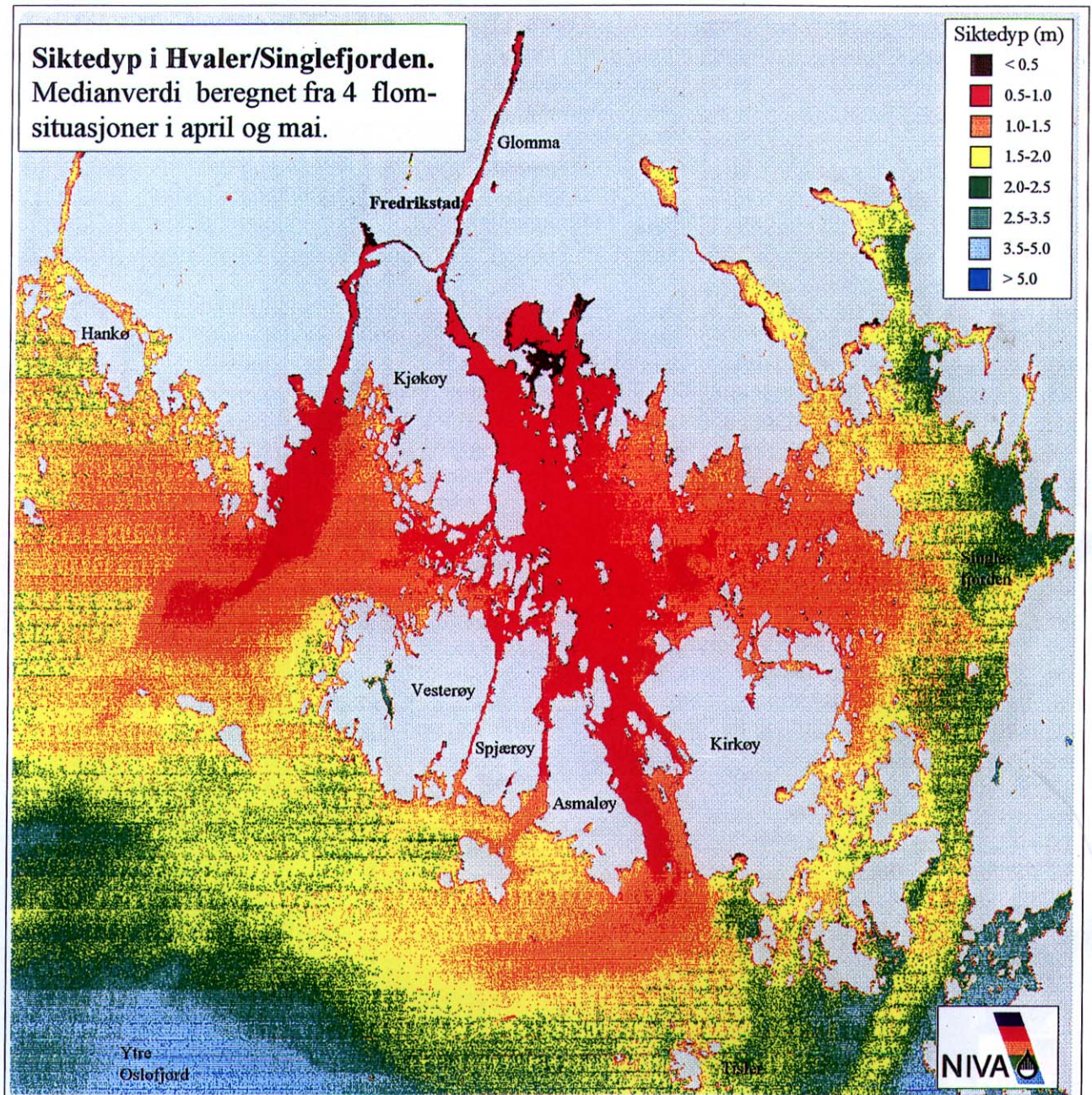
Det er stor variasjon fra flomsituasjoner hvor over 90 % av området har siktedyp mindre enn 2.5 meter og til mer typiske vintersituasjoner hvor mer enn 60 % har siktedyp større enn 2.5 meter. Dekningen innen den enkelte situasjon vil være sterkt preget av vannføring og vindforholdene under og forut for selve observasjonsdagen.

Forholdene under en typisk vårsituasjon er vist i figur 32. Figuren viser medianverdien for 4 situasjoner for månedene april og mai (Satellittobservasjon nr. 1, 5, 7 og 10, jfr. tabell 18). Mer enn 95 % av området har siktedyp mindre enn 2.5 meter, dvs dårligere enn SFT-klasse V. I selve Glomma og Løperen helt ut til munningen av Hvalerøyene og i vestre deler av Leira ligger siktedypet på mindre enn 1.0 m.

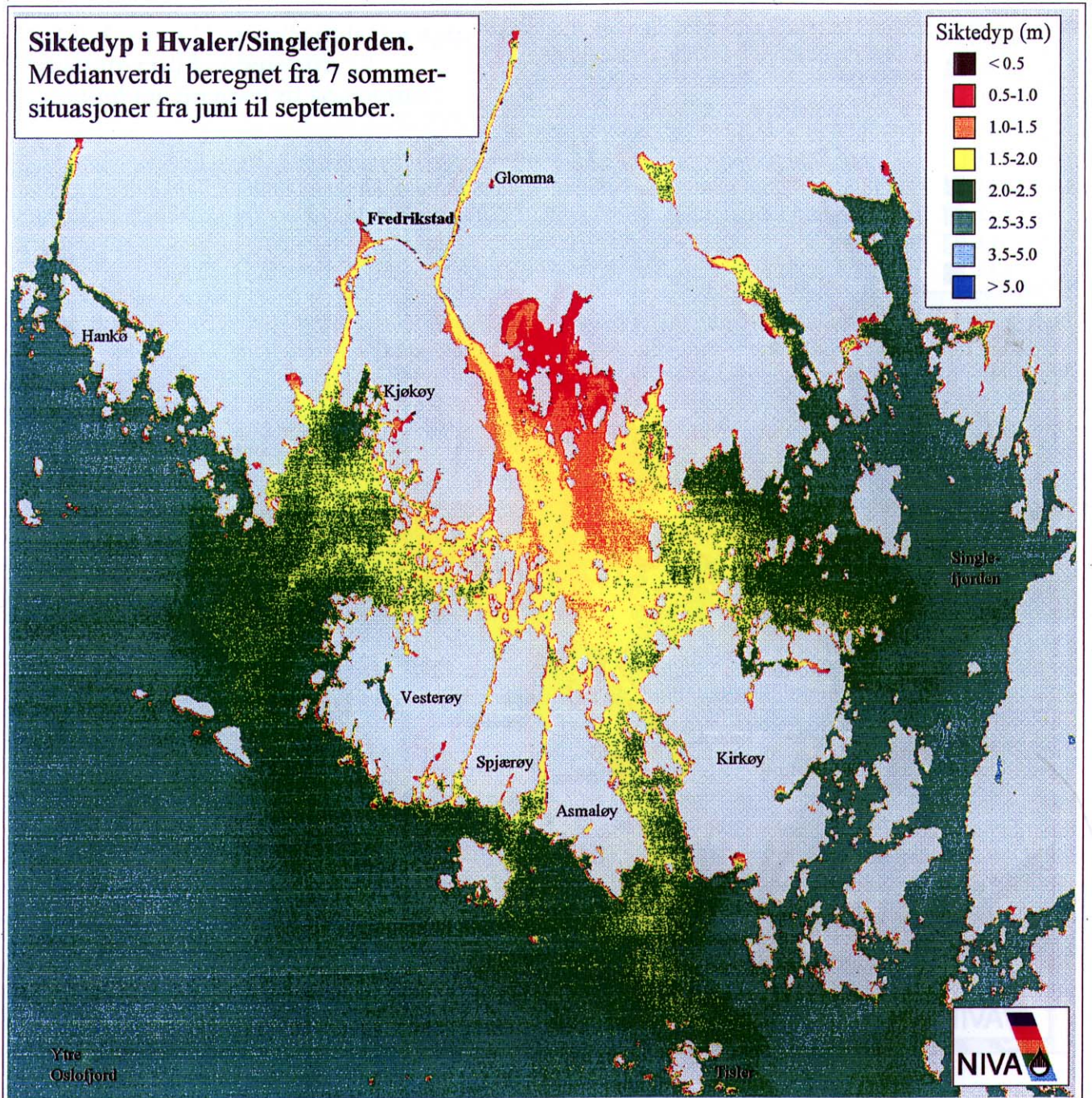
En typisk sommersituasjon er vist i figur 33 hvor satellittobservasjoner fra 7 situasjoner (Sat.obs. nr. 2, 3, 4, 6, 8, 11 og 12) fra månedene juni, juli, august og september er benyttet i beregningene. Store områder (ca. 70 %) har siktedyp mindre enn 2.5 meter, men sammenlignet med vårsituasjonen er det nå bare området i og rundt Øra som har mindre sikt enn 1 meter.

Medianbildet av alle situasjonene (12 av de 13 satellittobservasjonene, en typisk vintersituasjon nr 9 er utelatt) er vist i figur 34. Variasjonen uttrykt som standard-avviket av alle disse situasjonene er fremstilt i figur 35.

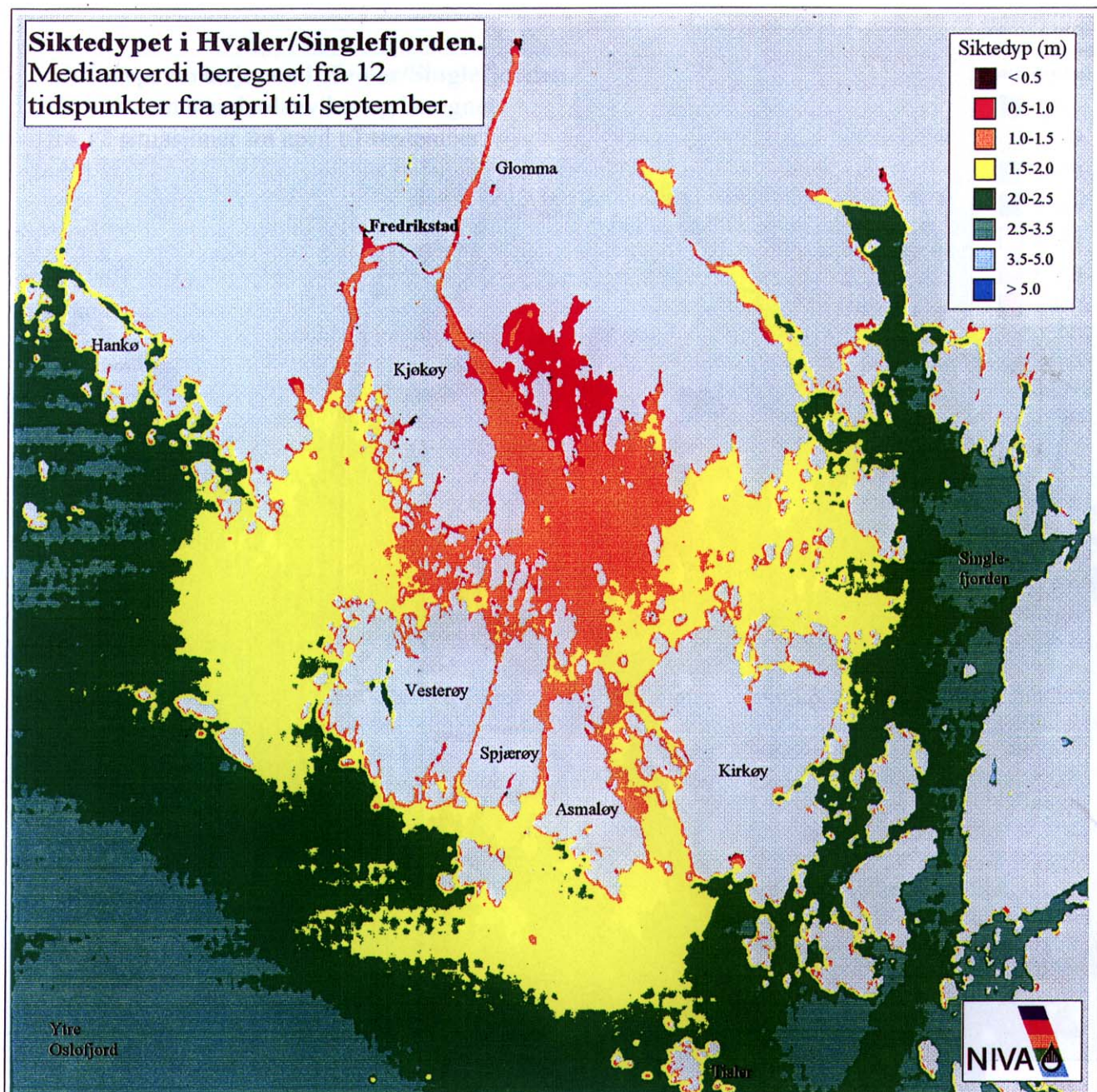
I Glommaområdet nærmest Øra varierte siktedypet minst (st.v. < 1.0 m), mens i Singlefjordområdet finner man den største variasjonen, st.av. på 1.5-2, og et mindre område med st. av. på 2-3 m.



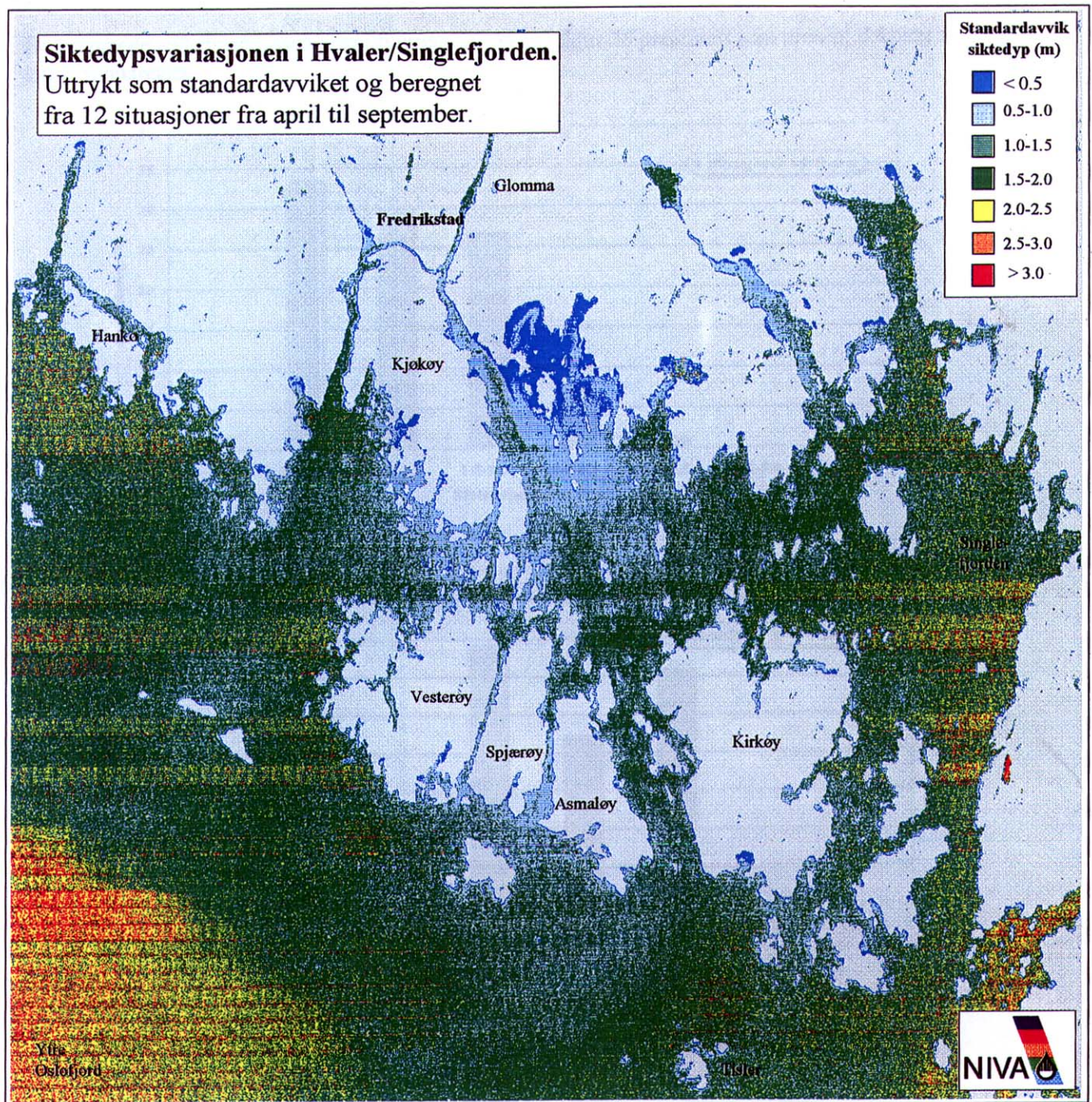
Figur 32. Satellittbilde over medianverdien for siktedypet i Hvalerområdet basert på 4 enkeltsituasjoner fra vår-månedene april og mai. (25. april 1987, 12. mai 1988, 20. april 1991 og 14. mai 1994).



Figur 33. Satellittbilde over medianverdien for siktedypet i Hvalerområdet basert på 7 enkeltsituasjoner i sommermånedene juni, juli, august og september. (23. juli 1987, 31. aug. 1987, 9. sep. 1987, 1. aug. 1988, 26. aug. 1991, 24. jun. 1994 og 1. jul. 1994.)

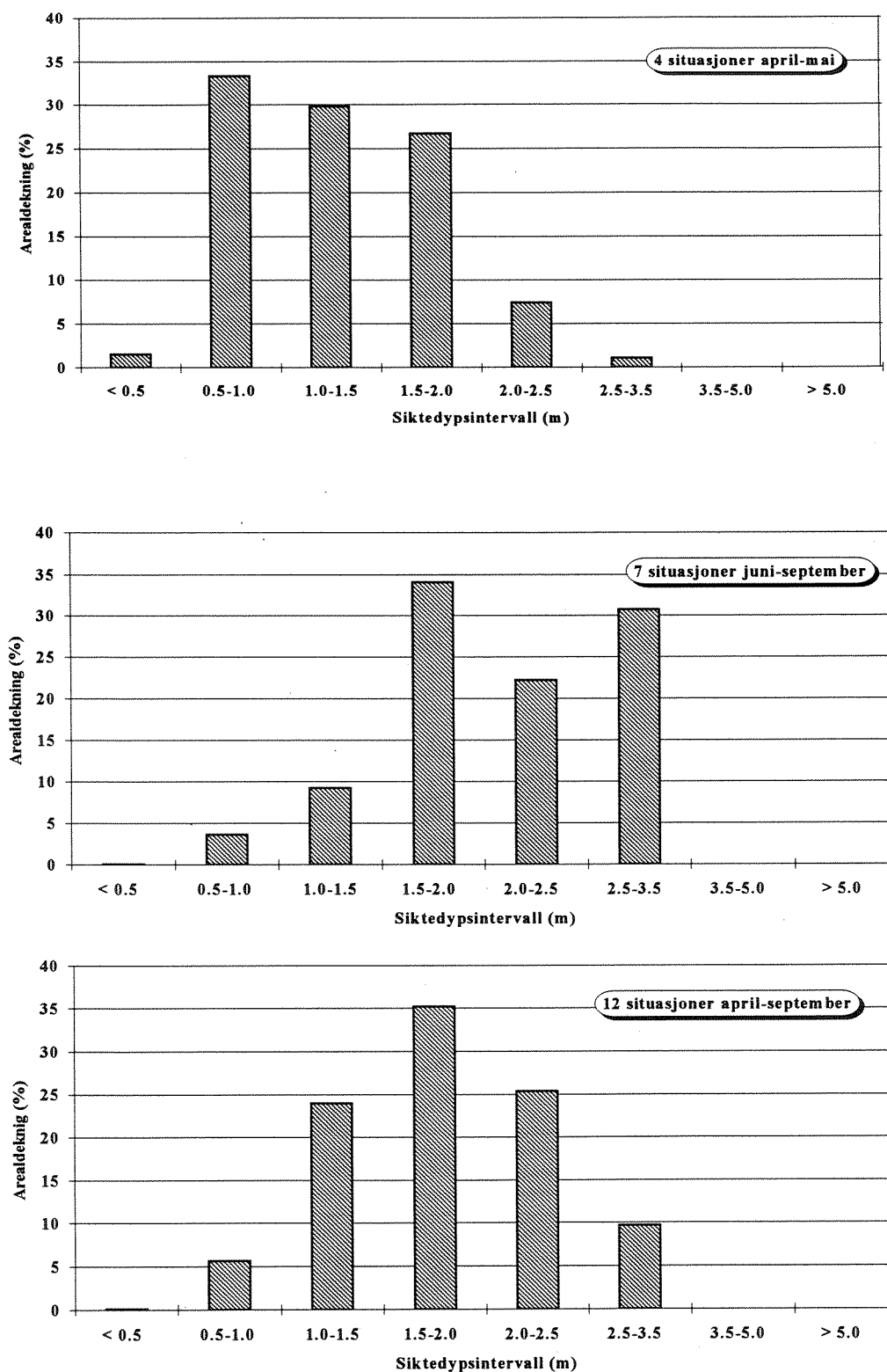


Figur 34. Satellittbilde over medianverdien for siktedypet i Hvalerområdet basert på 12 enkeltsituasjoner i sommermånedene april - september. (25.april 1987, 23. juli 1987, 31.aug. 1987, 9. sep. 1987, 13. mai 1987, 1. aug. 1988, 20. april 1991, 26. aug. 1991, 14. mai 1994, 24. jun. 1994, 1. jul. 1994 og 28.sep. 1994).



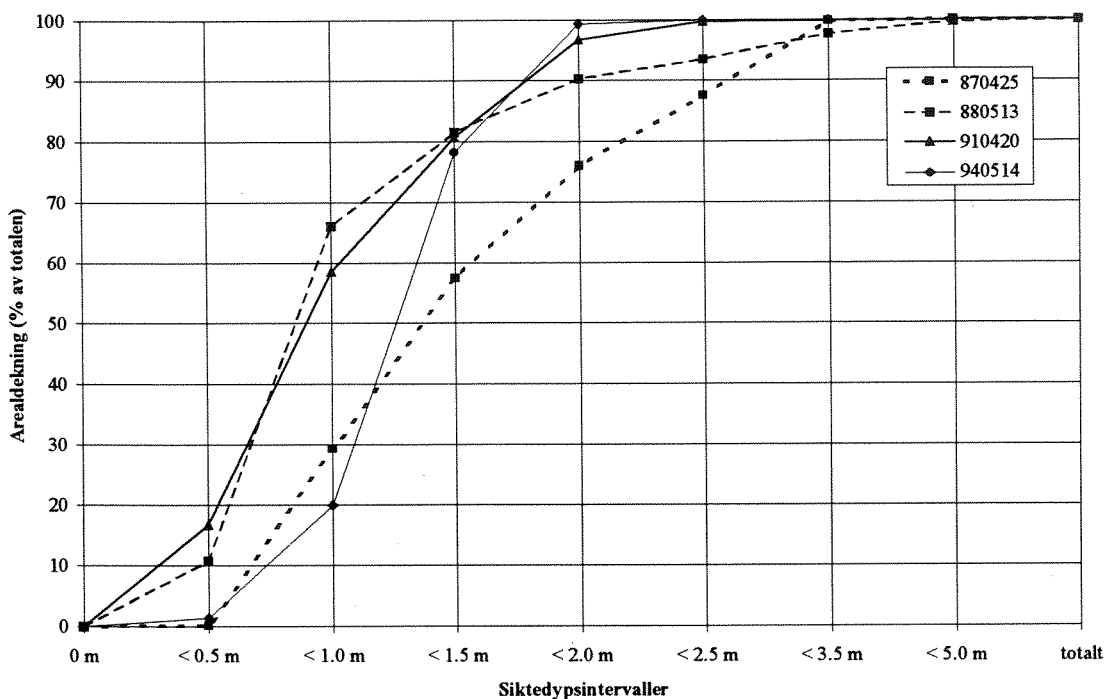
Figur 35. Satellittbilde som viser variasjonen (standardavviket) i siktedypet i Hvalerområdet basert på 12 enkeltsituasjoner i sommermånedene april - september.

De beregnede siktedypsklassen vist i figurene 32-34 er i figur 36 presentert som prosent dekning av det totale vannarealet.

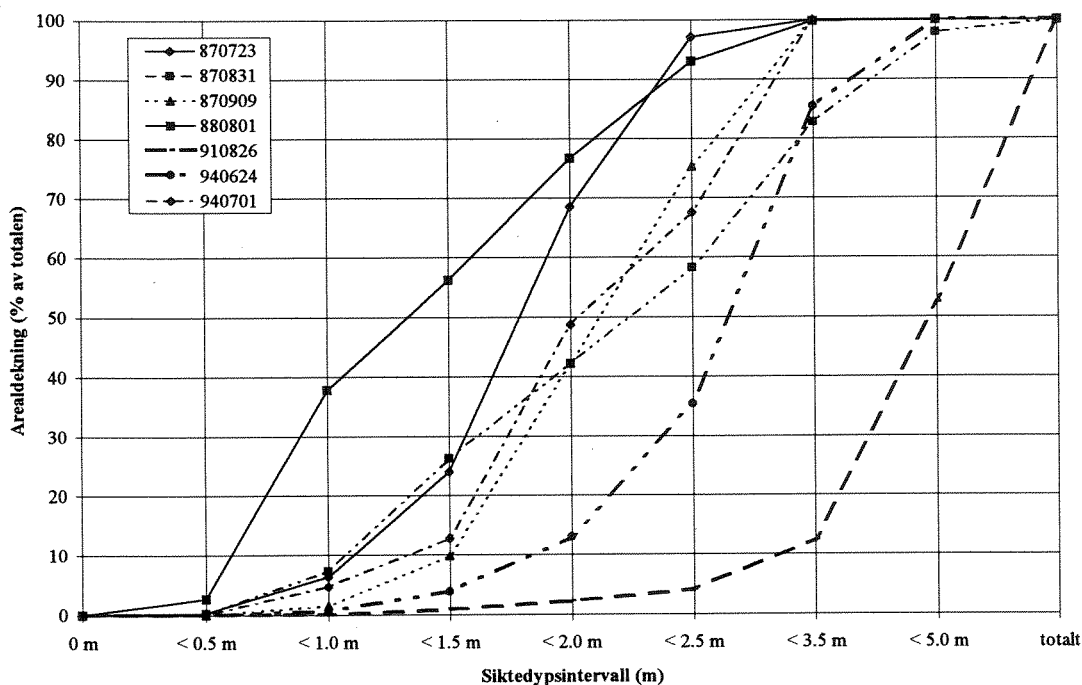


Figur 36. Arealdekningen (% av totalen på 200 km²) for ulike siktedypsintervaller innenfor Hvalerøyene (Jfr. arealgrenser i figur 31). Typisk vårflomsituasjon (øvre), sommersituasjon (midtre) og et middel over 12 situasjoner for ulike årstider (nedre).

En kumulativ fremstilling av arealdekningen for de ulike siktedypsklassene er vist i figur 37 for de 4 vårsituasjonene og figur 38 for de 7 sommersituasjonene. Under vårfloppen (lavlands-floppen) har fra 75-100 % av området innenfor Hvalerøyene sikt mindre enn 2.5 m. For sommerperioden er det store variasjoner, men i de fleste situasjoner var sikten mindre enn 2.5 meter i 40-70 % av området.

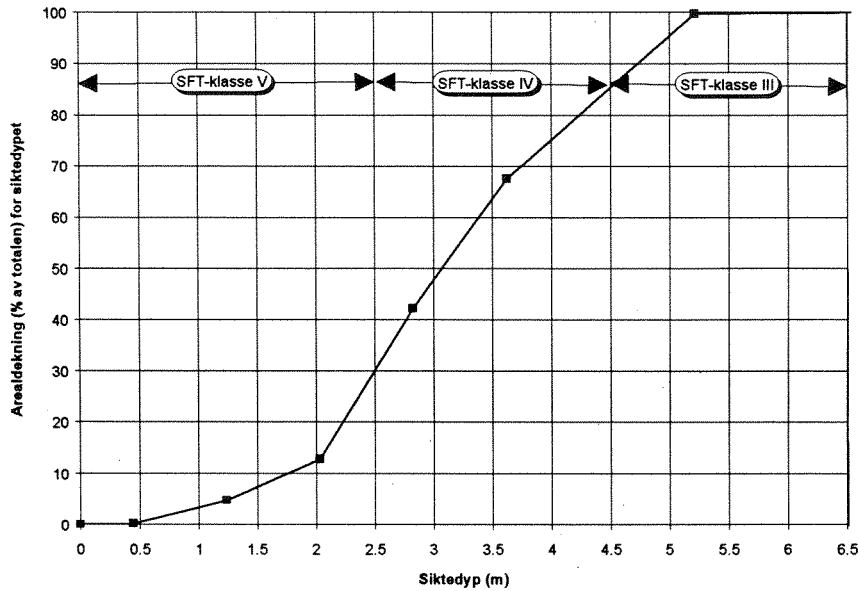


Figur 37. Arealdekning (kumulativ frekvensfordeling) for siktedyp i området for 4 situasjoner under flom.



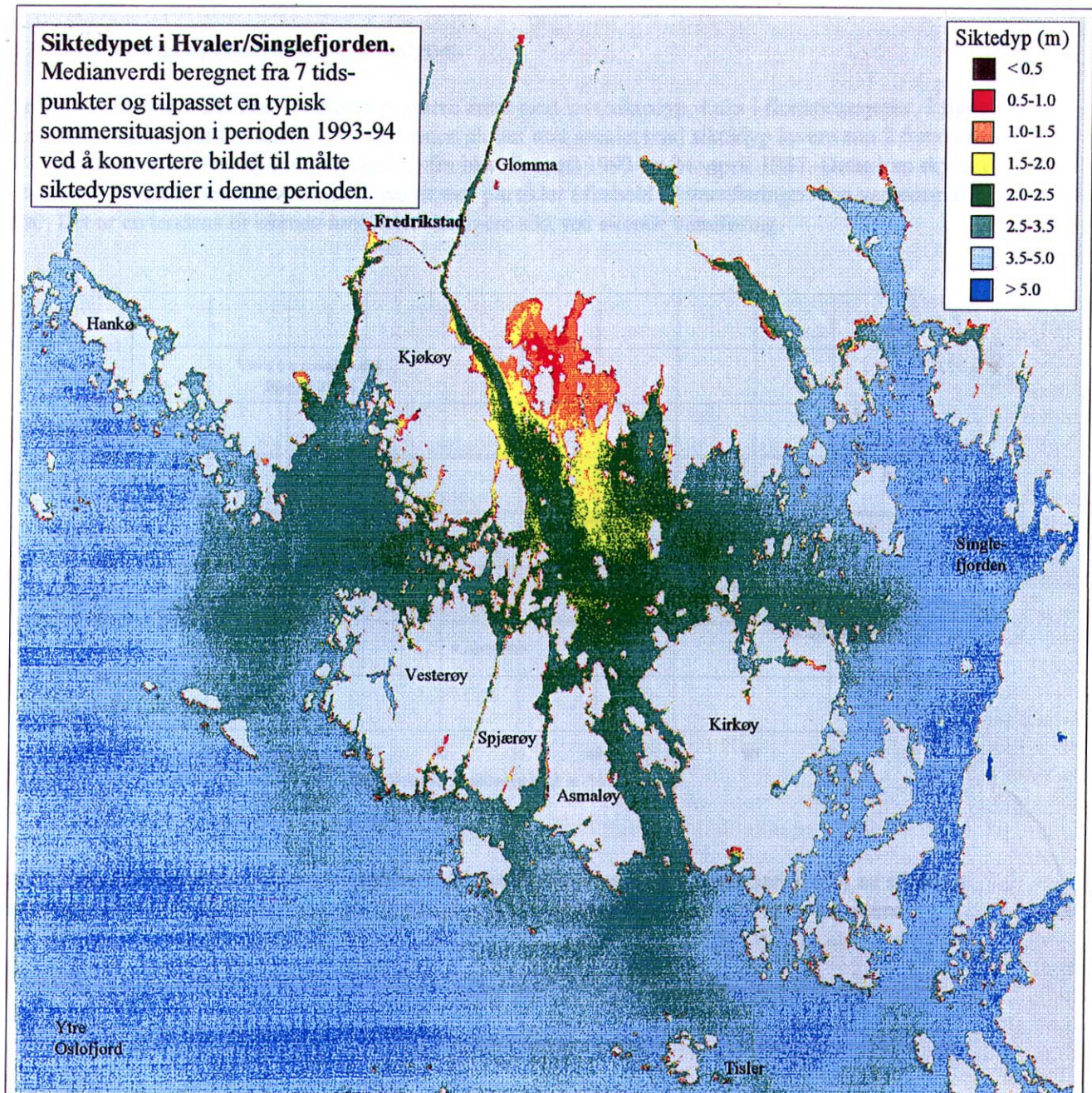
Figur 38. Arealdekning (kumulativ frekvensfordeling) for siktedypet i området for 7 situasjoner under sommerperioden juni-september.

De kumulative arealdekningene i figur 37 og 38 er fra periodene 1987-94, men hvis vi "oversetter" til en "typisk" sommersituasjon for 1993-94 ved hjelp av beregninger vist i kap. 3.5.2., får vi den arealdekning som vist i figur 39. Siktedyp mindre enn 2.5 meter (dvs. SFT-tilstandsklasse V) dekker et areal på ca 30 %, mens opp til ca. 80 % utgjøres av klasse V eller IV. Bare 15-20 % av arealet synes å ha siktedyp større enn 4.5 meter (klasse III).



Figur 39. Antatt nå-situasjon for arealdekning (kumulativ frekvensfordeling) for siktedypet i området under sommerperioden juni-september, "tilpasset" feltobservasjoner 1993-94.

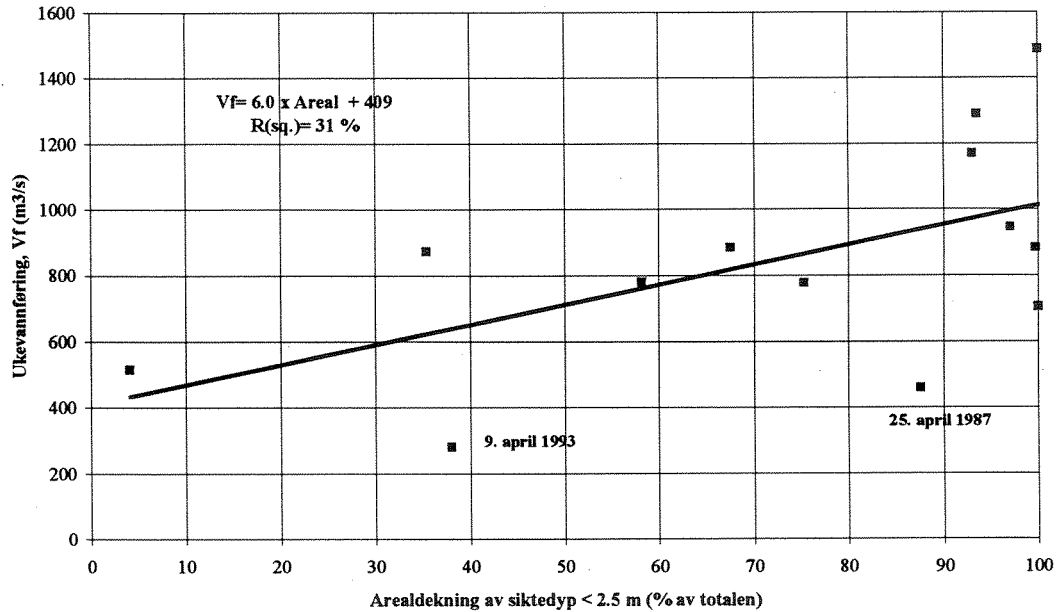
I figur 40 er denne omregningen til en "typisk" nåsituasjon for sommerperioden 1993-94 foretatt på satellittbildet fra figur 33. Hvis man antar at det er den samme relative fordeling av Glommavann idag som de 7 situasjonene representerer, vil figur 40 gi et bilde av siktedypets fordeling sommerstid.



Figur 40. Satellittbilde med medianverdien for antatt nå-situasjon av siktedypet i Hvalerområdet basert på 7 enkeltsituasjoner i sommermånedene juni, juli, august og september. (23. juli 1987, 31. aug. 1987, 9. sep. 1987, 1. aug. 1988, 26. aug. 1991, 24. jun. 1994 og 1. jul. 1994.)

3.5.4. Vannføringens innflytelse på siktedypet.

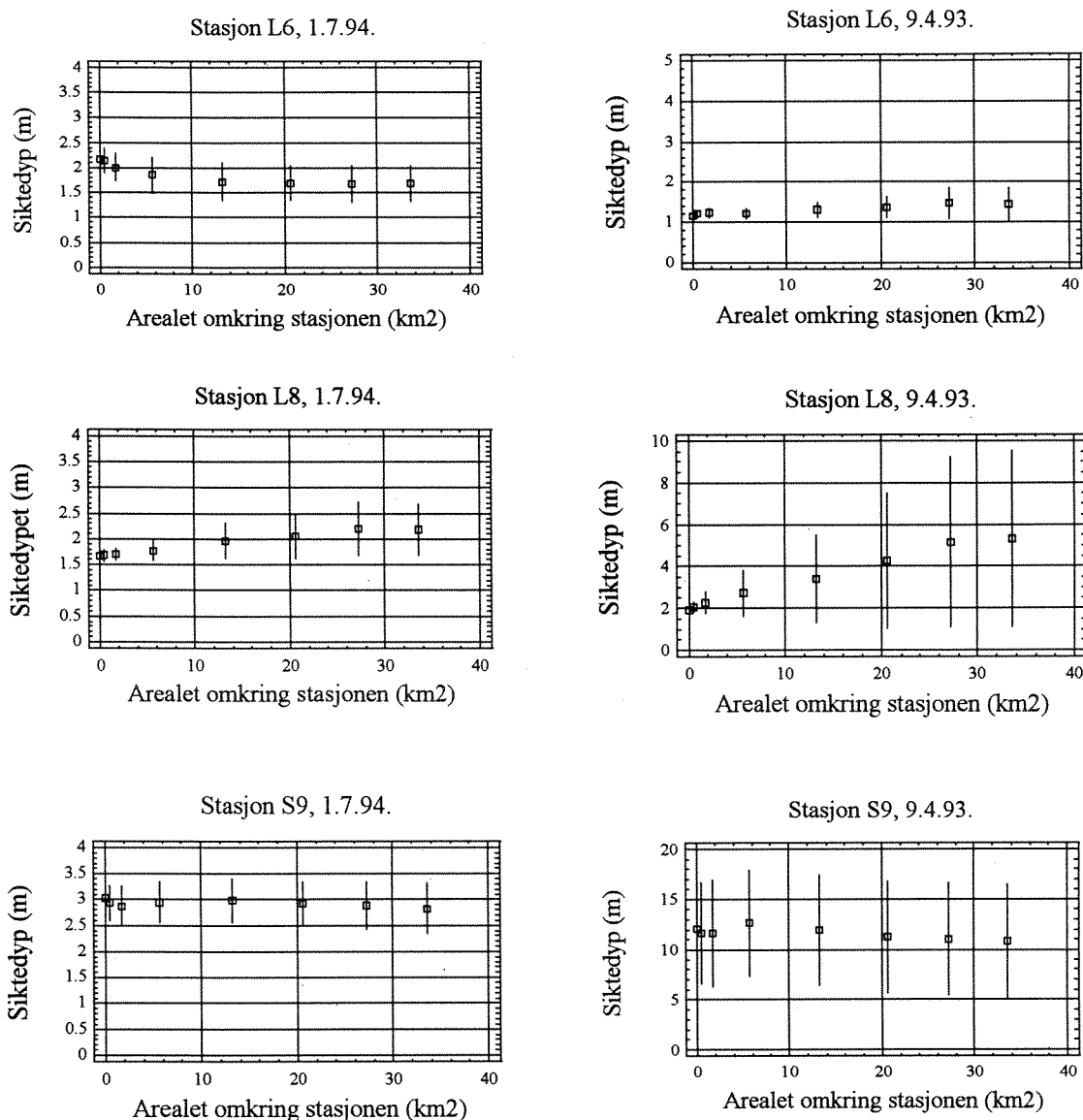
Økende vannføring i Glomma medfører et større areal med lavt siktedyp, f.eks i flomsituasjoner. I figur 41 er ukevannføringen før satellittobservasjonen plottet mot arealet med siktedyp lavere enn 2.5 meter. To observasjoner avviker spesielt og dette er fra hhv. 9. april 1993 og 24. april 1987. Dette kan skyldes at det under lavlandsflommen transporteres ut mer partikler i forhold til vannføringen enn ved normal flom. Det er en tendens til økende areal med dårligere sikt ved økende vannføring.



Figur 41. Sammenhengen mellom ukevannføringen (m^3/s) i Glomma og dekningsareal (%) av siktedyp mindre enn 2.5 meter. Observer at regresjonsanalysen ikke dekker de to dato-markerte punktene.

3.5.5. Stasjonenes areal-representativitet sett ut fra satellittobservasjonene.

For å se hvor stort område den enkelte stasjon representerer, er 3 stasjoner i det sentrale Hvaler/Singlefjordområdet (L6, L8 og S9) testet ved noen ulike vannføringer. Ved hjelp av satellittbildene har midlere siktedyp og standardavviket blitt beregnet for stadig økende arealer omkring stasjonene. Det ble brukt arealer fra 0.5- ca 30 km² fra satellittobservasjonene den 1. juli 1994 og 9. april 1993 med vannføringer på hhv. ca. 900 m³/s og 280 m³/s. Resultatene er sammenstillt i figur 42.



Figur 42. Midlere siktedyp og standardavvik på 3 stasjoner og 2 vannføringssituasjoner med økende areal omkring stasjonene.

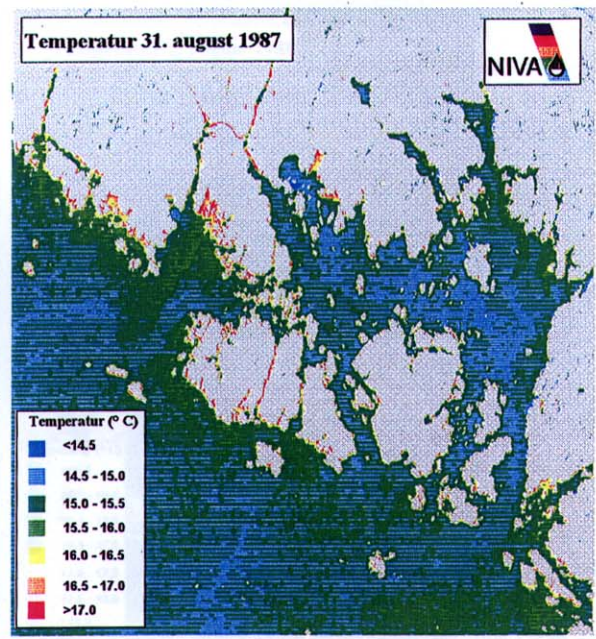
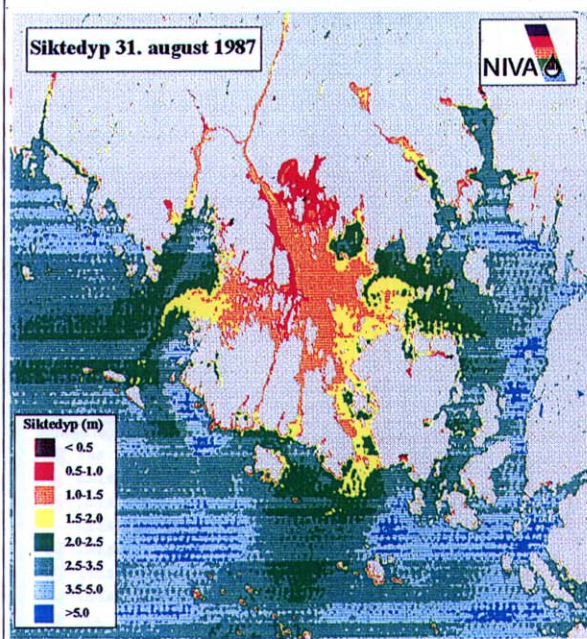
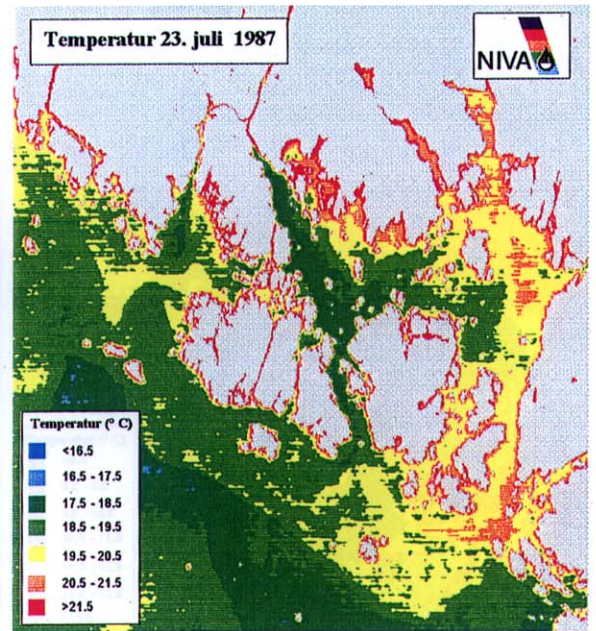
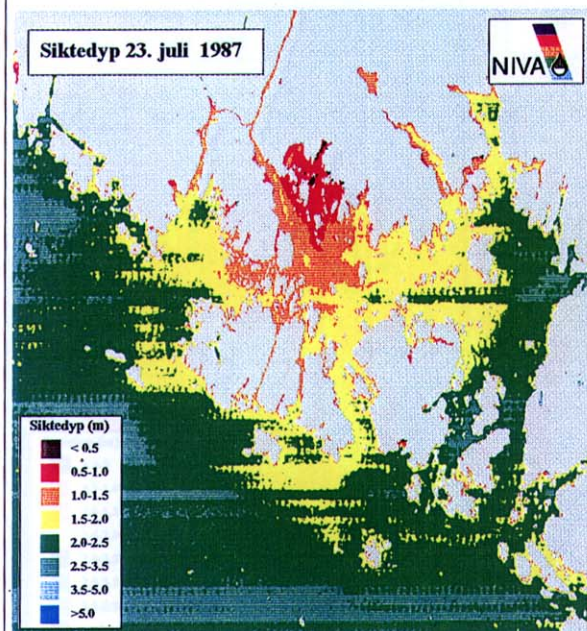
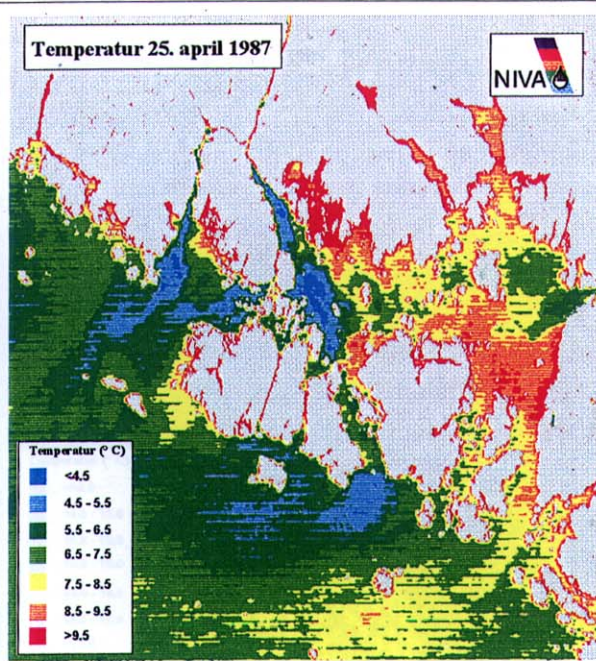
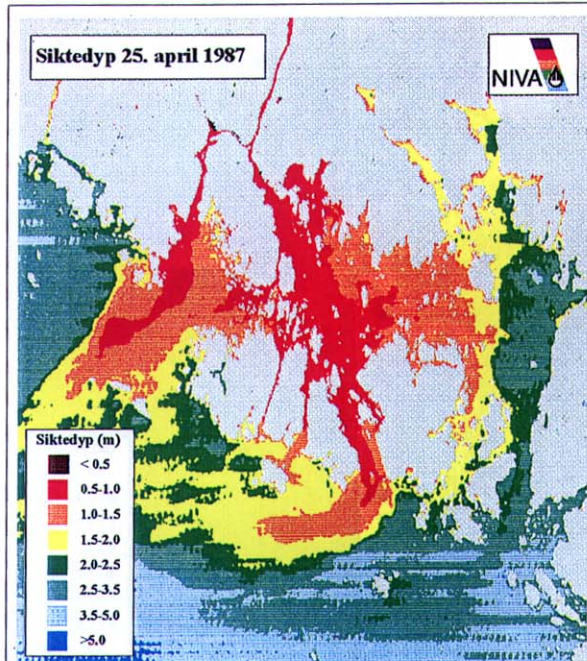
I Løperen er det liten forskjell i siktedypet med økende areal rundt stasjonen for de 2 testede vannføringene, slik at L6 synes å representere området fra Kjøkøya ned mot Asmalsundet. Ved L8 er derimot variasjonen større ved høy vannføring og ved lav vannføring er stasjonen mindre representativ for Ramsøflaket. Stasjon S9 representerer godt hele Singlefjorden. De tre stasjonene skulle dekke ca. 50 % av Hvalerområdet. Med unntak fra stasjon L8 er således stasjonvalget i dette prosjektet dekkende for å studere en eventuell utvikling.

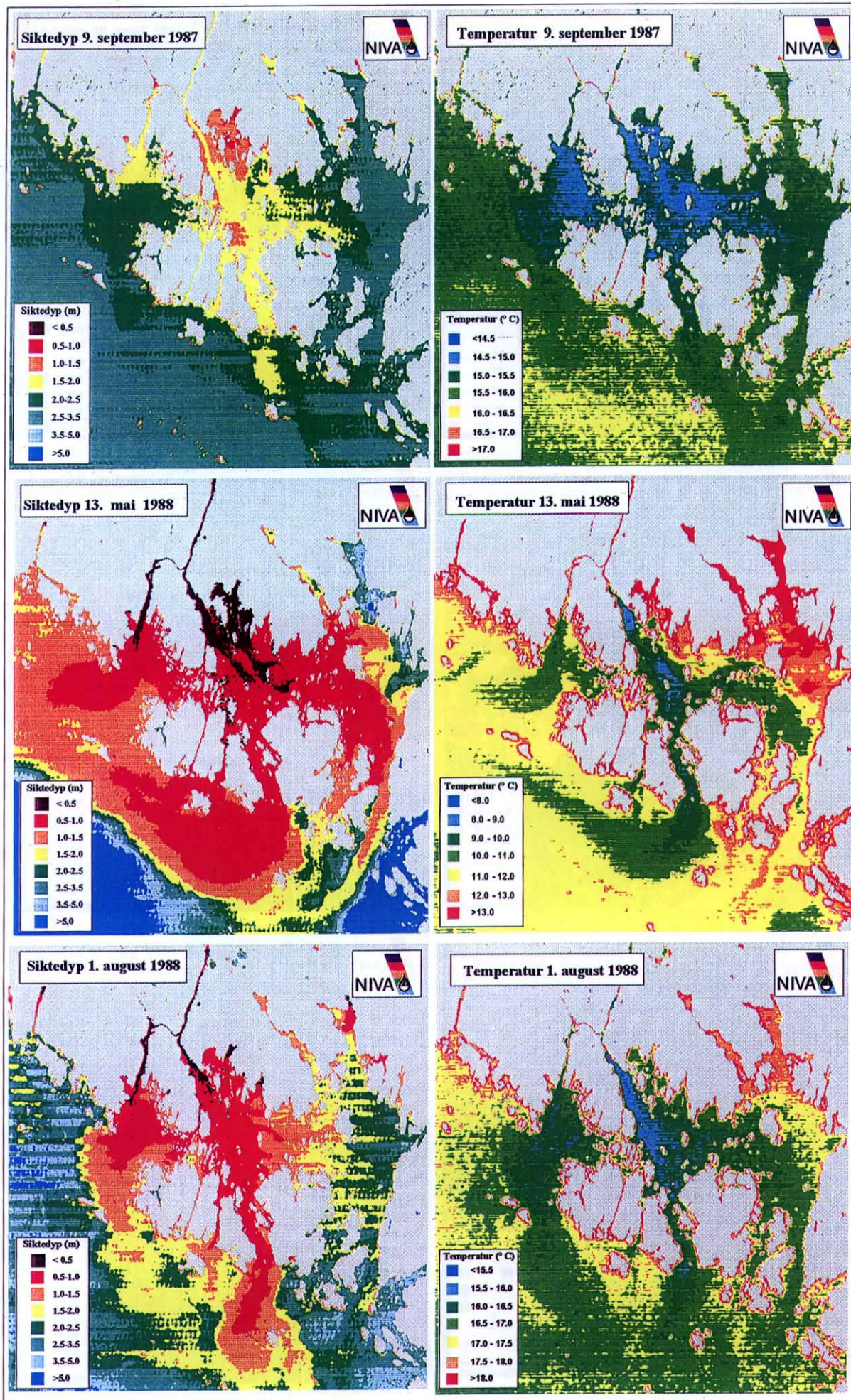
Litteratur

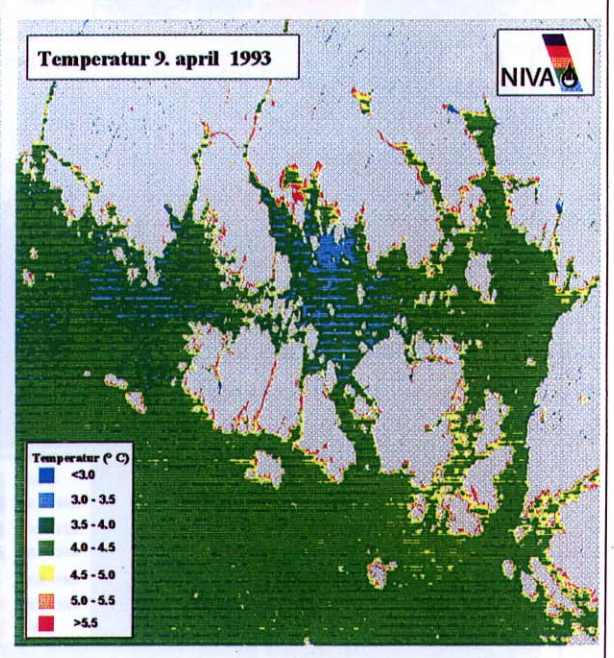
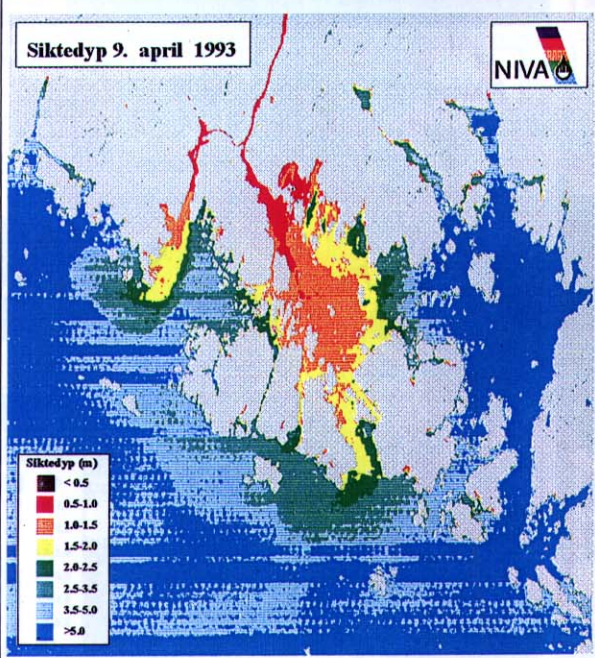
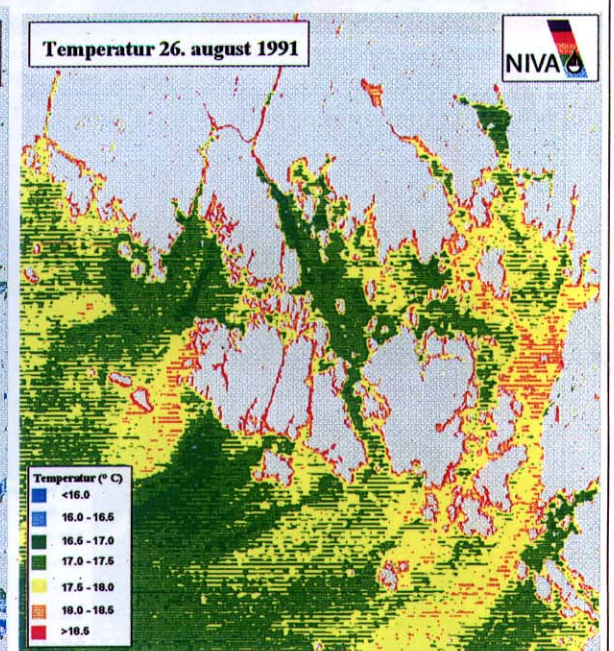
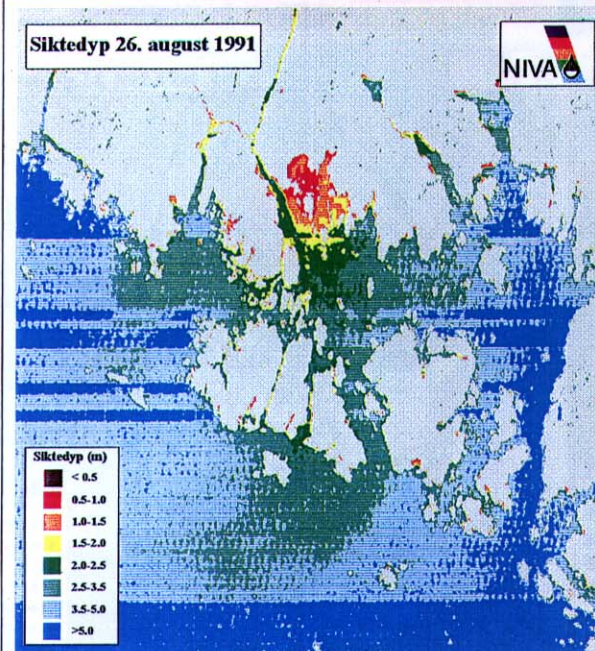
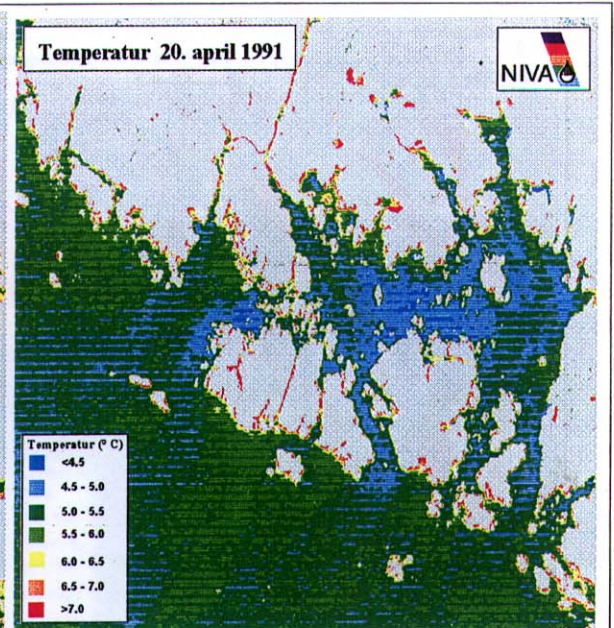
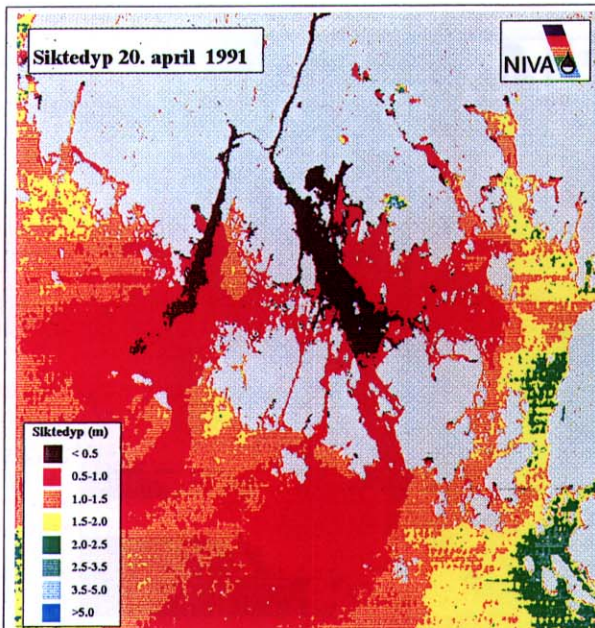
- ANON., 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann. (ISBN 82-577-2945-0).
- Berge, J.A., 1990. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Kosterområdet. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2669. (feilaktig trykket som rapport nr. 2560).
- Berge, J.A., 1994. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. revidert utgave for 1994-95. Programforslag av 3/1-94 utarbeidet for Statens forurensningstilsyn av NIVA.
- Hektoen, H., Helland, A., Næs, K. og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2791.
- Holtan, H., og Rosland, D.S., 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn. SFT-veiledning nr. 92:06.
- Holtan, G., 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. Forurensningstilførsler 1970-93. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 3444-96.
- Knutzen, J. 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbruksforeningen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 1924.
- Magnusson, J. og Skei, J. 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii. Statlig program for forurensningsovervåking. Norsk institutt for vannforskning . Rapport nr 1684.
- Næs, K., 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller og suspendert materiale i overflatevann og kjemisk sammensetning av bunnsedimentene, 1980-81. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 70/83. Norsk institutt for vannforskning..
- Magnusson, J. og Sørensen, K., 1993. Overvåking av Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990-91. Hydrografi, hydrokjemii, tungmetaller i vann og fjernanalyse. Norsk institutt for vannforskning (nr. 2918).
- Rygg, B. og Thélin, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkning av næringssalter. Statens forurensningstilsyn. Sft-veiledning 93:04.
- Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden 1980-83. Konklusjonsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 171/84. Norsk institutt for vannforskning (nr. 1688).
- Skei, J., 1987. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre del av Glomma (Greåker - Løperen), april - september 1986. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 1981.
- Skei, J., og Erframsen, U., 1988. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre del av Glomma (Greåker - Løperen). Datarapport 1986-87. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2099.

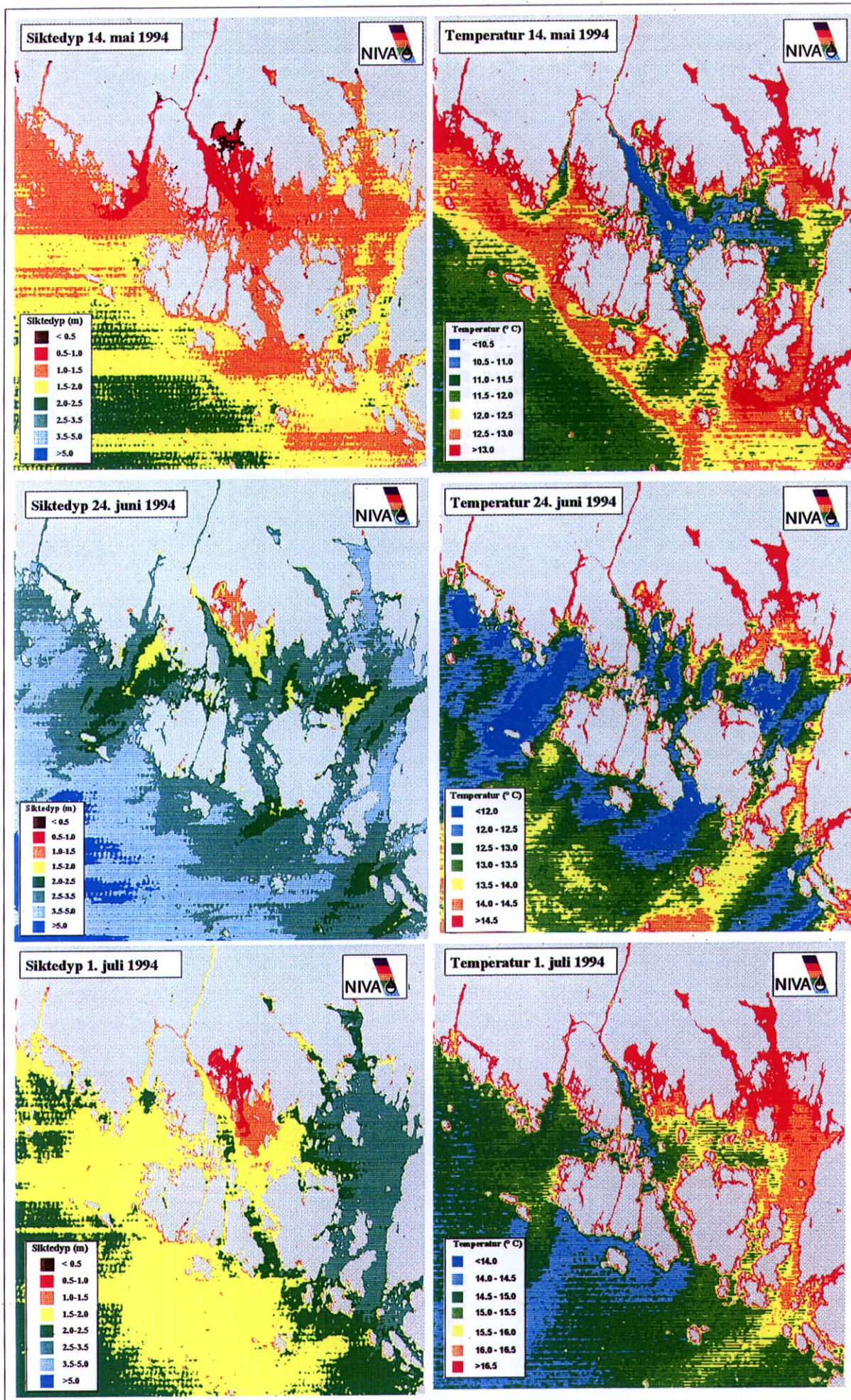
- Sørensen, K., Aas, E., Faafeng, B., og T. Lindell, 1993. Fjernmåling av vannkvalitet. Videreutvikling av optisk fjernmåling som metode for overvåking av vannkvalitet. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 2860.
- Sørensen, K., Nilsen, J., Sæbø, H.V., og Holbæk-Hansen, E., 1990. Satelittfjernmåling av vannkvalitet. Testing av Landsat-5 Thematic Mapper data for kartlegging av Glomma - og Iddefjordvannets spredning i Hvaler og ytre Oslofjord. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2434. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport nr. 404/90.
- Sørensen, K., og Lindell, T., 1990. Eutrofisisituasjonen i ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.7.a. Optiske observasjoner. Overflatevannets kvalitet sett ut fra observasjoner i overflatelaget og fjernmåling. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2365. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport nr. 387/90.

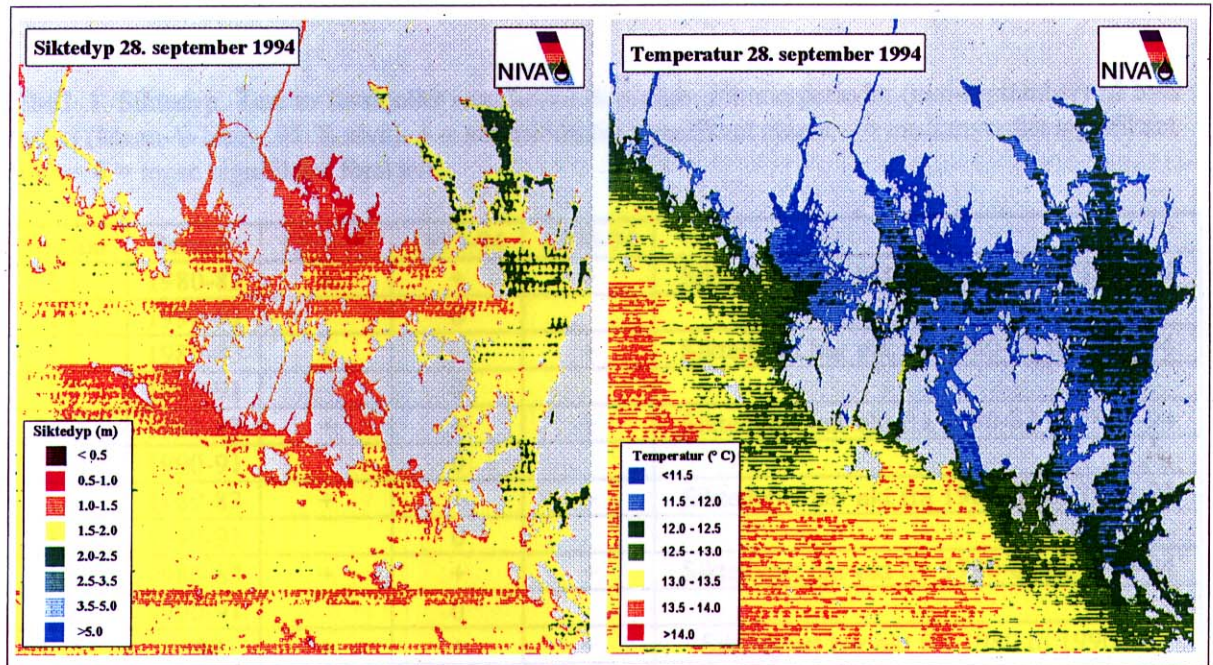
Vedlegg- satellittbilder og tabeller.











Tabell 1. Siktedyp. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
L1	1990-91		0		
L2	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
L2	1990-91		0		
V14	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
V14	1990-91		0		
L6	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
L6	1990-91		0		
L8	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
L8	1990-91		0		
L15	1980	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980 til 1990-94
L15	1990-91		0		
S9	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
S9	1990-91		0		
S6	1980-83	+	+	+	Siktedypet har økt fra 1980-83 til 1990-94
S6	1990-91		+		Siktedypet har økt fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		+		Siktedypet har økt fra 1990-91 til 1993-94

Tabell 2. Tot-N, overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	(-)	0	(-)	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
L1	1990-91		(+)		Tot-N har muligens økt fra 1990-91 til 1993-94
L2	1980-83	-	(0)	-	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
L2	1990-91		0		
V14	1980-83	(-)	0	0	Tot-N har muligens avtatt fra 1980-83 til 1990-91
V14	1990-91		(+)		Tot-N har muligens økt fra 1990-91 til 1993-94
L6	1980-83	-	-	-	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
L6	1990-91		0		
L8	1980-83	-	-	-	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
L8	1990-91		0		
L15	1980	0	0	0	
L15	1990-91		0		
S9	1980-83	-	-	-	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
S9	1990-91		0		
S6	1980-83	-	-	-	Tot-N har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
S6	1990-91		-		Tot-N har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		0		

Tabell 3. Tot-P, overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi signifikant større, -= medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	0	(-)	(-)	Tot-P muligens har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
L1	1990-91		0		
L2	1980-83	0	0	0	
L2	1990-91		0		
V14	1980-83	-	-	-	Tot-P har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
V14	1990-91		0		
L6	1980-83	0	0	0	
L6	1990-91		-		Tot-P har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
L8	1980-83	0	0	0	
L8	1990-91		-		Tot-P har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
L15	1980	0	0	0	
L15	1990-91		-		Tot-P har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
S9	1980-83	0	0	0	
S9	1990-91		0		
S6	1980-83	0	-	(-)	Tot-P har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
S6	1990-91		-		Tot-P har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		-		Tot-P har avtatt fra 1990-91 til 1993-94

Tabell 4. TOC, overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi signifikant større, -= medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
L1	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
L2	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
L2	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
V14	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
V14	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
L6	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
L6	1990-91		(-)		TOC har muligens avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
L8	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
L8	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
L15	1980	0	-	0	TOC har avtatt i fra 1980 til 1993-94
L15	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
S9	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
S9	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
S6	1980-83	-	-	-	TOC har avtatt i fra 1980-83 til 1990-94
S6	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		-		TOC har avtatt i fra 1990-91 til 1993-94

Tabell 5. Klorofyll-a, overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	0	0	0	
L1	1990-91		0		
L2	1980-83	0		0	
L2	1990-91		0		
V14	1980-83	0	0	0	
V14	1990-91		0		
L6	1980-83	0	-	-	Kl-a har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
L6	1990-91		-		Kl-a har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
L8	1980-83	0	0	0	
L8	1990-91		(-)		Kl-a har muligens avtatt fra 1990-91 til 1993-94
L15	1980	0	0	0	
L15	1990-91		-		Kl-a har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
S9	1980-83	0	-	(-)	Kl-a har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
S9	1990-91		-		Kl-a har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
S6	1980-83	0	-	0	Kl-a har avtatt fra 1980-83 til 1993-94
S6	1990-91		-		Kl-a har avtatt fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		0		

Tabell 6. Tot-(N/P), overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94	Anm.
L1	1980-83	0	0	0	
L1	1990-91		(+)		Tot-(N/P) har muligens økt fra 1990-91 til 1993-94
L2	1980-83	(-)	0	0	Tot-(N/P) har muligens avtatt fra 1980-83 til 1990-91
L2	1990-91		0		
V14	1980-83	0	+	0	Tot-(N/P) har økt fra 1980-83 til 1993-94
V14	1990-91		+		Tot-(N/P) har økt fra 1990-91 til 1993-94
L6	1980-83	-	0	-	Tot-(N/P) har avtatt fra 1980-83 til 1990-91
L6	1990-91		+		Tot-(N/P) har økt fra 1990-91 til 1993-94
L8	1980-83	-	0	(-)	Tot-(N/P) har avtatt fra 1980-83 til 1990-91
L8	1990-91		+		Tot-(N/P) har økt fra 1990-91 til 1993-94
L15	1980	0	0	0	
L15	1990-91		+		Tot-(N/P) har økt fra 1990-91 til 1993-94
S9	1980-83	-	-	-	Tot-(N/P) har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
S9	1990-91		0		
S6	1980-83	-	-	-	Tot-(N/P) har avtatt fra 1980-83 til 1990-94
S6	1990-91		(+)		Tot-(N/P) har muligens økt fra 1990-91 til 1993-94
R5	1990-91		+		Tot-(N/P) har økt fra 1990-91 til 1993-94

Tabell 7. Saltholdighet, overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	1990-94
L1	1980-83	+	0	(+)
L1	1990-91		(+)	
L2	1980-83	0	0	0
L2	1990-91		0	
V14	1980-83	0	0	0
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	0	0	0
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	0	0	0
L8	1990-91		0	
L15	1980	0	0	0
L15	1990-91		0	
S9	1980-83	0	0	0
S9	1990-91		0	
S6	1980-83	0	0	(+)
S6	1990-91		0	
R5	1990-91		0	

Tabell 8. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere siktedyp (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelvei signifikant større, - = middelvei signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	+	+	
L1	1990-91		+	
L2	1980-83	+	+	
L2	1990-91		0	
V14	1980-83	+	+	
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	+	+	
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	+	+	
L8	1990-91		0	
L15	1980	+	+	
L15	1990-91		0	
S9	1980-83	0	+	
S9	1990-91		+	
S6	1980-83	+	+	
S6	1990-91		+	
R5	1990-91		+	

Tabell 9. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere Tot-N konsentrasjon (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelerverdi signifikant større, - = middelerverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	0	0	
L1	1990-91		0	
L2	1980-83	0	0	
L2	1990-91		0	
V14	1980-83	0	0	
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	-	-	-
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	-	-	
L8	1990-91		0	
L15	1980	0	0	
L15	1990-91		0	
S9	1980-83	-	-	
S9	1990-91		0	
S6	1980-83	-	-	
S6	1990-91		0	
R5	1990-91		0	

Tabell 10. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere Tot-P konsentrasjon (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelerverdi signifikant større, - = middelerverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	0	0	
L1	1990-91		0	
L2	1980-83	0	0	
L2	1990-91		0	
V14	1980-83	-	-	
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	0	0	
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	0	0	
L8	1990-91		0	
L15	1980	0	0	
L15	1990-91		0	
S9	1980-83	0	0	
S9	1990-91		0	
S6	1980-83	0	0	
S6	1990-91		0	
R5	1990-91		-	-

Tabell 11. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere TOC (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelvei signifikant større, - = middelvei signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	-	-	-
L1	1990-91		-	
L2	1980-83	-	-	-
L2	1990-91		-	
V14	1980-83	-	-	-
V14	1990-91		-	
L6	1980-83	-	-	
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	-	-	
L8	1990-91		-	
L15	1980	0	-	-
L15	1990-91		-	-
S9	1980-83	0	-	
S9	1990-91		-	
S6	1980-83	-	-	-
S6	1990-91		-	-
R5	1990-91		-	

Tabell 12. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere Tot-(N/P)-forhold (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelvei signifikant større, - = middelvei signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	0	0	
L1	1990-91		0	
L2	1980-83	0	0	
L2	1990-91		0	
V14	1980-83	0	+	-
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	0	0	
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	0	0	
L8	1990-91		0	
L15	1980	-	0	-
L15	1990-91		+	-
S9	1980-83	-	-	
S9	1990-91		0	
S6	1980-83	-	-	
S6	1990-91		0	
R5	1990-91		0	

Tabell 13. Multipel range test (95 % LSD int.) av midlere klorofyll-a (mai-september) med saltholdighet som covariat. (+ = middelerdi signifikant større, - = middelerdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet ikke bidrar signifikant, er dette markert med - i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1990-91	1993-94	PSU
L1	1980-83	0	0	
L1	1990-91		0	
L2	1980-83	-	-	-
L2	1990-91		0	-
V14	1980-83	0	0	
V14	1990-91		0	
L6	1980-83	-	-	-
L6	1990-91		0	
L8	1980-83	0	0	
L8	1990-91		0	
L15	1980	0	0	
L15	1990-91		0	
S9	1980-83	0	-	-
S9	1990-91		0	
S6	1980-83	0	-	-
S6	1990-91		-	-
R5	1990-91		0	

Tabell 14. TSM og turbiditet i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1993-94
L1	1990-91	0
L2	1990-91	0
V14	1990-91	0
L6	1990-91	0
L8	1990-91	0
L15	1990-91	0
S9	1990-91	0
S6	1990-91	-
R5	1990-91	-

Tabell 15. TOC i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november - februar) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi et signifikant større, -= medianverdi et signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1993-94
L1	1990-91	(-)
L2	1990-91	(-)
V14	1990-91	-
L6	1990-91	0
L8	1990-91	0
L15	1990-91	0
S9	1990-91	0
S6	1990-91	-
R5	1990-91	-

Tabell 16. Statistisk analyse av part Al i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi et signifikant større, -= medianverdi et signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	1990-94
L1	1980	0		0	0
L1	1986-87			0	
L1	1980-87			0	
L2	1980	(-)	0	-	
L2	1986-87		(+)	0	0
L2	1990-91			0	
L2	1980-87			0	0
L6	1980		0	0	0
L6	1990-91			0	
L8	1980		0	0	
L8	1990-91			0	0
L15	1980		0	0	0
L15	1990-91			0	

Tabell 17. Statistisk analyse av part Fe i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdiet signifikant større, -= medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. ()= sign.ending på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	1990-94
L1	1980	0		-	
L1	1986-87			0	
L1	1980-87			0	
L2	1980	0	0	(-)	0
L2	1986-87		0	-	(-)
L2	1990-91			(-)	
L2	1980-87			-	-
L6	1980		-	-	-
L6	1990-91			0	
L8	1980		-	-	-
L8	1990-91			0	
L15	1980		-	-	-
L15	1990-91			0	

Tabell 18. Statistisk analyse av part Ti i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdiet signifikant større, -= medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. ()= sign.ending på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	1990-94
L1	1980	0		0	
L1	1986-87			0	
L1	1980-87			0	
L2	1980	0	0	0	0
L2	1986-87		0	-	(-)
L2	1990-91			(-)	
L2	1980-87		0	(-)	0
L6	1980		0	-	0
L6	1990-91			-	
L8	1980		-	-	-
L8	1990-91			(-)	
L15	1980		0	-	(-)
L15	1990-91			-	

Tabell 19. Statistisk analyse av part Al i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november-mars) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdiet signifikant større, - = medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1993-94
L1	1990-91	
L2	1990-91	0
L6	1990-91	0
L8	1990-91	0
L15	1990-91	-

Tabell 20. Statistisk analyse av part Fe i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november-mars) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdiet signifikant større, - = medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1993-94
L1	1990-91	
L2	1990-91	0
L6	1990-91	-
L8	1990-91	(-)
L15	1990-91	-

Tabell 21. Statistisk analyse av part Ti i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november-mars) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdiet signifikant større, - = medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1993-94
L1	1990-91	
L2	1990-91	0
L6	1990-91	-
L8	1990-91	-
L15	1990-91	-

Tabell 22. Statistisk analyse av "Ekstra" part Fe i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi signifikant større, -= medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	1990-94
L1	1980	0		0	
L1	1986-87			0	
L2	1980	0	0	0	
L2	1986-87		0	-	-
L2	1990-91			-	
L2	1980-87		(-)	-	-
L6	1980		-	-	-
L6	1990-91			-	
L8	1980		-	-	-
L8	1990-91			-	
L15	1980		-	-	-
L15	1990-91			-	

Tabell 23. Statistisk analyse av "Ekstra" part Ti i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdi signifikant større, -= medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	1990-94
L1	1980	0		0	
L1	1986-87			0	
L1	1980-87			0	
L2	1980	0	0	0	0
L2	1986-87		0	-	0
L2	1990-91			-	
L2	1980-87		0	(-)	0
L6	1980		0	-	(-)
L6	1990-91			-	
L8	1980		-	-	-
L8	1990-91			-	
L15	1980		0	-	-
L15	1990-91			-	

Tabell 24. Statistisk analyse av "Ekstra" part Fe i overflatevann. Test av forskjeller i middelverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Variansanalyse, 95 % nivå). += middelverdiet signifikant større, - = middelverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet bidrar signifikant, er dette markert med + i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	PSU
L1	1980	-		-	
L1	1986-87			0	
L2	1980	0	0	-	
L2	1986-87		-	-	
L2	1990-91			0	
L6	1980		-	-	
L6	1990-91			-	
L8	1980		-	-	
L8	1990-91			0	
L15	1980		-	-	
L15	1990-91			-	

Tabell 25. Statistisk analyse av "Ekstra" part Ti i overflatevann. Test av forskjeller i middelverdi mellom sommerperioder (mai-september) på hver stasjon (Variansanalyse, 95 % nivå). += middelverdiet signifikant større, - = middelverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. Der hvor saltholdighet bidrar signifikant, er dette markert med + i kolonnen for PSU.

Stasjon	Periode	1986/87	1990/91	1993/94	psu
L1	1980	-		-	+
L1	1986-87			0	
L2	1980	0	0	0	
L2	1986-87		0	0	
L2	1990-91			0	
L6	1980		-	-	
L6	1990-91			-	
L8	1980		-	-	+
L8	1990-91			-	
L15	1980		-	-	
L15	1990-91			-	

Tabell 26. Statistisk analyse av "Ekstra" part Fe i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november-mars) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). += medianverdiet signifikant større, - = medianverdiet signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå. Variansanalyse av middelverdier (LSD 95 % int.)

Stasjon	Periode	1993-94	Variansanalyse
L1	1990-91		
L2	1990-91	0	0
L6	1990-91	-	0
L8	1990-91	(-)	-
L15	1990-91	(-)	-

Tabell 27. Statistisk analyse av "Ekstra" part Ti i overflatevann. Test av forskjeller i medianverdi mellom vinterperioder (november-mars) på hver stasjon (Mann-Whitny, 95 % nivå). + = medianverdi signifikant større, - = medianverdi signifikant mindre, 0 = ingen signifikant forskjell. () = sign. endring på 90% nivå. Variansanalyse av middelverdier (LSD 95 % int.)

Stasjon	Periode	1993-94	Varians-analyse
L1	1990-91		
L2	1990-91	0	0
L6	1990-91	-	0
L8	1990-91	-	-
L15	1990-91	-	-



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3538-96

ISBN 82-577-3085-8