

O-92040

Akersvatnet

Hydrobiologisk vannkvalitet
og kontrollert utskiftning av vannmasser

Observasjoner 1992 og 1993



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-92040	Undernr.:
Løpenr.: 3007	Begr. distrib.:

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: Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1992 og 1993	Dato: 10.1. 1994	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe:	
Forfatter(e): Olav Skulberg	Geografisk område: Vestfold	
	Antall sider: 72	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Vestfold interkommunale vannverk	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:
Hydrografiske og hydrobiologiske undersøkelser ble gjennomført for å bedømme Akersvatnets utviklingsforløp og virkningen av de vannkvalitetsforbedrende tiltak. Gjennom 1992 og 1993 sank konsentrasjonene av akerstox (microcystin) i blågrønnalgematerialet praktisk talt til null. Fullskalaforsøket med kontrollert vannutskiftning av Akersvatnet har gitt resultater som indikerer positiv effekt for vannkvaliteten. Observasjonene av blågrønnalgevegetasjonen benyttes til en analyse av utviklingsforløpet i Akersvatnet i perioden 1950-1993.

- 4 emneord, norske
1. Vannkvalitet
 2. Blågrønnalger
 3. Toksiner
 4. Vannforsyning

- 4 emneord, engelske
1. Water quality
 2. Cyanophytes
 3. Toxins
 4. Municipal water supply

Prosjektleder

Olav Skulberg

Olav Skulberg

For administrasjonen

Dag Berge

Dag Berge

ISBN-82-577-2423-8

Norsk institutt for vannforskning

O-92040

AKERSVATNET

**HYDROBIOLOGISK VANNKVALITET OG
KONTROLLERT UTSKIFTNING AV VANNMASSER
OBSERVASJONER 1992 OG 1993**

Oslo, 10. januar 1994

Olav Skulberg

"Melsomelven i Stokke kommer fra Akersvatn, hvis nordlige ende naar op i Sem herred. Akersvatn er 2.61 km², 3.2 km langt, 1 km bredt og ligger 16 m o.h.; dets bredder, der bestaar af ler og myr, hvilende paa syenit, er for det meste dyrkede. Melsomelven løber i sydlig retning gennem land af syenit og falder ud i Melsomviken i Tønsbergfjorden. Den driver ved gaarden Melsom møllebrug og sag og har en længde af 2 km."

(Helland 1914, p. 163)

FORORD

Arbeidet for Vestfold interkommunale vannverk (VIV) med undersøkelsen av Akersvatnet i 1992 og 1993 har hatt flere målsetninger. To oppgaver har stått i sentrum av oppmerksomhet. Det gjelder henholdsvis de hydrobiologiske forhold i innsjøen, og oppfølgingen av virkningene knyttet til forsøket med kontrollert utskiftning av vannmasser. Resultatene av arbeidet legges frem i rapporten.

Undersøkelsen er gjennomført i nært samarbeid mellom NIVA og VIV. Vi takker for god hjelp og velvilje. Som tidligere ved undersøkelser i Akersvatnet, har det vært benyttet kompetanse ved Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse. Dette gjelder spesielt på fagfeltene blågrønnalger og toksikologi. Det positive samarbeidet har vært en stor stimulans også for gjennomføringen av denne undersøkelsen.

Flere personer har bidratt faglig til rapporten. Dette gjelder bl.a. professor Bjarne Underdal, dr. philos. Hans Utkilen, driftsleder Arvid Flakstad, cand.real. Pål Brettum, kjemiker Jozsef Kotai og assistent Randi Skulberg. De takkes med dette for sin verdifulle bistand.

En særlig takk går til Lida Marie Henriksen og Aud Lauritzen for å ha maskinskrevet mitt håndskrevne manuskript.

Oslo, 10. januar 1994

Olav Skulberg

Fotografier på omslagsside: - Utsikt over Akersvatnet
- Utsnitt av strandvegetasjon
Foto: Vidar M. Skulberg

INNHOOLD

FORORD	2
1. Sammenfatning og tilrådninger	6
2. Oppgaver og gjennomføring	9
2.1 Problemstillinger.....	9
2.2 Metoder og fremgangsmåte	9
2.3 Feltarbeid	9
3. Utvikling i Akersvatnet.....	10
3.1 Vannstandsvekslinger.....	10
3.2 Meteorologiske forhold	10
3.3 Innsjøens hydrografiske tilstand	11
3.3.1 Resultatfremstilling.....	11
3.3.2 Undersøkellesperioden i 1992.....	11
3.3.3 Undersøkellesperioden i 1993.....	12
3.3.4 Algevekst og toksindannelse.....	13
4. Vannforbedringstiltak med hydrologisk grunnlag.....	15
4.1 Bakgrunn for tiltaket.....	15
4.2 Kontrollert vannutskiftning i Akersvatnet	16
4.3 Teknisk utførelse	17
4.4. Fullskala-forsøk.....	18
4.5 Virkninger for Akersvatnet.....	18
5. Hydrobiologiske forandringer i Akersvatnet.	20
5.1 Bakgrunn.....	20
5.2 Foreliggende kunnskap.....	20
5.3. Akersvatnets vegetasjon av blågrønnalger.....	21
5.4. Forandringer i toksinproduksjon.....	24
6. Diskusjon av årsaks/virkningsforhold	26
7. Henvisninger	28

APPENDIKS: Fysiske og kjemiske grunnlagsdata

Tabelloversikt:

	Side
Tabell 1. Fysiske og kjemiske analysemetoder.....	32
Tabell 2. Oversikt over prøvetaking på hovedstasjon i Akersvatnet.....	32
Tabell 3. Resultater av kvantitative undersøkelser av planteplankton. Blandprøver 0-6 m dyp. 1992.	33
Tabell 4. Resultater av kvantitative undersøkelser av planteplankton. Prøvedyp 1 m. 1992.	35
Tabell 5. Toksisitetstester av prøver med frysetørket materiale av blågrønnalger fra Akersvatnet i perioden 1989-1993.	37
Tabell 6. Artsliste for blågrønnalger i Akersvatnets plankton.	37
Tabell 7. Retrospektiv fremstilling av forandringstendenser i blågrønn- algevegetasjonen i Akersvatnet.....	38
Tabell 8. Forekomst av fremtredende arter under masseutvikling av blågrønnalger i Akersvatnet i 1992.	39
Tabell 9. Bestemmelser av microcystiner i frysetørket materiale av blågrønnalger fra Akersvatnet i perioden 1984-1993.	40
Tabell 10. Blågrønnalger i NIVAs kultursamling isolert fra Akersvatnet.	40

Figuroversikt:

	Side
Figur 1. Nivå-avvik fra 14 m høyde. 1992 og 1993	41
Figur 2. Volumforandring. 1992 og 1993	41
Figur 3. Månedsmiddel av lufttemperatur. 1992 og 1993	42
Figur 4. Nedbørsummer. 1992 og 1993	42
Figur 5. Daggradsummer av lufttemperatur i perioden nov. - okt. og okt. - sept. 1960-1993	43
Figur 6. Vanntemperatur. 26.03.-20.08.1992	44
Figur 7. Oksygenkonsentrasjon og metning. 26.03.-20.08.1992	45
Figur 8. Surhetsgrad og konduktivitet. 26.03.-20.08.1992	46
Figur 9. Farge og turbiditet. 26.03.-20.08.1992	47
Figur 10. Totalfosfor og ortofosfat. 26.03.-20.08.1992	48
Figur 11. Totalnitrogen og nitrat. 26.03.-20.08.1992	49
Figur 12. Nitrogenveksttall (V_n) og total organisk karbon. 26.03.-20.08.1992	50
Figur 13. Jern og silisium. 26.03.-20.08.1992	51
Figur 14. Kalsium og klorid. 26.03.-20.08.1992	52
Figur 15. Vanntemperatur. 02.03.-10.08.1993	53
Figur 16. Oksygenkonsentrasjon og oksygenmetning. 02.03.-10.08.1993	54
Figur 17. Surhetsgrad og konduktivitet. 02.03.-10.08.1993	55
Figur 18. Farge og turbiditet. 02.03.-10.08.1993	56
Figur 19. Totalfosfor og ortofosfat. 02.03.-10.08.1993	57
Figur 20. Totalnitrogen og nitrat. 02.03.-10.08.1993	58
Figur 21. Nitrogenveksttall (V_n) og total organisk karbon. 02.03.-10.08.1993	59
Figur 22. Jern og silisium. 02.03.-10.08.1993	60
Figur 23. Kalsium og klorid. 02.03.-10.08.1993	61
Figur 24. Klorofyll a. 19.05.-10.08.1993	62
Figur 25. Algebiomassens totalvolum og prosentvise sammensetning.	63
Figur 26. Forandringer i hydrografiske/biologiske faktorer 1987-1993. Periode mai-nov. og juni-nov., 4 m dyp.	64
Skisse over Akersvatnet med nedbørfelt	2. omslagsside
Dybdekart og fysiografiske data	3. omslagsside

1. Sammenfatning og tilrådninger

- (1) Hydrografiske og hydrobiologiske undersøkelser i Akersvatnet i 1992 og 1993 ble gjennomført for å bedømme innsjøens utviklingsforløp og virkninger av vannkvalitetsforbedrende tiltak.
- (2) Meteorologiske forhold og vannstandsvekslinger i undersøkelsesperioden er beskrevet. Ut fra temperatur, nedbør og varmesummer kan årene 1992 og 1993 karakteriseres som middels gunstige for masseutvikling av blågrønnalger.
- (3) Den hydrografiske situasjon i undersøkelsesperioden er behandlet med bakgrunn i observasjoner av fysiske og kjemiske miljøfaktorer på stasjonen over Akersvatnets dypeste område. I grafiske fremstillinger er resultater bl.a. av bestemmelse av oksygen, plantenæringsstoffer og konduktivitet gjengitt.
- (4) Resultatene av analysene av fosfor- og nitrogenforbindelser viste at tilgangen på disse plantenæringsstoffer ikke begrenset algeutviklingen under de rådende forhold i 1992 og 1993.
- (5) Beregningene av nitrogenveksttallet (V_n) viste at verdiene så vel i 1992 som i 1993 aldri ble høyere enn 70. Anvendelsen av nitrogenveksttallet gir et egnet holdepunkt til bedømmelse av sannsynlighet for oppblomstringer og blågrønnalgedominans i planktonet i Akersvatnet.
- (6) Algevegetasjonen i de fri vannmasser utviklet seg begge år hovedsakelig etter det fenologiske mønster som tidligere er beskrevet for Akersvatnet: Forsommerplanktonet var preget av stor forekomst av flagellater (f.eks. Rhodomonas lacustris) og diatoméer (f.eks. Melosira granulata). I løpet av juli kom blågrønnalger til dominerende utvikling (f.eks. Aphanizomenon flos-aquae). Også gjennom ettersommer og høst fortsatte blågrønnalgene å prege planktonvegetasjonen i innsjøen.
- (7) I tidsrommet fra vårfullsirkulasjon og frem til når blågrønnalgene får stor fremvekst i planktonet, er tilstanden i Akersvatnet gjennomgående preget av forholdsvis blankt vann med akseptabel råvannskvalitet. Det er da stor produksjon av alger, men en tallrik bestand av zooplankton sørger for effektiv nedbeiting.

En hydrobiologisk målsetting for vannverksinteressene vil være å forstå betingelsene for opprettholdelsen av en slik brukbar vannkvalitet i Akersvatnet, og å kunne utvide utstrekningen av denne innsjøtilstand til frem mot høsten. Dette er en viktig forskningsoppgave å få bearbeidet.

- (8) Utviklingen av blågrønnalger i Akersvatnet er til dels med stammer av toksinproduserende natur. Organismene danner toksiner med hepatotoksisk og protrahert toksisk virkning.

Det ble påvist at gjennom 1992 og 1993 sank konsentrasjonene av akerstox (microcystin) i blågrønnalgematerialet praktisk talt til null. Forklaringen er sannsynligvis knyttet til at populasjonen av Microcystis aeruginosa i Akersvatnet ikke lenger er dominert av toksinproduserende stammer. Samtidig har masseutviklingen av blågrønnalger i Akersvatnet i 1990-årene ikke vært dannet av Microcystis aeruginosa, men av andre arter.

- (9) Vestfold interkommunale vannverk besluttet i 1991 å starte utprøving av et hydrologisk vannforbedringstiltak i Akersvatnet med kontrollert vannutskiftning. Et fullskala forsøk ble påbegynt vinteren 1992 og fortsatte i 1993. De utførte observasjoner i Akersvatnet har gitt flere indikasjoner - kjemiske og biologiske - på at utpumpingen av vann i disse to årene bidro i tiltenkt retning - bl.a. ved å forsterke grunnvannsandelen i vannmassene - med bedring av vannkvaliteten for råvannet til reservevannverket.
- (10) Hydrobiologiske observasjoner i Akersvatnet gjennom de siste femti år blir behandlet. I dette tidsrom har det geografiske området Akersvatnet er en del av, utviklet seg fra et agrarlandskap i retning mot et urbanisert landskap. Algevegetasjonen reagerer følsomt på miljøpåvirkninger, og artssammensetningen i innsjøen gir gode holdepunkter for vurderingen av forandringer i vannkvalitet.
- (11) Akersvatnets vegetasjon av blågrønnalger blir benyttet til en analyse av utviklingsforløpet i innsjøen. En forandring gjennom tid i tre faser tegner seg ut fra resultatene som foreligger. Da mer systematiske observasjoner ble påbegynt (ca. 1950), var hormogonale arter fremtredende (f.eks. Oscillatoria agardhii var. isothrix). Med tiltakende eutrofiering av Akersvatnet ble i 1970-årene chroococcale arter de dominerende i planktonet (f.eks. Microcystis aeruginosa). I siste halvdel av 1980-årene registreres igjen forandringer med ny fremvekst av hormogonale arter (f.eks. Aphanizomenon flos-aquae). Vurdert i praktisk sammenheng representerer disse tre faser ulike typer vannkvalitet, hvor perioden med dominans av chroococcale blågrønnalger utgjør den mest forurensningspåvirkede.

- (12) På bakgrunn av bl.a. observasjonene i Akersvatnet i 1992 og 1993 er det mulig å merke en begynnende gunstig utvikling i innsjøen vurdert i forurensningsmessig sammenheng. De forskjellige praktiske tiltak som er iverksatt for å kontrollere den uheldige miljøpåvirkning synes å forsterke hverandre på positiv måte.
- (13) Det tilrådes at Vestfold interkommunale vannverk retter oppmerksomhet mot:
- Videreføring av fullskalaforsøket med det hydrologiske tiltaket for kontrollert vannutskiftning/grunnvannsforsterkning.
 - Tilrettelegge undersøkelser som bakgrunn for et mulig hydrobiologisk forankret tiltak til bedring av råvannskvaliteten.
 - Fortsette de regelmessige observasjoner i innsjøen med løpende behandling av problemene knyttet til råvannet og reservevannverket ved Akersvatnet.
 - Et informasjonsskrift med faglig/pedagogisk siktepunkt bør utarbeides hvor erfaringene med undersøkelsene i Akersvatnet får en helhetlig behandling.

2. Oppgaver og gjennomføring

2.1 Problemstillinger

Undersøkelsen av Akersvatnet i 1989-1990 viste bl.a. at innsjøen hadde en utilfredsstillende vannkvalitet som råvannskilde til drikkevannsforsyning (NIVA 1991). Flere forhold bidro til dette, men et hovedproblem var stor forekomst med alger som medfører vanskeligheter for renseprosessen, og at en årvisst masseutvikling av blågrønnalger med toksindannelse gjorde seg gjeldende.

I drøftelser gjennom 1991 mellom VIV og NIVA ble aktuelle tiltak for å bedre råvannskvaliteten vurdert. En fremgangsmåte med hydrologisk grunnlag i kontrollert utskiftning av vannmasser ble valgt ut som aktuelt alternativ. Praktiske forsøk i fullskala ble planlagt og tilrettelagt. Tiltaket kom til utførelse i 1992 og 1993. Feltundersøkelser for å bedømme utviklingsforløp og virkninger av tiltaket i Akersvatnet foregikk samtidig. Det er bl.a. resultatene av dette arbeidet som fremlegges i denne rapport.

2.2 Metoder og fremgangsmåte

Undersøkelsen tok praktisk utgangspunkt i observasjoner og prøvetaking i Akersvatnet. Dette arbeidet ble foretatt etter rutinemessig opplegg og med standard fremgangsmåte (NIVA 1991). Det ble i felt gjort målinger av fysiske faktorer (temperatur, siktedyp) og innsamlet prøver til kjemiske og biologiske analyser. Laboratoriebearbeiding av prøvene begynte umiddelbart etter innsamlingen med måling av turbiditet og pH, og filtrering for bestemmelse av seston (Skulberg 1978). Vannprøvene ble deretter transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for videre analysering. Metodene som ble anvendt var de rutinemessige for undersøkelser av kjemisk og biologisk vannkvalitet (TABELL 1). Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop. Planktonbearbeiding ble utført med kvantitativ metode (Utermöhl 1958).

Når det gjelder akutte toksisitetstester, ble disse gjort ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole. Metodene som ble benyttet er tidligere beskrevet (Berg et al. 1987).

2.3 Feltarbeid

Prøvetakingen i 1992 og 1993 var konsentrert om hovedstasjonen - det dypeste området av innsjøen. Hydrografiske og hydrobiologiske observasjoner ble utført på utvalgte tidspunkter bestemt ut fra fenologiske vurderinger (NIVA 1992, 1993). Prøvetakingsdatoene fremgår av TABELL 2. Det ble dessuten av VIV foretatt målinger av hydrologiske faktorer (bl.a. vannstandsvekslinger), og innsamlet biologisk materiale til planktonanalyser (NIVA 1993).

3. Utvikling i Akersvatnet

3.1 Vannstandsvekslinger

Vekslingene i vannstand følger et årstidsmønster bestemt bl.a. av samspill mellom meteorologiske faktorer, avrenningsbetingelser og innsjøbassenget. Akersvatnet har et relativt lite nedbørfelt (ca 13,8 km²) og stort innsjøvolum (ca 15·10⁶ m³). Forholdet innebærer en teoretisk vannskiftningstid av innsjøen på omlag 1,9 år. Det er små bekker og grunnvannssig som hovedsakelig bidrar med sin tilrenning til Akersvatnet.

Målingene av vannstand i Akersvatnet i 1992 og 1993 ble foretatt med regelmessige registreringer av VIV. Resultatene fremgår av FIGUR 1, hvor nivå-avvik fra innsjøens terskelhøyde (14 m o.h.) er grafisk fremstilt. Den tilsvarende volumforandring er vist i FIGUR 2. De observerte vannstandsvekslinger viser tydelige variasjoner knyttet til bl.a. utpumpingen av vann fra Akersvatnet.

I forholdsvis lange tidsperioder var det liten eller ingen avrenning fra Akersvatnet gjennom Melsombekken. Spesielt var dette tilfelle i tidsrommet juni-september i observasjonsperiodene 1992 og 1993, men også til dels under vintersituasjonen mars-april. Fremherskende meteorologiske faktorer - ved siden av pumpeuttaket av vann - var årsak til variasjonene som gjorde seg gjeldende.

3.2 Meteorologiske forhold

De lokalklimatiske forhold ved Akersvatnet beskrives av observasjonene som utføres på målestasjon Melsom - nr. 2745. FIGUR 3 fremstiller resultatene av beregnede månedsmidler for lufttemperatur i 1992 og 1993. Tilsvarende er nedbør fremstilt som månedlige nedbørsummer for de respektive år i FIGUR 4. For algeutviklingen er bl.a. varmesummen av stor betydning for hvordan vegetasjonsmulighetene kan bli realisert. I FIGUR 5 er daggradsummer av lufttemperatur gjengitt. Data for tidsrommet november-oktober, henholdsvis oktober-september (det hydrologiske år), er fremstilt grafisk for perioden 1960-1992.

I tidligere rapporter (se NIVA 1991) er klimaet og betydningen dette har for hydrobiologiske prosesser i Akersvatnet behandlet. Erfaringene har vist at værforholdene sammen med lysinnstrålingen i stor grad er bestemmende for algeutvikling og mulighet for vannblomst av blågrønnalger (NIVA 1989).

Vurderes de observerte meteorologiske forhold i 1992 og 1993, kan disse årene karakteriseres som nær middels gunstige for masseutvikling av blågrønnalger.

3.3 Innsjøens hydrografiske tilstand

3.3.1 Resultatfremstilling

I 1992 og 1993 ble hovedsakelig de samme miljøfaktorer studert som ved de tidligere undersøkelser for VIV i Akersvatnet (NIVA 1989, 1991).

I denne behandling er det valgt å fremstille resultatene på to måter. Den hydrografiske situasjon på prøvetakingstidspunktene blir presentert som diagrammer hvor miljøfaktorer (konsentrasjon, intensitet etc.) fremstilles som funksjon av innsjødyb. Dessuten er det foretatt en beregning for å gi et karakteriserende uttrykk for tilstanden i innsjøens samlede vannvolum. Disse beregningsresultatene er fremstilt i søylediagrammer til formålet. Tallverdiene som er fremkommet representerer altså en beregnet verdi for vedkommende faktor for hele vannmassen i Akersvatnet ved en tenkt, fullstendig blanding på tidspunktet det gjelder. Ved å foreta en sammenliknende betraktning mellom prøvetakingstidspunktene, belyses på denne måten bl.a. graden av forandringer som har foregått i perioden som bedømmes.

3.3.2 Undersøkellesperioden i 1992

Resultatene er fremstilt grafisk på FIGURENE 6-14.

Utviklingsforløpet av den hydrografiske situasjon fulgte i store trekk årstidsmønsteret for innsjøen som tidligere er beskrevet (NIVA 1989, 1991).

Lagdelingen av vannmassene i Akersvatnet er betydningsfulle for alle prosesser som påvirker vannkvaliteten. Etter vårfullsirkulasjonen etableres et temperatursprangsjikt. Ved prøvetakingen 14. juli var dette beliggende i et dyp av 8 m. Overflatevannlaget - epilimnion - var da preget av varmt vann (ca 19°C). Oksygenverdiene - i konsentrasjonsområdet 6-9 mg O/l - forteller om bl.a. stor biologisk aktivitet knyttet til fotosyntese og ånding. Bunnvannmassene - hypolimnion - var oksygenfattige (til dels oksygenfritt), og nedbrytning av organisk stoff preget forholdene. Ved prøvetakingen 5. august var det fullsirkulasjon i vannmassene, og vanntemperaturen var omlag 18°C. En betydelig generell økning i vannmassenes oksygeninnhold hadde funnet sted. Oksygenkonsentrasjonen var i alle vanddyb >9 mg O/l. Etersommeren ble preget av blågrønnalgeutvikling i planktonet. Ved observasjonene 20. august var det stor fotosynteseaktivitet. Vannmassene ned til 2 m dyp viste f.eks. en oksygenmetning tilnærmet 120%, og med pH-verdier inntil 9. Samtidig var de dypere liggende vannmasser karakterisert av oksygenforbrukende prosesser. Oksygenmetningsverdiene avtok f.eks. gradvis med dypet ned til ca 60% nær bunnen av Akersvatnet.

De hydrografiske forandringer i Akersvatnet gjennom juli og august er viktige som bakgrunn for

forståelsen av forutsetningene til blågrønnalgenes dominans i planktonet. Betingelsene som må tilfredsstilles har blitt beskrevet i tidligere rapporter (se f.eks. NIVA 1991, sidene 46-49). I juli 1992 var algeutviklingen fortsatt preget av forsommerens algesamfunn bl.a. med kiselalger og flagellater i størst mengde. Mot august inntraff deretter gradvis en overgang til dominans av blågrønnalger.

I vannmassene registreres samtidig med blågrønnalgeutviklingen synkende konsentrasjoner av nitrat. Mens konsentrasjonsverdiene for nitrat i juli gjennomgående var $>800 \mu\text{g N/l}$, viste de tilsvarende målinger i august verdier i området $300-500 \mu\text{g N/l}$. Konsentrasjonene av ortofosfat i de fri vannmasser varierte lite, og var stort sett i størrelsesområdet $5-10 \mu\text{g P/l}$. Innsjøens bunnvannmasser kunne imidlertid oppvise høyere verdier av fosforforbindelser ved noen av prøvetakingene.

Beregnes nitrogenveksttallet¹ (V_n , NIVA 1991, side 48) ut fra de foreliggende analyseresultater, ble i 1992 aldri verdier >70 oppnådd. Til sammenlikning kan nevnes at i 1989 passerte nitrogenveksttallet verdien 80 allerede i begynnelsen av juli, og holdt seg på det nivå frem til midten av august. I 1990 nådde nitrogenveksttallet opp til 80 i slutten av juli, kuliminerte i slutten av august (tilnærmet verdi 100) for å synke gradvis til under 90 i løpet av september. Resultatene illustrerer at året 1992 var et relativt beskjedent "blågrønnalge-år" ut fra de foreliggende observasjoner (Berge 1993).

3.3.3 Undersøkelsesperioden i 1993

Resultatene er fremstilt grafisk på FIGURENE 15-24.

Noen hovedtrekk i utviklingen av de hydrografiske faktorene vil bli omtalt.

Sammenliknet med situasjonen i 1992, var det mindre markert lagdeling i Akersvatnet forsommeren 1993. En omfattende omrøring av vannmassene gjorde seg gjeldende, bl.a. betinget av innsjøens eksponerthet for nord-sydgående vinder. Forholdet medførte en virkningsfull tilførsel av oksygen til vannmassene. Bare i innsjøens dypere vannlag gjorde det seg tildels gjeldende et oksygenforbruk som medførte lave verdier for oksygenmetning ($<40\%$).

Et markert trekk i utviklingen gjennom forsommeren 1993 var knyttet til stoffomsetningen av

$$^1\text{Nitrogenveksttall. } V_n = \frac{\text{Total nitrogen} - \text{nitrat}}{\text{Total nitrogen}} \cdot 100.$$

(Nitrogenveksttall høyere enn 80 medfører erfaringsmessig blågrønnalgedominans i planktonet)

silisium. Vintervannmassene hadde et høyt innhold silisiumforbindelser (>3 mg SiO_2/l). I mai og juni fant et raskt avtak i silisiumkonsentrasjoner sted, og ved observasjonene 12. juli lå verdiene i området 1,5-2,5 mg SiO_2/l . Den frodige utvikling av diatoméer - spesielt slekten Melosira (dominert av M. granulata) - var den vesentlige årsak til forløpet. Sedimentene mottar mye av kisel skallene som diatoméene produserer (kiselgur).

I samsvar med fremveksten av sommerplanktonet i Akersvatnet, ble det i juli konstatert en vesentlig høyning av verdiene for klorofyll a. De største verdiene ble bestemt ved prøvetakingen 10. august. Da var klorofyllverdiene i epilimnion i området 30 $\mu\text{g Chl/l}$. Dette representerte en situasjon med vannblomst av blågrønnalger - spesielt slekten Anabaena (med A. circinalis og A. crassa) - var dominerende.

Fosfor- og nitrogenforbindelser regnes tradisjonelt som de viktigste begrensende plantenæringsstoffer for algeutvikling. I observasjonsperioden 1993 varierte totalfosfor i konsentrasjonsområdet 23-60 $\mu\text{g P/l}$. Ortofosfatverdiene lå på tilsvarende måte i intervallet 5-35 $\mu\text{g P/l}$. Selv under forhold med maksimum forekomst av planktonalger, var det tilgjengelig ortofosfat - løst reaktivt fosfor - til stede i de fri vannmasser.

Når det gjelder nitrogenforbindelser, viste både totalnitrogen og nitrat som i tidligere år (NIVA 1991, side 32) en markert avtaking under sommerens vegetasjonsutvikling. Men på tilsvarende måte som for ortofosfat, var det stadig tilgjengelig nitrat i de frie vannmasser for algevekst. Dette resultatet viser at det i 1993 var andre faktorer enn tilgangen på plantenæringsstoffer som begrenset algeutviklingen under de rådende forhold i Akersvatnet.

Beregninger av nitrogenveksttallet (V_n) i 1993 viste at verdiene aldri ble høyere enn 70. Forholdet tilsier at sammenliknet med 1992, var året ennå mer ugunstig når det gjelder blågrønnalgeutvikling. Resultatene som ble oppnådd i 1992 og 1993 fremhever anvendelsen av nitrogenveksttallet (V_n) som et egnet holdepunkt til bedømmelse av sannsynlighet for blågrønnalgedominans i planktonet.

3.3.4 Algevekst og toksindannelse

Resultatene av de kvantitative undersøkelser av planteplankton i 1992 er sammenstilt i to tabeller. TABELL 3 gjengir resultatene for blandprøver fra 0-6 m dyp. TABELL 4 omfatter resultater av prøver innsamlet i 1 m dyp. I den grafiske fremstilling FIGUR 25 er algebiomassens totalvolum og prosentvise sammensetning belyst for blandprøvene 0-6 m dyp.

Forsommerplanktonet 1992 var preget av flagellater (av gruppene Chrysophyceae og Cryptophyceae) og diatoméer (Bacillariophyceae). Blågrønnalger fikk stor betydning i slutten av juli, spesielt med arten Aphanizomenon flos-aquae. I midten av august dannet diatoméer

masseforekomst med arten Melosira granulata. Et nytt maksimum med blågrønnalger utviklet seg i september, da også Aphanizomenon flos-aquae dannet vannblomst. I september og oktober var planteplanktonet i første rekke sammensatt av flagellater og diatoméer. Små flagellater (f.eks. Rhodomonas lacustris og chrysomonader) var typiske høstformer i Akersvatnet.

Også forsommerplanktonet - observasjon 28.juni - i 1993 var preget av flagellater og diatoméer. Spesielt hadde diatoméen Melosira granulata stor biomasse. Blågrønnalger var bare sporadisk representert. Ved observasjon 14. juli var blågrønnalgene kommet i frodig utvikling. Den fremtredende art var Aphanizomenon flos-aquae sammen med noe Anabaena cincinnalis og Anabaena crassa. Det kan nevnes at arter av Microcystis ble funnet i sparsom forekomst. Blågrønnalgene fortsatte med dominans i planteplanktonet gjennom august. Men ved observasjon 23. august ble flagellaten Ceratium hirundinella påvist i stor forekomst. Også gjennom høstmånedene september og oktober var det blågrønnalger som preget Akersvatnet. De samme arter som nevnt var fremtredende, men også Gomphosphaeria naegeliana og arter av Microcystis gjorde seg gjeldende. Ved observasjonen 18. oktober 1993 var planktonforekomsten i Akersvatnets vannmasser av beskjeden biomasse.

Resultatene av de utførte toksisitetstester er fremstilt i TABELL 5. For sammenhengs skyld er resultater tilbake til 1989 inkludert. For øvrig vises også til TABELL 9 som gjengir tilsvarende kjemiske bestemmelser av microcystin. Som det fremgår er det blågrønnalgetoksiner med henholdsvis hepatotoksisk og protrahert toksisk virkning vi finner (Skulberg et al. 1993). Generelt er det et blågrønnalgemateriale med lave giftkonsentrasjoner av microcystin som nå - 1993 - er til stede i Akersvatnet sammenliknet med i tidsperioden før 1989. Men det må understrekes at de toksikologiske problemer knyttet til forekomsten av toksiner med protrahert toksisk virkning ennå ikke er undersøkt i aktuell forbindelse.

4. Vannforbedringstiltak med hydrologisk grunnlag

4.1 Bakgrunn for tiltaket

Akersvatnet har en utilfredsstillende vannkvalitet som råvannskilde til drikkevannsforsyning (NIVA 1991). Det er flere forhold som bidrar til dette, bl.a. stor forekomst av alger som medfører problemer for renseprosessen, og masseutvikling av toksinproduserende blågrønnalger.

Praktiske tiltak for å behandle disse problemer, omfatter flere fremgangsmåter.

a) Reduksjon av forurensningsbelastning

Dette representerer konvensjonelle tiltak i forbindelse med sanering av eutrofe innsjøer. Ved å begrense tilførselene til innsjøen med plantenæringsstoffer (særlig fosfor- og nitrogenforbindelser) følger bl.a. en forminskert algeproduksjon i vannmassene. Erfaring fra ulike geografiske områder viser at til dels gode resultater er oppnådd med slike metoder (Sas 1989).

Vurderinger utført for Vestfold interkommunale vannverk har konkludert med at tiltakene som kan iverksettes for Akersvatnet er av langtidskarakter med hensyn til effekter for råvannskvaliteten. Det er lite realistisk å regne med at en reduksjon av forurensningsbelastningen i overskuelig fremtid kan bringe konsentrasjonene av fosfor- og nitrogenforbindelser i Akersvatnets vannmasser til et nivå som teoretisk er definert som "akseptabelt" (NIVA 1989). Og selv om dette konsentrasjonsnivå eventuelt skulle bli innfridd, ville det likevel ikke utelukke masseutvikling av toksinproduserende blågrønnalger i Akersvatnet (NIVA 1991).

Denne konklusjon er selvsagt ikke i strid med at en reduksjon av forurensningsbelastning i Akersvatnets nedbørfelt er en nødvendig forholdsregel for å unngå en forverret eutrofiering av innsjøen.

b) Biologisk/kjemisk kontroll av algeutvikling

Flere typer fremgangsmåter inngår i denne kategori. Fra en rekke land foreligger det positiv erfaring med bruk av slike metoder i moderne vannverkspraksis (NIVA 1986). Ved en hensiktsmessig bruk av f.eks. kjemiske hjelpemidler kan uønsket algevekst kontrolleres effektivt. Tiltakene kan betraktes som straksløsninger for vannforsyninger med algeproblemer. De er forholdsvis enkle å gjennomføre og representerer løsninger med lave omkostninger.

Det foreligger liten erfaring her i landet med slike metoder. Forvaltningsmyndighetene har ikke vist interesse for å prøve fremgangsmåtene ut i praktisk skala. VIVs søknad om kontroll av algeutviklingen i Akersvatnet på denne måte ble f.eks. avslått av Miljøverndepartementet (Åsheim 1993).

c) Tiltak med hydrologisk grunnlag

Gjennom systematiske inngrep i vannføring, vannutskiftning, vannstandsvekslinger osv. kan det oppnås en gunstig påvirkning av en innsjø for å bedre råvannskvaliteten til vannforsyningsformål. Disse fremgangsmåtene forutsetter god kunnskap om limnologiske og hydrogeologiske sider ved lokaliteten (Schneider 1973).

Det er gjennom undersøkelsene fremkommet holdepunkter for at en betydelig grunnvannsandel inngår i vannmassene til Akersvatnet. Ved ulike praktiske tiltak er det muligheter for i perioder å forsterke grunnvannspåvirkningen av innsjøen. Forholdet åpner for en manøvrering av vannutskiftningen som eventuelt kan bidra til å minske problemene med alger og risiko for oppblomstringer med toksindannende blågrønnalger.

4.2 Kontrollert vannutskiftning i Akersvatnet

Tankegangen for tiltaket bygger på at det er mulig å gjøre en påvirkning av hydrologiske faktorer som kan bidra til å bedre råvannskvaliteten og motvirke masseutvikling av blågrønnalger. Det representerer en type straksløsning ved at virkningen av tiltaket følger tilnærmet samtidig med gjennomføringen.

Det er hovedsakelig to hensikter som vil bli forsøkt oppnådd:

- forsterke grunnvannsinntaket - øke prosentandelen av rent grunnvann - på vannmassene i Akersvatnet
- minske oppodningen med blågrønnalger og begrense deres utviklingsmuligheter.

Tiltaket består i en regulert utskiftning av vann i Akersvatnet. Ved en tilrettelagt pumping av vann ut av innsjøen - f.eks. 300 l/s over en valgt periode - vil det kunne bli en utskiftning av et vannvolum tilsvarende ca. 25 % med grunnvann. Det er vinteren som fortrinnsvis benyttes til formålet, et tidsrom da det gjennomgående er minimal tilførsel av overflatevann til Akersvatnet. Under normale meteorologiske forhold vil perioden desember - mars (april) være aktuell, dvs. fra

islegging til isløsning. Denne "vinterpumping" vil foruten å forsterke grunnvannsinntilføringen kunne medføre reduksjon av podemateriale (celler, hormogonier og akineter) med blågrønnalger og samtidig fjerne næringsrikt bunnvann fra innsjøen. Ved inngangen til sommersesongen skulle da Akersvatnet komme i en startposisjon med hensyn til vannkvalitet og en utgangsbestand av alger som gjennomgående er mer ugunstig for utvikling av blågrønnalger, men gir andre algegrupper konkurransefordeler. Erfaring fra de utførte undersøkelser i Akersvatnet (NIVA 1989, 1991) gir holdepunkter for at så lenge blågrønnalgene er tilbaketrukket i planktonsamfunnet, er det relativt god balanse mellom primærprodusenter og beitere i de fri vannmasser. Dette gir forhold som er gunstig for råvannskvaliteten til vannforsyningen.

Tiltaket forutsetter en normal vintersituasjon med liten tilførsel av overflatevann. Grunnvannstilføringen til Akersvatnet kan da økes ved vannforbruk (pumping) fra innsjøen. Pumpingen medfører at forskjellen mellom grunnvannets nivå og innsjøens nivå blir større, noe som fører til grunnvannsinntilføring til innsjøen.

Også under sommersituasjonen vil utpumping av vann på tilsvarende måte kunne medføre økt grunnvannsandel i Akersvatnet. Stort uttak av vann ved pumping til vanningsvann (f.eks. ved Stokke Jordvanning A/L) vil forsterke effekten. Generelt vil under egnede hydrologiske situasjoner, og når vannstanden i Akersvatnet er sunket til ca. 14 m o.h. - terskelnivået -, vil utpumping av vann fremme en formålstjenlig utskiftning av Akersvatnets vannmasser.

4.3 Teknisk utførelse

Planen innebærer å lense ca. 1.5 mill. m³/mnd. ut av Akersvatnet. Pumping skal foregå i måneder med frost og dermed minimal tilførsel av overflatevann til innsjøen.

Det ble bygget en spesiallaget flåte som bærer pumpene. Flåten har en bæreevne på ca. 8000 kg. Midt på flåten er det laget en "brønn" som pumpene kan heises opp og ned i. Over brønnen er montert et stillas med talje. I flåtebyggingen ble det tatt spesielle hensyn til at flåten skulle settes ut med helikopter. Selve utplasseringen av flåten med helikopter tok 15 minutter (20.02.1992, pumpingen tok til 02.03.1992).

Flåten ble plassert ca. 80 m fra sjøens utløp. Her er dybden 3.5 m. Det hadde vært ønskelig med større dyp, men topografien i Akersvatnet er slik at for å øke dybden med ytterligere 2 m, måtte vi noen hundre meter fra utløpet. Største dyp i innsjøen er ca. 13 meter, og dyppunktet ligger ca. 2 km fra utløpet.

Pumpene som henger i flåten (2 stykker), har kapasitet på 150 l/sek. mot/5 m Vs. Pumpene

henger ca. 0.5 m fra bunnen, nok til at vi ikke suger opp slam. Fra hver pumpe er det lagt 185 m \varnothing 315 mm PE (PN4). Rørene ligger på bunnen fra flåten og noe nedover i avløpet fra Akersvatnet i Melsombekken.

El-kabel fra land til pumpen er bendslet til avløpsrørene. Start/stopp av pumpene foregår fra et skap på land. Den ene pumpen er noen sekunder tidsforsinket i starten for å redusere startstrøm. Hver pumpemotor er på 11 kW.

4.4. Fullskala-forsøk

Vestfold interkommunale vannverk besluttet i 1991 å starte utprøvingen av det aktuelle tiltak.

Vinteren 1992 ble et fullskala forsøk påbegynt i Akersvatnet. Utpumpingen startet 2. mars og strakk seg over 38 døgn. I dette tidsrom ble det pumpet ut ca. 1 mill. m³ av Akersvatnets totale vannvolum. Sommeren 1992 var det dessuten stor anvendelse av vann til jordvanning i utstrakte tørkeperioder. Vinteren 1993 ble utpumpingen påbegynt i januar og strakte seg ut april måned. Også sommeren 1993 ble jordvanning praktisert i anselig utstrekning med bruk av Akersvatnet til formålet.

4.5 Virkninger for Akersvatnet

Utpumpingen av vann fra Akersvatnet vil gi såvel kortsiktige som langsiktige virkninger for vannkvaliteten i innsjøen.

Det er en vanskelig oppgave å registrere disse effekter, og å kunne gi holdepunkter for direkte og aktuelle sammenhenger i årsak/virkningsforholdet (se avsnitt 5.5). Først etter en flerårig observasjonsserie vil det være mulig å dokumentere innvirkningene av tiltaket på vannkvaliteten i Akersvatnet på en fullverdig måte. Det vil i det følgende bare bli gitt en foreløpig behandling av enkelte observasjonsresultater.

Vegetasjonsperiodene i 1992 og 1993 var under innflytelse av bl.a. eventuelle virkninger utpumpingen av vann medførte. I FIGUR 26 er noen observasjonsresultater fra Akersvatnet stilt sammen for å belyse enkelte forandringer i hydrografiske/biologiske faktorer som er av interesse for den aktuelle betraktning. Det er gjort en sammenlikning mellom resultater av observasjoner gjennom seks år (for tidsrommet 1987-1993), hvorav 1992 og 1993 representerer år for pumpeforsøket. Analyseresultater i prøver fra 4 m dyp er valgt ut til formålet, og parametere som har oppmerksomhet er nitrat, ortofosfat, nitrogenveksttall og konduktivitet.

Det er tydelig at 1992 og 1993 fremhever seg på særegen måte når det gjelder verdiene for nitrat, nitrogenvektstall og konduktivitet. Verdiene for ortofosfat er relativt like gjennom tidsperioden som betraktes. Størst forskjell viser verdiene for konduktivitet. I 1992 og 1993 ble det f.eks. registrert en økning i elektrolytisk ledningsevne på mer enn 3 mS/m i Akersvatnets vannmasser i forhold til verdiene målt i foregående år. Store forandringer i blågrønnalgenes kvalitative forekomst gjorde seg gjeldende i 1993. Det er nærliggende å sette dette forhold i sammenheng med en større grunnvannspåvirkning av Akersvatnets vannmasser. De relativt høyere verdier for nitrat i 1992 og 1993 vil være i samsvar med tankegangen, tatt i betraktning bevegelsen til nitrationsnet i geologiske avsetninger. Nitrogenvektstallet på sin side har sammenheng med bl.a. tilførselene med nitrat til vannmassene i Akersvatnet. Verdiene til nitrogenvektstallet viser dessuten at forholdene i vannmassene ikke var gunstige for masseutvikling av blågrønnalger. Dette er i samsvar med de aktuelle observasjonene av blågrønnalgeutviklingen i 1992 og 1993 (se avsnitt 3.3.4).

Det er nødvendig med flere forbehold og forsiktighet knyttet til denne fremstilling. Men observasjonene gir likevel flere indikasjoner på, at utpumpingen av vann i 1992 og 1993 fra Akersvatnet bidro i tiltenkt retning med å bedre vannkvaliteten for råvannet til VIVs reservevannverk.

5. Hydrobiologiske forandringer i Akersvatnet.

5.1 Bakgrunn

Vannkvaliteten i en innsjø bestemmes av mange faktorer i vekselvirkning med hverandre. Nedbørfeltets geologiske oppbygging, klimatiske forhold og menneskelig virksomhet danner utgangspunkt for vannmassenes kjemiske og biologiske sammensetning. Organismelivet i innsjøen utvikler seg på dette grunnlag og påvirker vannet med sine stoffskifteprodukter. Det er derfor mange forhold som bestemmer hvordan en innsjø f.eks. er egnet som råvannskilde for vannforsyning. Samtidig er det mange hensyn som må tas for å beskytte en vannkilde mot forurensning.

Algene er innsjøenes viktigste primærprodusenter. Direkte og indirekte kan de påvirke vannkvaliteten og lage problemer for praktisk bruk av vann. Algevegetasjonen reagerer følsomt på miljøpåvirkninger. Algene gir derfor også gode holdepunkter til vurdering av forandringer i vannkvalitet.

Det kan være formålstjenlig å gjøre et tilbakeblikk på bl.a. sammenheng mellom algeutvikling i Akersvatnet og påvirkningene av vannkvaliteten i råvannet til vannforsyningen. Dette vil gi anledning til å drøfte viktige utviklingstendenser i innsjøen. Da det foreligger forholdsvis gode faglige holdepunkter til å beskrive de aktuelle forandringer, frembyr Akersvatnet et verdifullt eksempel på lærerik innsjøhistorie.

5.2 Foreliggende kunnskap

På mange måter dannet undersøkelsen i 1953-1954 til Oddvar Dalin (1955) opptakten til det moderne limnologiske arbeidet med vannkvalitetsproblemer i Akersvatnet. Nøtterøy og Tønsberg hadde da et felles vannverk som tok råvannet i Akersvatnet. Praktiske og hygieniske vanskeligheter med vannforsyningen fra Akersvatnet var tydelig til stede, og undersøkelser ble gjennomført for å dokumentere forholdene (NIVA 1959). Da hadde Akersvannverket vært i drift siden 1932 med Akersvatnet som lokal drikkevannskilde (NIVA 1966, NIVA 1968).

Vannforurensningsproblemer knyttet til eutrofiering av innsjøer fikk økende oppmerksomhet i Norge i begynnelsen av 1960-årene. Innsjøer i Vestfold var egnede studieobjekter, og Akersvatnet ble inkludert blant lokaliteter for undersøkelse (Skulberg 1965, 1968).

Gjennom 1960-årene foregikk utbyggingen av den interkommunale vannforsyning i Vestfold. I

1968 kunne Tønsbergområdet motta vann fra Farris, og det gamle Akersvannverket ble tatt ut av drift (Åsheim 1993). Men behovet for reservevannverk gjorde det aktuelt å beholde Akersvatnet som råvannskilde i reserveøyemed. I 1980 var reservevannverket ferdig utbygd. I denne forbindelse ble bl.a. undersøkelsen av spylevannets innflytelse på bunnen rundt utslippsstedet gjennomført (NIVA 1984).

Ettersommeren 1984 ble det påvist at blågrønnalgen som dannet masseutvikling i Akersvatnet var toksinproduserende (NIVA 1985). Dette innledet bl.a. et betydelig forskningsarbeid med undersøkelser av de aktuelle organismene, deres stoffskifteprodukter og toksikologiske egenskaper (Berg et al. 1986). Siden da har arbeidet med Akersvatnet og blågrønnalgene der ført frem til bl.a. isolering av den toksinproduserende klon av Microcystis aeruginosa, karakterisering av gifteffektene og klarlegging av molekylstrukturen til toksinet akerstox. Akersvatnet ble dermed en lokalitet av internasjonal klasse i forskningssammenheng (Charmichael 1988).

Undersøkelsene i Akersvatnet for Vestfold interkommunale vannverk har hovedsakelig vært utført for å gi en løpende bedømmelse av vannkvalitet og behovet for praktiske forholdsregler knyttet til vannforsyningen. Arbeidet med vannkvalitetsproblemene har likevel gitt en noenlunde god kontinuitet i observasjoner av tilstanden i Akersvatnet. Men det er spesielt fra den siste tiårsperioden at det foreligger et mer systematisk innsamlet materiale som belyser innsjøsituasjonen mer detaljert. En oversikt over skriftene som rommer dette faglige stofftilgang er utarbeidet (NIVA 1991, sidene 9-10).

5.3. Akersvatnets vegetasjon av blågrønnalger

Akersvatnet har sannsynligvis fra svært langt tilbake (kulturlandskap - jordbruk) vært en innsjø med blågrønnalgeoppblomstringer. Klimatiske faktorer og nedbørfeltets kulturpåvirkninger setter seg sammen og forårsaker dette.

Ut fra resultatene av NIVAs undersøkelser og de foreliggende klimadata, kan forholdene gjennom den siste 30-årsperiode bedømmes (NIVA 1991). Det viser seg, basert på dette, at 8 år hadde spesielt store blågrønnalgeoppblomstringer (hvorav 1982, 1984 og 1989 var i 1980-årene), og 10 år hadde små forekomster av blågrønnalger (hvorav 1985, 1986, 1987 og 1988 var i 1980-årene). De øvrige 12 år var av en mellomliggende type. Årene 1989 og 1990 hørte til blant de mest gunstige for masseutvikling av blågrønnalger. Vi må tilbake til slutten av 1970-årene for å finne tilsvarende gode betingelser.

Men det er ikke bare den mengdemessige fremvekst av blågrønnalger som varierer med tiden. Markerte kvalitetsmessige forandringer har også vært registrert. Noen hovedtrekk i utviklingen vil bli kommentert.

I TABELL 6 er det gitt en oversikt over de påviste arter med blågrønnalger i Akersvatnet. Listen omfatter 11 arter av gruppen encellede, kolonidannede typer (Chroococcales) og 7 arter av flercellede, trådformige typer (Hormogonales). Artene som er påvist i Akersvatnet omfatter blågrønnalger som stort sett er vanlige i eutrofe, østnorske innsjøer. Flere av artene tilhører typiske vannblomstdannere, dvs. i perioder med masseutvikling setter de fullstendig preg på vannets utseende og farge (Skulberg 1965). Deres opptreden gjennom tid i Akersvatnets plankton gjenspeiler forhold som bl.a. er viktige for forståelsen av eutrofiprosessen innsjøen har gjennomgått. I TABELL 7 er det gitt en retrospektiv vurdering av noen hovedtrekk i utviklingen av Akersvatnets blågrønnalgevegetasjon. Noen kommentar til utviklingsforløpet blir gitt i det følgende.

I undersøkelsen til Dalin (1953-1954) ble det registrert vannblomstdannelse i Akersvatnet, (- side 29: "Om høsten kunne en på Akersvannet i stille vær se vannblomst som skrev seg fra en blågrønn alge". Side 45-46: "Som nevnt kan en om høsten se store mengder blågrønne alger på Akersvannet. Disse utskiller en skarp lukt som en kan merke på flere hundre meters avstand (Gunnar Nygaard). Disse alger bidrar uten tvil til nedsetting av vannets kvalitet som drikkevann".) Det fremgår av rapporten at de aktuelle artene i den beskrevne vannblomstdannelse tilhørte slektene Anabaena og Aphanizomenon (Dalin 1955).

Ved undersøkelsen i 1958 (NIVA 1959) ble det også konstatert vannblomst i Akersvatnet (- side 12: "Akersvannet er allerede i dag preget av sterk algevekst, i oktober 1958 ble det f.eks. observert en masseforekomst (vannblomst) av blågrønnalgen Aphanizomenon flos-aquae".).

Da NIVA foretok sine kvalitative undersøkelser av blågrønnalgevegetasjon i Vestfold i 1960-årene (Skulberg 1965, 1968) var først og fremst arter av Oscillatoria dominerende i Akersvatnets plankton. En fremtredende art var f.eks. Oscillatoria agardhii var. isothrix som årlig dannet vannblomst i innsjøen (Skulberg 1968, side 190). Når det gjelder arter av slekten Microcystis, var disse til stede i algevegetasjonen, men de utviklet ikke masseforekomst (Romstad & Skulberg 1972).

I 1968 ble Akersvatnet gjenstand for et inngrep med senkning av vannstanden på ca. 2 m. Med dette ble innsjøens vannvolum redusert med 26 % (før 1968 - vannvolum $19,529 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; etter 1968 - vannvolum $14,464 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Konsekvensene dette medførte for vannkvalitet og biologiske forhold ble - så langt det er brakt på det rene - ikke nærmere undersøkt. Men av inngrepets dimensjon, er det selvsagt at store forandringer må ha gjort seg gjeldende i limnologiske forhold. Det er f.eks. påfallende at i de etterfølgende år inntreffer et skifte i blågrønnalgevegetasjonen mot større dominans av arter i slekten Microcystis. 1970-årene ble

preget av masseutvikling og årvisst vannblomstdannelse av disse organismene.

Vannkvalitetsproblemer spesielt knyttet til blågrønnalgeutvikling i innsjøer i Vestfold ble tatt opp til undersøkelse i 1980-årene i et samarbeid mellom Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvern avdelingen, og Vestfold interkommunale vannverk. For Akersvatnets vedkommende viste resultatene at en artsrik vegetasjon av blågrønnalger preget planktonet. Det var Microcystis aeruginosa som dominerte i kraft av vannblomstdannende organisme (NIVA 1985).

Den første påvisning av en toksinproduserende stamme av Microcystis aeruginosa ble rapportert i september 1984 (Åsheim 1993, side 41). Populasjoner av denne stammen har holdt seg i Akersvatnet - men med varierende mengdemessig opptreden - frem til nå (1993).

I siste halvdel av 1980-årene gjorde det seg gjeldende nye forandringer i blågrønnalgevegetasjonen i Akersvatnet. Et fremtredende trekk var at Aphanizomenon flos-aquae fikk økende betydning som vannblomstdannende art (NIVA 1989). De meteorologiske faktorer var tildels ugunstige for blågrønnalgeutvikling - f.eks. 1987 og 1988 - og dette fikk avgjørende betydning for de aktuelle oppblomstringer. Under de rådende omstendigheter, var det likevel henholdsvis Microcystis aeruginosa og Aphanizomenon flos-aquae som var de fremtredende vannblomstdannende arter (NIVA 1989). Dette forhold gjorde seg fortsatt gjeldende i undersøkelsesårene 1989 og 1990. Og det var et tydelig trekk at Microcystis aeruginosa inntok en mer tilbaketrukket plass i planktonsamfunnet (NIVA 1991). Observasjonene i 1992 kan illustrere den relative betydning av de to artene under masseutvikling av blågrønnalger i Akersvatnet. I TABELL 8 er det stilt sammen resultater av kvantitativ forekomst av Aphanizomenon flos-aquae og Microcystis aeruginosa i prøver innsamlet henholdsvis 14. juli og 20. august i 1992. Det fremgår tydelig hvordan Aphanizomenon flos-aquae er den mengdemessig dominerende art.

Erfaringene fra 1993 viser at det beskrevne forløp har fortsatt å gjøre seg gjeldende. Blågrønnalge -vegetasjonen har i betydelig grad vært preget av dominans med trådformede arter. I første rekke har Aphanizomenon flos-aquae vært fremtredende, men nye arter som Anabaena circinalis og Anabaena crassa har samtidig blitt viktige innslag i planktonet.

Sammenfattende og forenklet kan utviklingsforløpet i Akersvatnet kort bli skissert som en forandring gjennom tre faser. Fra en periode hvor trådformige blågrønnalger var fremtredende (hormogonale arter, f.eks. Aphanizomenon flos-aquae, Oscillatoria agardhii var. isothrix), førte utviklingen til dominans av encellede kolonidannende arter (Chroococcale arter, f.eks. Microcystis aeruginosa), som igjen gikk tilbake i betydning etterfulgt av trådformige blågrønnalger som dominerende organismetyper (hormogonale arter, f.eks. Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena circinalis). Men gjennom hele tidsperioden som betraktes (1950-1993) har det vært et blågrønnalgesamfunn i Akersvatnet med utpreget høy biodiversitet (TABELL 6).

Samtidig med disse forandringer er det observert - se nedenfor - at Microcystis aeruginosa - som hadde sin glansperiode i 1970- og 1980-årene - etterhvert utviklet toksinproduserende stammer, men som deretter i 1990-årene har dannet populasjoner med stammer av til dels ikke-toksinproduserende natur.

5.4. Forandringer i toksinproduksjon

Det er tidligere redegjort for hvilke arter av blågrønnalger som forekommer vanlig i Akersvatnet og som er rapportert å kunne ha stammer med toksinproduksjon (NIVA 1986, 1991, Skulberg et al. 1993). Oppmerksomheten har hovedsakelig vært rettet mot stoffgruppen betegnet microcystiner (cycliske heptapeptider), hvor akerstox produsert av Microcystis aeruginosa er et typisk eksempel. Med det er også andre toksintyper til stede knyttet til utvalget av de aktuelle arter i Akersvatnets vegetasjon (Skulberg 1988).

Spesielt når det gjelder toksinet microcystin har undersøkelsene i Akersvatnet avdekket interessante forhold knyttet til toksinproduksjon. Dette behandles i det følgende.

Arten Microcystis aeruginosa må ha hatt en lang eksistenstid i Akersvatnet før den fikk praktisk interesse. Men utviklingen fra å ha en forholdsvis tilbaketrukket plass i planktonet, til å bli en dominerende og vannblomstdannende organisme, har trolig funnet sted i tidsrommet omkring 1970. Det er velkjent at en populasjon av Microcystis aeruginosa i naturen opptrer med så vel toksinproduserende som ikke-toksinproduserende stammer (Skulberg 1988). Erfaring fra vårt geografiske område viser at i tilfeller med vannblomst av Microcystis aeruginosa er det omlag 50 % sannsynlighet for at det er en stamme med toksinproduksjon som dominerer (Berg et al. 1986).

Spørsmålet om når eventuelt en populasjon med toksinproduserende Microcystis aeruginosa etablerte seg i Akersvatnet er vanskelig å besvare. Vegetasjonsperioden i 1984 var preget av sterk fremvekst av blågrønnalger, og Microcystis aeruginosa var da en vannblomstdannende art gjennom ettersommeren og høsten. Mistanken om at blågrønnalgetoksiner kunne dannes var bakgrunnen for at undersøkelser ble innledet dette året. Det første registrerte tilfellet med forgiftninger av blågrønnalgetoksiner i Norge fant sted i 1978 (Skulberg 1979). Innsjøen Frøylandsvatnet på Jæren hadde da også vannblomst med den samme art av Microcystis. Det var derfor nærliggende å trekke paralleller til situasjonen i Akersvatnet. Resultatene fra de analyserte prøver fra Akersvatnet ettersommeren 1984 viste at blågrønnalgen Microcystis aeruginosa - med masseutvikling i innsjøen - var sterkt toksinholdig (NIVA 1985).

Erfaringene fra Jæren har vist at Microcystis aeruginosa i Frøylandsvatnet har hatt toksinproduserende stammer i planktonet helt fra den første påvisning i 1978 og frem til i dag (1993). Forholdene som er observert i Akersvatnet avviker fra dette. Undersøkelsene av vannblomstmateriale for innhold av akerstox viser at blågrønnalgene har gjennomgått en forandring fra å ha et høyt toksininnhold til å bli praktisk talt toksinfrie. I TABELL 9 er det gitt en oversikt over resultater med aktuelle bestemmelser av microcystin i prøver fra Akersvatnet i perioden 1984-1993. Det fremgår at blågrønnalgene som dannet vannblomst hadde et høyt innhold av microcystin i perioden 1984-1987, deretter har microcystin -innholdet avtatt, for i perioden 1991-1993 ikke å bli påvist.

Flere mulige omstendigheter kan bidra til å gi forklaring på forholdet, hvor to bør spesielt fremheves:

- Populasjonen av Microcystis aeruginosa i Akersvatnet er ikke lenger dominert av toksinproduserende stammer.
- Masseutviklingen av blågrønnalger i Akersvatnet har i 1990-årene ikke vært dannet av Microcystis aeruginosa, men av andre arter blågrønnalger.

Det kan nevnes (TABELL 10) at de toksinproduserende klonene av Microcystis aeruginosa (NIVA-CYA 228) som ble isolert fra populasjonen i Akersvatnet i 1987, dyrkes fortsatt i laboratoriekultur. Disse klonene har beholdt sin primære egenskap med høyt toksininnhold (Skulberg & Skulberg 1990).

6. Diskusjon av årsaks/virkningsforhold

Det foreligger nå faglige holdepunkter fra undersøkelser i Akersvatnet som spenner over omlag femti år. Dette er et kort tidsavsnitt i innsjøens over tusenårige historie (Sørensen 1979). Imidlertid representerer disse fem dekkader nettopp en fase hvor Akersvatnet med sitt tilhørende nedbørfelt ble gjenstand for intensiv utnyttelse. Vi kan si at det geografiske området Akersvatnet er en del av, i det aktuelle tidsrom - fra 1950 til i dag - forandret seg fra et agrarlandskap i retning mot et urbanisert landskap med de ledsagende endringer i bruksmåte og miljøpåvirkninger.

Algevegetasjonen som utvikler seg i Akersvatnets fri vannmasser gir til enhver tid et uttrykk for innsjøens biologiske vannkvalitet. Betydelige endringer har blitt registrert gjennom de foreliggende observasjoner. Betraktes spesielt blågrønnalgevegetasjonen viser denne en tydelig utvikling som følger en økende grad av eutrofiering (Skulberg 1981) i Akersvatnet. Dette kommer til uttrykk bl.a. i overgangen fra Oscillatoria-dominerte planktonsamfunn i 1960-årene til Microcystis-dominerte planktonsamfunn i 1970- og 1980-årene. Utviklingstendensen så langt med tiltakende eutrofiering synes i noen grad å være brutt i 1990-årene. Da inntreffer en forandring i algevegetasjonens kvalitative sammensetning, og arter av slektene Aphanizomenon og Anabaena blir rådende. Samtidig blir det påvist at fremveksten av Microcystis i Akersvatnet ikke lenger eller i minsket grad - etter 1991 - er dannet av toksinproduserende stammer.

Hva er så de bakenforliggende årsaker til forandringene som har funnet sted i Akersvatnets biologiske vannkvalitet? Enkelte viktige momenter når det gjelder direkte påvirkninger av innsjøen og nedbørfeltet bør ha spesiell oppmerksomhet:

- 1932: Akersvatnet blir råvannskilde for Nøtterøy og Tønsberg fellesvannverk.
- 1959: Akersmyra tas i bruk til kultiveringsformål. (Brække 1979).
- 1968: Akersvatnet senkes med 2 m.
- 1968: Akersvatnet opphører som råvannskilde for Nøtterøy og Tønsberg fellesvannverk.
- 1980: Eutrofieringsbegrensende tiltak iverksettes i nedbørfeltet.
- 1991: Innledende tiltak gjøres for reduksjon av forurensningsbelastning ved arealavrenning.
- 1992: Pumpeforsøk med kontrollert utskiftning av vannmasser påbegynnes.

Miljøvernveddelingen, Fylkesmannen i Vestfold, har foretatt beregninger av tilførslene til Akersvatnet av fosfor- og nitrogenforbindelser. Landbruksaktivitet/husdyrhold står for 64 % av bidraget med fosforforbindelser og 82 % av bidraget med nitrogenforbindelser. Omlag halvparten av nedbørfeltet til Akersvatnet - som tilsammen utgjør ca. 14 km² - er dyrka mark eller bebodd areal. En allsidig menneskelig virksomhet med konsekvenser for forurensning av innsjøen gjør seg stadig gjeldende med ulik omfang og intensitet.

De klimatiske forutsetninger for algeutviklingen i Akersvatnet er behandlet i tidligere rapporter (NIVA 1989). I tidsperioden 1950-1993 har det vært til dels svært vekslende meteorologiske forhold med påvirkning av innstråling, temperatur og nedbør. Interessante sammenlikninger er blitt muliggjort i forbindelse med undersøkelsene til Vestfold interkommunale vannverk. Årene 1987 og 1988 ga f.eks. dårlige muligheter for blågrønnalgeutvikling i Akersvatnet, mens 1989 og 1990 ga gunstige forutsetninger. Erfaringene har vist at tilførslene med plantenæringsstoffer er kvalitativt viktige, men det er meteorologiske faktorer som i stor grad - direkte og indirekte - bestemmer algeproduksjonens størrelse i Akersvatnet under de rådende forhold.

Det er selvsagt at en konkret vurdering av de enkelte miljøfaktorenes betydning, og hvordan de setter seg sammen i påvirkningene av algevegetasjonen i Akersvatnet, fremdeles er utenfor det reelt oppnåelige. Det samme gjelder nyttevurderinger av de praktiske tiltakene som er iverksatt for å verne om vannkvaliteten i Akersvatnet. I noen grad er det mulig å bedømme hva tiltakene kan bety for det som er deres direkte hensikt (NIVA 1991, side 50-53), men de indirekte virkninger, og betydningen av tiltakene for miljøfaktorenes helhetlige effekt på Akersvatnet er ennå for kompliserte til annet enn spekulativ behandling.

Tilbake står da holdepunktene som fremkommer gjennom direkte observasjoner i innsjøen, og de aktuelle erfaringer om forholdene knyttet til lokaliteten og nedbørfeltet. Med en slik bakgrunn er det nå - 1993 - mulig å kunne merke en begynnende gunstig utvikling når det gjelder vannkvalitet og i forurensningsmessig sammenheng for Akersvatnet. De forskjellige praktiske tiltak som er satt i verk for å prøve å få den uheldige miljøpåvirkning under kontroll, synes å forsterke hverandre på positiv måte. Resultatene gir berettiget grunn til optimisme.

7. Henvisninger

- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. & Underdal, B. (1987): Investigation of a toxic water bloom of Microcystis aeruginosa (CYANOPHYCEAE) in Lake Akersvatn, Norway. *Hydrobiologia* 144:97-103.
- Berg, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R., Underdal, B. & Willén, T. (1986): Observations of toxic blue-green algae (CYANOBACTERIA) in some Scandinavian lakes. *Acta vet. scand.* 27:440-452.
- Berge, D. (1993): Akersvatnet. I: Tiltaksorientert overvåking i Grimestadbekken/Akersvatnet. Del B. Årsrapport 1992. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernavdelingen. pp. 18-26.
- Brække, F.H. (1979): Grøfte- og gjødslingeffekter på næringsfattig nedbørsmyr. Skogbruk 237, F16/19. Meldetjenesten. Det norske skogselskap.
- Carmichael, W.W. (1988): Toxins of freshwater algae. In: *Marine Toxins and Venoms. Handbook of Natural Toxins* (Ed. A.T.Tu), Vol. 3, pp. 121-147. Marcel Dekker, New York.
- Dalin, O. (1955): Tønsberg drikkevann. Undersøkelser 1953-1954. Tønsberg. 73 pp.
- Helland, A. (1914): Topografisk-statistisk beskrivelse over Jarlsberg og Larvik Amt. Den Almindelige Del. Kristiania. 494 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1959): Vestfold interkommunale vannverk. Undersøkelse av vannkilder i 1958. Rapport O-57. 7. februar 1959. 47 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1966): Undersøkelser ved Tønsberg og Nøtterøy fellesvannverk. Rapport O-125/65. 13. juni 1966. 12 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1968): Akersvatnet. Vannforsyning til Stokke kommune. Rapport O-79/67. 28. februar 1968. 4 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1984): Effektstudier av spylevannsutslipp fra Akersvannverkets rensenanlegg. Rapport O-84027, 5. des. 1984. 20 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1985): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1984. Rapport O-84135, 18. april 1985. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Kontroll av giftproduserende alger - Akersvatnet, Vestfold. - Forskningsbehov i Norge. Notat. Oslo, 11. november 1986. 10 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1989): Blågrønnalger - vannkvalitet i Akersvatnet, Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1987 og 1988 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV). Rapport O-84135. Oslo, 20. januar 1989. 35 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991): Akersvatnet. Blågrønnalger - vannkvalitet, resultater av undersøkelser i 1989 og 1990. Rapport O-90086. Oslo, 29. juli 1991. 56 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1992): Pumpeforsøk i Akersvatnet 1993. Forslag til arbeidsprogram. Notat til Vestfold interkommunale vannverk. 21. desember 1992.
- Norsk institutt for vannforskning (1993): Utviklingsforløp av hydrobiologiske forhold i Akersvatnet. Notat til Vestfold interkommunale vannverk. 22. juli 1993.
- Romstad, R. & Skulberg, O.M. (1972): Some observations on the distribution and abundance of blue-green algae of inland waters in Southern Norway. IBP i Norden. No. 10:22-37.
- Sas, H. (ed.) (1989): Lake restoration by reduction of nutrient loading. Expectations, experiences, extrapolations. Academic Verlag, Richarz.
- Schneider, H. (1973): Die Wasserschliessung. Vulkan - Verlag. Essen. 885 pp.
- Skulberg, O.M. (1965): Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nord.Jordbr.Forsk. 47(3):180-190. English summary.
- Skulberg, O.M. (1968): Studies on eutrophication of some Norwegian inland waters. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 14: 187-200.
- Skulberg, O.M. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. Fauna 31:48-54.
- Skulberg, O.M. (1979): Giftvirkninger av blågrønnalger - første tilfelle av Microcystis-forgiftning registrert i Norge. Norsk institutt for vannforskning, Temarapport 4, Oslo, 42 pp.

- Skulberg, O.M. (1981): Når innsjøer og elver blir overgjødset - kulturbetinget eutrofiering og algevekst. Norsk institutt for vannforskning årsbok 1980, Oslo. pp. 23-30. English summary.
- Skulberg, O.M. (1988): Blågrønnalger - vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. NIVA-rapport O-87006, Oslo, 15. mars 1988, 121 pp.
- Skulberg, O.M., Carmichael, W.W., Codd, G.A. & Skulberg, R. (1993): Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). In: Algal Toxins in Seafood and Drinking Water. Ed. I.R. Falconer. Chapter 9, pp. 145-164. Academic Press Ltd., London.
- Skulberg, R. & Skulberg, O.M. (1990): Forskning med algekulturer. - NIVAs kultursamling av alger. Research with algal cultures. - NIVA's Culture Collection of Algae. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. ISBN 82-577-1743-6, 32 pp.
- Sørensen, R. (1979): Late Weichselian deglaciation in the Oslofjord area, south Norway. *Boreas* 8: 241-246.
- Underdal, B. & Skulberg, O.M. (1983): Giftproduserende blågrønnalger i vannblomst. Problemer for helse og trivsel. Statens forurensningstilsyns årsrapport 1982. Rapport nr. 115/83, TA 588, pp. 87-92.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. internat. Verein. Limnol. 9-1-38.
- Utkilen, H. (1992): Cyanobacterial toxins. In: Photosynthetic prokaryotes. (Eds. N.H. Mann & N.G. Carr), pp. 211-231. Plenum Press, London.
- Åsheim, T. (1993): Langt av sted etter vann. Idé og bakgrunn. VIV 25 år. Vestfold interkommunale vannverk, Seierstad. 62 pp.

**TABELLER
OG
FIGURER**

TABELL 1. Fysiske og kjemiske analysemetoder

Analyseparameter	Enhet	Deteksjonsgrense	Metode
Konduktivitet	mS/m, 25°C	0,05 mS/m	NS 4721
Surhetsgrad	pH	-	NS 4720
Turbiditet	FTU	0,05 FTU	NS 4723
Farge	mg Pt/l	1 mg/l	NS 4787
Jern	µg Fe/l	5 µg/l	NS 4780/81
Kalsium	mg Ca/l	0,02 mg/l	Intern
Klorid	mg Cl/l	0,2 mg/l	Intern
Silisium	mg SiO ₂ /l	0,1 mg/l	Intern
Ortofosfat	µg P/l	1 µg/l	NS 4724
Totalfosfor	µg P/l	1 µg/l	NS 4725
Nitrat	µg N/l	1 µg/l	NS 4745
Totalnitrogen	µg N/l	10 µg/l	NS 4743
Tot.org.karbon	mg C/l	0,5 mg/l	Intern
Klorofyll a	µg Chl/l	1 µg/l	NS 4767

NS = Norsk standard

TABELL 2. Oversikt over prøvetaking på hovedstasjonen i Akersvatnet.

Felttokt	1992	1993
Vår	26. mars	2. mars
Forsommer	-	19. mai
Sommer	14. juli	15. juni
	5. august	12. juli
Ettersommer	20. august	9. august
		10. august

TABELL 3. Resultater av kvantitative undersøkelser av planteplankton.
Blandprøver 0-6 m dyp. 1992. Tallene angir mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Date=>	920629	920713	920806	920818	920902	920917	921005	921019
Cyanophyceae (Blågrønnalger)									
Anabaena spiroides	-	-	-	-	-	-	-	3.0	8.9
Aphanizomenon flos-aquae	16.8	175.2	6081.8	1397.9	4935.6	480.3	86.1	112.6	
Gomphosphaeria naegeliana	-	-	-	-	-	1.6	-	2.4	
Microcystis aeruginosa	4.5	12.0	45.0	7.5	99.0	-	-	-	
Microcystis wesenbergii	-	-	-	-	1.6	-	-	-	
Sum	21.3	187.2	6126.8	1405.4	5036.2	481.9	89.1	123.9	
Chlorophyceae (Grønnalger)									
Ankyra judai	1.7	-	.8	.7	-	-	-	-	
Ankyra lanceolata	11.1	.1	-	-	-	-	-	-	
Carteria sp. (l=6-7)	-	-	-	-	-	19.5	1.6	.8	
Closterium acutum v.variabale	-	.1	.1	.8	4.2	-	-	-	
Closterium limneticum	-	-	-	.4	-	-	-	-	
Cosmarium protractum	-	-	-	.8	.8	.8	-	-	
Gyromitus cordiformis	-	-	-	-	-	-	-	1.4	
Hofmania appendiculata	-	-	4.0	-	-	-	-	-	
Oocystis marssonii	-	2.3	-	-	-	-	-	-	
Oocystis parva	-	-	-	-	.2	-	-	-	
Paramastix conifera	-	-	-	-	-	-	.7	-	
Pediastrum boryanum	-	1.2	-	1.0	1.6	-	-	-	
Scenedesmus armatus	-	-	1.6	-	-	-	.8	-	
Scenedesmus bicaudatus	-	3.2	1.6	-	-	-	-	-	
Scenedesmus ecornis	-	-	-	-	.8	-	-	-	
Scenedesmus quadricauda	-	-	-	-	3.2	-	5.3	-	
Sphaerocystis schroeteri	-	1.3	-	-	.4	-	.4	-	
Staurastrum cf.gracile	-	-	4.8	7.2	30.0	2.0	1.0	-	
Staurastrum paradoxum	-	1.2	1.4	.7	1.8	-	-	1.4	
Sum	12.8	9.3	14.2	11.5	43.1	22.3	9.8	3.6	
Chrysophyceae (Gullalger)									
Aulomonas purdyi	-	-	-	-	.1	-	.1	-	
Bicosoeca sp.	-	-	-	-	-	-	.3	-	
Chromulina sp.	-	-	1.1	.5	-	-	-	-	
Craspedomonader	.3	-	20.1	1.0	1.4	.3	1.6	1.5	
Mallomonas akrokomos (v.parvula)	2.0	612.2	-	-	-	-	-	-	
Mallomonas spp.	-	-	4.0	-	-	-	-	-	
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	13.5	4.7	12.9	2.3	5.2	8.9	7.9	8.6	
Små chrysonomader (<7)	14.6	3.5	29.3	7.0	5.9	34.3	25.1	8.9	
Stelexomonas dichotoma	-	-	-	-	-	-	-	1.3	
Store chrysonomader (>7)	12.1	5.2	18.9	6.9	2.6	25.8	13.8	12.1	
Sum	42.4	625.5	86.2	17.7	15.2	69.4	48.8	32.3	
Bacillariophyceae (Kiselalger)									
Asterionella formosa	-	.7	.6	6.4	.6	-	-	1.0	
Melosira ambigua	2.0	.6	-	-	-	1.4	1.0	148.7	
Melosira distans v.alpigena	10.7	29.2	4.5	-	-	9.0	31.5	66.4	
Melosira granulata	-	2.4	5620.7	11312.9	1709.3	.9	10.2	5.0	
Melosira italica	-	-	-	-	-	-	1.6	4.8	
Melosira italica v.tenuissima	-	1.5	-	-	-	-	-	3.2	
Nitzschia sp. (l=40-50)	-	-	-	-	-	-	-	.9	
Stephanodiscus astraea	-	-	-	-	-	-	-	10.1	
Stephanodiscus hantzchii v.pusillus	-	-	-	-	-	-	-	1.0	
Tabellaria flocculosa	-	.3	-	-	-	-	-	-	
Sum	12.7	34.7	5625.7	11319.0	1709.8	11.3	44.3	241.1	

TABELL 3. (forts.)

Cryptophyceae								
Cryptomonas curvata	-	-	-	-	-	.8	-	2.4
Cryptomonas erosa	-	7.6	38.2	5.3	9.5	44.5	9.5	25.4
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	-	4.8	12.7	38.2	4.3	30.4	15.9	58.3
Cryptomonas marssonii	.6	3.4	11.7	-	8.0	5.0	2.3	6.9
Cryptomonas spp. (l=24-28)	-	-	-	4.4	5.6	10.4	10.0	31.8
Cyathomonas truncata	-	-	-	-	-	-	-	.7
Katablepharis ovalis	8.6	4.3	34.3	5.7	2.9	44.0	24.8	6.7
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	87.8	37.6	69.7	91.3	28.9	286.4	24.4	77.0
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	18.9	65.6	23.3	14.6	5.2	20.7	-	24.1
Sum	115.9	123.3	190.0	159.4	64.4	442.2	87.0	233.3
Dinophyceae (Fureflagellater)								
Ceratium furcoides	-	-	8.4	25.2	4.2	-	-	-
Ceratium hirundinella	-	5.4	21.6	-	-	-	-	-
Gymnodinium cf.lacustre	-	-	-	-	-	1.0	-	-
Peridinium cinctum	-	-	5.2	5.2	15.6	5.2	-	-
Peridinium palustre	-	-	-	-	-	22.8	-	-
Peridinium sp. (l=15-17)	-	-	-	-	-	4.4	3.6	-
Peridinium willei	-	-	32.0	-	-	-	-	-
Sum	-	5.4	67.2	30.4	19.8	33.4	3.6	-
Euglenophyceae								
Rhabdomonas incurva	1.3	41.1	-	-	6.6	1.3	-	3.2
Sum	1.3	41.1	-	-	6.6	1.3	-	3.2
My-alger								
Sum	19.3	12.2	16.4	15.1	13.4	9.1	16.0	18.0

Total	225.7	1038.8	12126.0	12958.0	6908.5	1070.9	298.6	655.4
=====								

TABELL 4. Resultater av kvantitative undersøkelser av planteplankton.
Prøvedyp 1 m. 1992. Tallene angir mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=>	920714	920805	920820
Cyanophyceae (Blågrønnaelger)				
<i>Anabaena spiroides</i>		-	-	5.9
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>		265.0	5750.5	2577.1
<i>Microcystis aeruginosa</i>		4.5	28.5	64.5
Sum		269.5	5779.0	2647.6
Chlorophyceae (Grønnaelger)				
<i>Ankyra judai</i>		-	1.4	.6
<i>Ankyra lanceolata</i>		.5	.5	-
<i>Closterium acutum</i> v. <i>variabile</i>		.2	2.1	2.7
<i>Cosmarium protractum</i>		-	-	.8
<i>Oocystis marssonii</i>		.4	-	-
<i>Oocystis parva</i>		-	.7	-
<i>Pediastrum boryanum</i>		2.8	1.4	2.4
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>		-	.8	-
<i>Scenedesmus ecornis</i>		.4	-	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		-	-	.7
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>		.5	-	-
<i>Staurastrum paradoxum</i>		.7	-	1.0
<i>Staurastrum planktonicum</i>		-	-	3.6
<i>Staurastrum cf. gracile</i>		-	3.0	40.0
Sum		5.5	9.9	51.8
Chrysophyceae (Gullalger)				
<i>Chromulina</i> sp.		-	-	1.1
<i>Craspedomonader</i>		-	9.5	4.1
<i>Mallomonas akrokomos</i> (v. <i>parvula</i>)		194.7	-	-
<i>Ochromonas</i> sp. (c=3.5-4)		2.5	9.9	2.9
Små <i>chrysomonader</i> (<7)		8.9	36.9	7.9
Store <i>chrysomonader</i> (>7)		8.6	17.2	8.6
Sum		214.7	73.4	24.6
Bacillariophyceae (Kiselalger)				
<i>Asterionella formosa</i>		-	1.3	3.2
<i>Fragilaria crotonensis</i>		1.1	-	-
<i>Melosira ambigua</i>		16.2	-	-
<i>Melosira distans</i> v. <i>alpigena</i>		56.3	13.5	-
<i>Melosira granulata</i>		-	3911.7	5425.6
<i>Melosira granulata</i> v. <i>angustissima</i>		-	41.7	-
<i>Melosira italica</i>		5.3	-	-
Sum		78.9	3968.2	5428.8

TABELL 4. (forts.)

Cryptophyceae			
Cryptomonas erosa	-	6.4	12.7
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	-	4.0	20.7
Cryptomonas marssonii	-	4.0	19.1
Cryptomonas spp. (l=24-28)	-	-	28.6
Katablepharis ovalis	2.7	16.7	1.4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)	3.6	58.7	159.5
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	1.1	35.8	22.5
Sum	7.4	125.5	264.6
Dinophyceae (Pureflagellater)			
Ceratium furcoides	-	12.0	32.0
Ceratium hirundinella	20.0	45.0	-
Peridinium cinctum	-	14.0	-
Sum	20.0	71.0	32.0
Euglenophyceae			
Rhabdomonas incurva	47.3	49.6	-
Sum	47.3	49.6	-
My-alger			
Sum	9.8	14.9	8.7

Total	653.1	10092.0	8458.0
=====			

TABELL 5. Toksisitetstester av prøver med frysetørket materiale av blågrønnalger fra Akersvatnet i perioden 1989-1993.

Prøvetaking	Dominerende art	Resultat ¹⁾	Merknad
12.07.1989	Aphanizomenon flos-aquae	Protrahert toksisk virkning	
30.08.1989	Microcystis aeruginosa	Protrahert toksisk virkning	Spor av microcystin ved HPLC-analyse
09.05.1990	Microcystis aeruginosa	Hepatotoksisk virkning	
30.08.1990	Microcystis aeruginosa Microcystis botrys	Hepatotoksisk virkning	
08.10.1991 08.10.1991	Aphanizomenon flos-aquae Gomphosphaeria naegeliana Aphanizomenon flos-aquae	Protrahert toksisk virkning Toksin ikke påvist	Prøver fra to forskjellige stasjoner i Akersvatnet
20.08 1992	Aphanizomenon flos-aquae	Protrahert toksisk virkning	
Flere prøver 1993	Aphanizomenon flos-aquae Anabaena spp.	Toksin ikke påvist	Utført med HPLC-analyse

1) Akutte toksisitetstester utført ved Norges veterinærhøgskole (Underdal & Skulberg 1983).

TABELL 6. Artsliste for blågrønnalger i Akersvatnets plankton.

Chroococcales	Hormogonales
Aphanothece Nägeli sp. Chroococcus limneticus Lemm. Chroococcus minutus (Kütz.) Näg. Chroococcus Nägeli sp. Coelosphaerium kützingianum Näg. Gomphosphaeria lacustris Chod. Gomphosphaeria lacustris var.compacta Lemm. * Gomphosphaeria naegeliana (Unger) Lemm. * Microcystis aeruginosa Kütz. Microcystis botrys Teil. Microcystis wesenbergii Kom.	* Anabaena circinalis Rabenh. * Anabaena crassa (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb. Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb. Anabaena solitaria Kleb. Anabaena spiroides Kleb. * Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs * Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja Oscillatoria Vaucher sp.

* Har dannet vannblomst i Akersvatnet

TABELL 7. Retrospektiv fremstilling av forandringstendenser i blågrønnalgevegetasjonen i Akersvatnet

Tid	Fremtredende arter	Relativ dominans	Bemerkninger
1950		↑ Hormogonale organismetyper	Akersvatnet er råvannskilde for vannforsyning til Tønsbergområdet (siden 1932)
51			
52			
53			
54	Aphanizomenon		
55	flos-aquae		
56	Anabaena flos-aquae		
57			
58			
59			
1960		↓ Chroococcale organismetyper	Akersmyra blir drenert
61	Oscillatoria agardhii		
62	var. isothrix		
63			
64	Anabaena spiroides		
65	Gomphosphaeria		
66 *	naegeliana		
67			
68 *			
69 *	Microcystis aeruginosa		
1970 *		↓ Hormogonale organismetyper	Akersvatnet opphører som primær råvannskilde i 1968 Akersvatnet senkes med 2 m i 1968
71 *			
72			
73			
74			
75 *	Microcystis aeruginosa		
76 *			
77 *			
78 *			
79			
1980		↑ Hormogonale organismetyper	Gjødslingsforsøk med Akersmyra Eutrofieringsbegrensende tiltak utføres
81			
82 *	Microcystis aeruginosa		
83			
84 *			
85			
86			
87	Microcystis aeruginosa		
88			
89 *	Aphanizomenon		
1990 *	flos-aquae	?	Vannforbedringstiltak med utpumping innledes 1992
91			
92	Anabaena circinalis		
93	Anabaena crassa		
94			
95			
96			
97	?		
98			
99			
2000			

* "Blågrønnalgeår"/ekstra gunstige klimatiske forutsetninger for blågrønnalgeutvikling

TABELL 8. Kvantitativ forekomst av fremtredende arter under masseutvikling av blågrønnalger i Akersvatnet i 1992.

Tallene angir mm³/m³

Dyp i m	14. juli		20. august	
	Aphanizomenon flos-aquae	Microcystis aeruginosa	Aphanizomenon flos-aquae	Microcystis aeruginosa
0	149.1	4.5	2408.2	31.5
1	265	4.5	2577.1	64.5
2	145.8	16.5	1417.8	25.5
4	77.8	9	430.6	22.5
6	51.3	1.5	61.3	12
8	110.9	7.5	54.7	18
10			74.5	12

TABELL 9. Bestemmelser av microcystin i frysetørket materiale av blågrønnalger fra Akersvatnet i perioden 1984-1993.

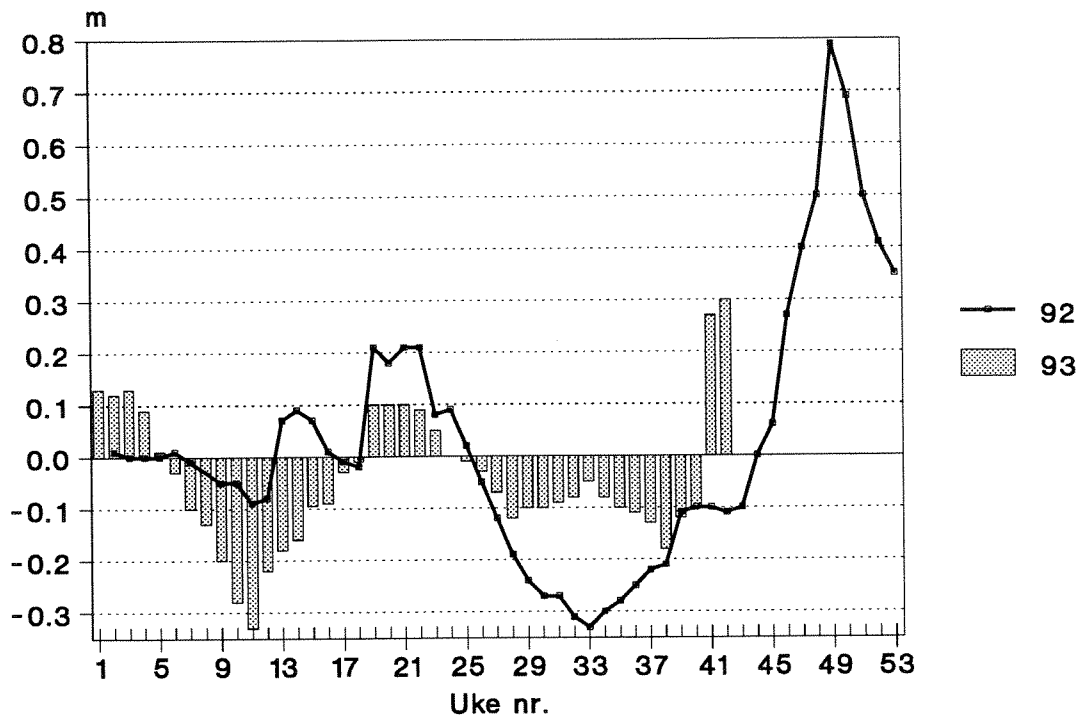
Prøvetaking	Dominerende art	Toksininnhold mg microcystin per g tørrstoff ¹⁾	Giftvirkning ²⁾
13.09.1984	Microcystis aeruginosa	6.0	hepatotoksisk
23.07.1986	Microcystis aeruginosa	9.1	hepatotoksisk
30.07.1986	Microcystis aeruginosa	8.4	hepatotoksisk
29.07.1987	Microcystis aeruginosa	2.8	hepatotoksisk
30.08.1989	Microcystis aeruginosa	Spor	protrahert toksisk
30.08.1990	Microcystis aeruginosa } Microcystis botrys }	0.19	hepatotoksisk
Flere prøver 1991	Aphanizomenon flos-aquae	0	protrahert toksisk
20.08.1992	Aphanizomenon flos-aquae	0	protrahert toksisk
Flere prøver 1993	Aphanizomenon flos-aquae } Anabaena spp. }	0	ikke testet

- 1) Analyser med høytrykksvæskeskromatografi - HPLC - utført ved Statens institutt for folkehelse (Utkilen 1992).
- 2) Akutte toksisitetstester utført ved Norges veterinærhøgskole (Underdal & Skulberg 1983). Se også Tabell 5.

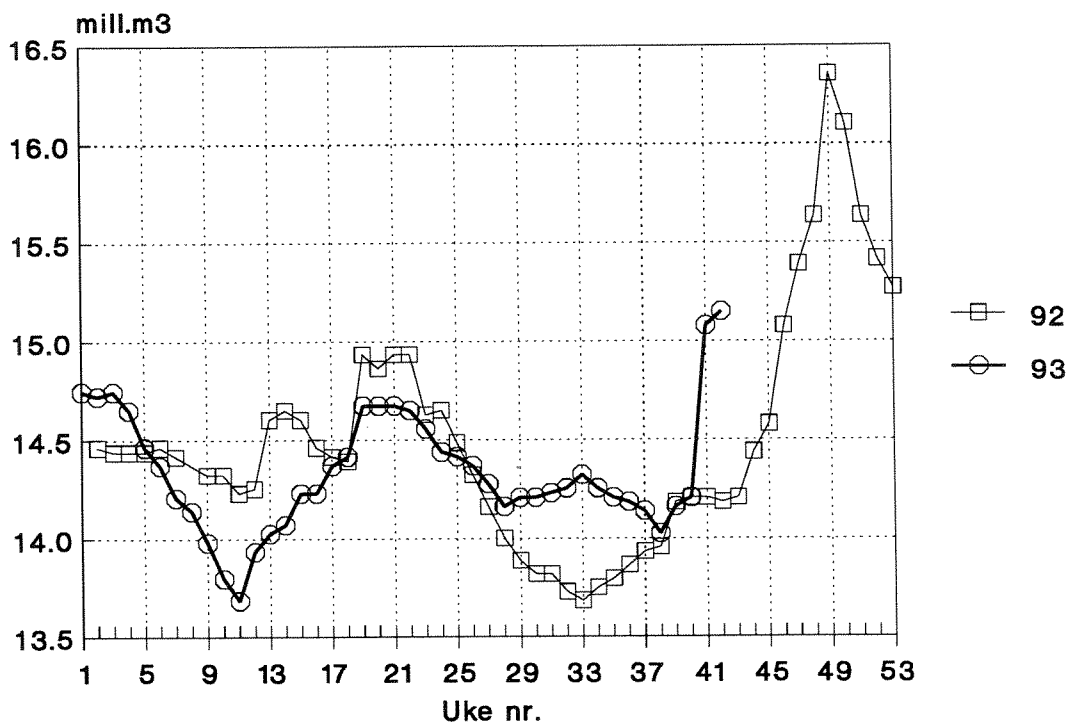
TABELL 10. Blågrønnalger i NIVAs kultursamling isolert fra Akersvatnet.

Art	Klon	År	Egenskap
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 143	1984	Ikke toksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 160/1	1985	Protrahert toksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 160/2	1985	Protrahert toksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 228/1	1987	Hepatotoksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 228/2	1987	Hepatotoksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 228/3	1987	Hepatotoksisk
Microcystis aeruginosa	NIVA-CYA 228/4	1987	Hepatotoksisk
Oscillatoria agardhii var. isothrix	NIVA-CYA 11	1964	Ikke testet

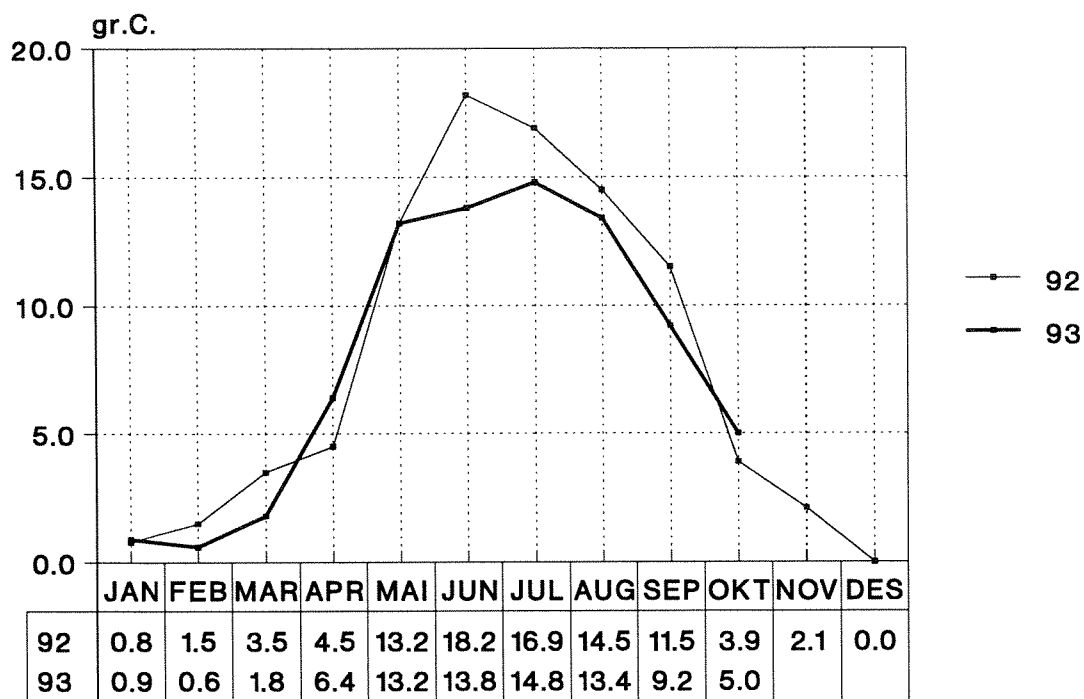
FIGUR 1. Nivå-avvik fra 14m høyde
1992 og 1993.



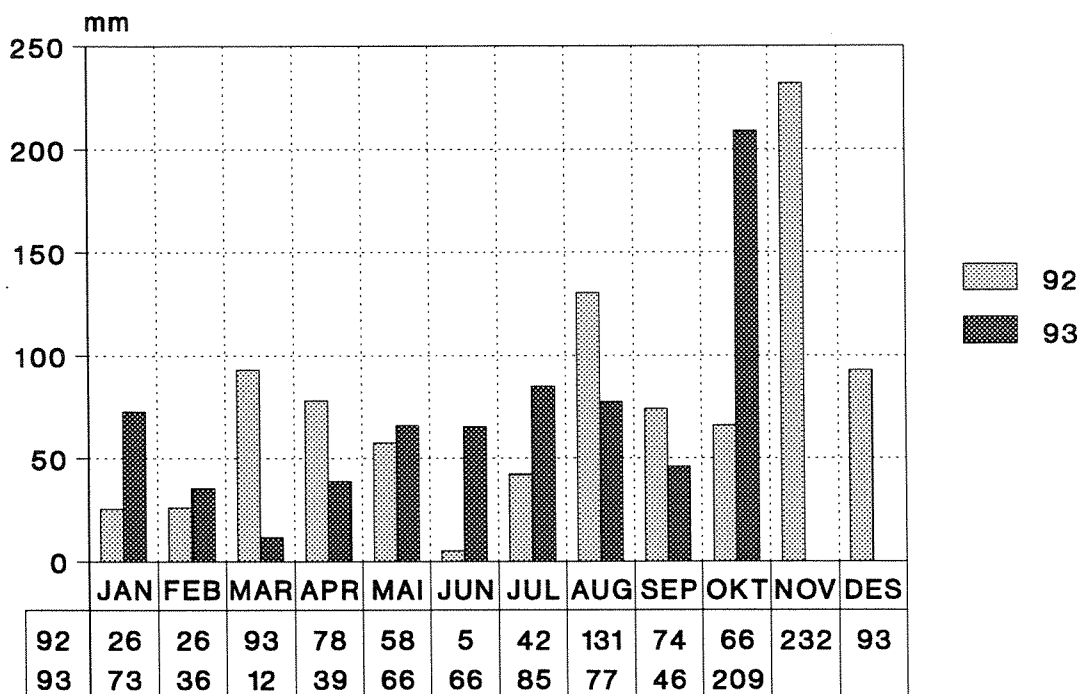
FIGUR 2. Volumforandring
1992 og 1993.



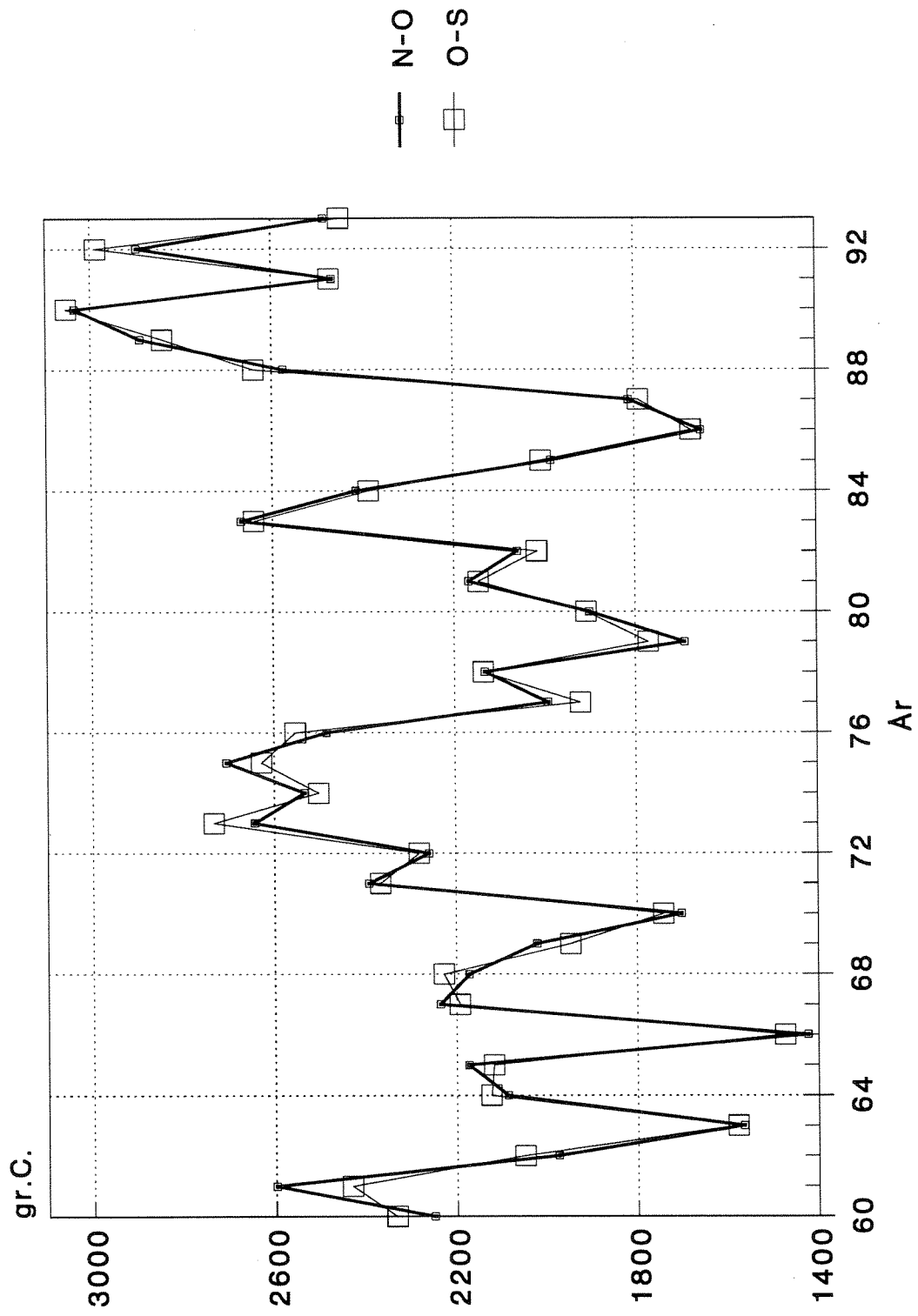
FIGUR 3. Månedsmiddel av lufttemperatur
1992 og 1993.



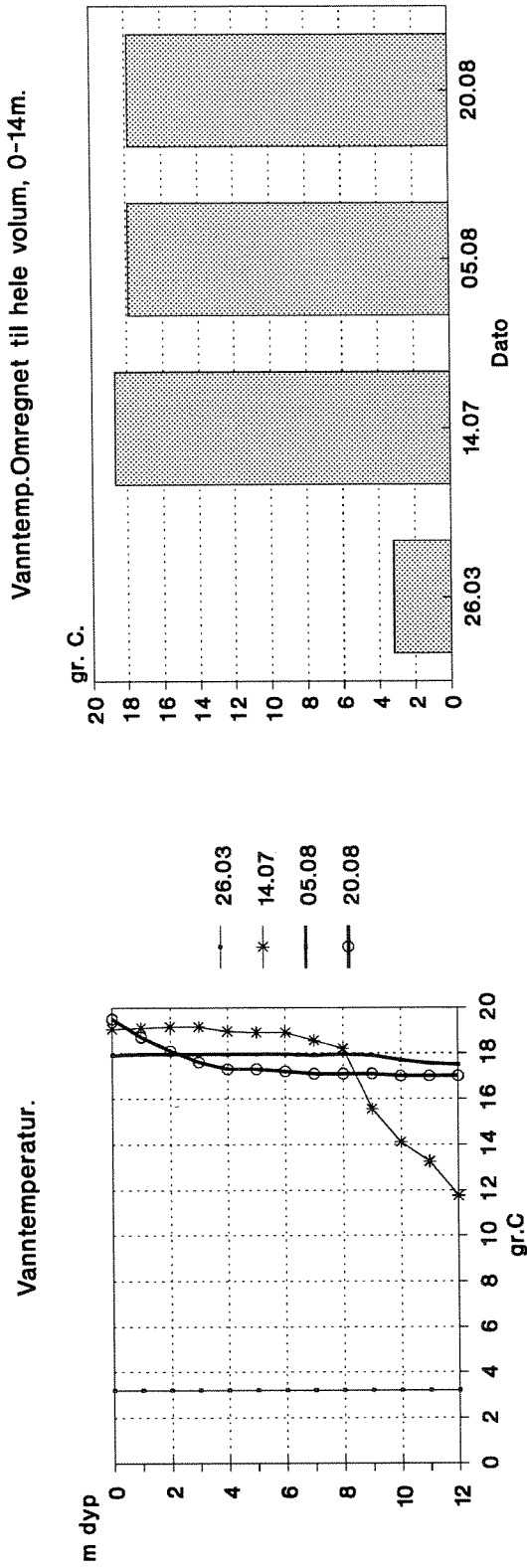
FIGUR 4. Nedbørsummer
1992 og 1993.



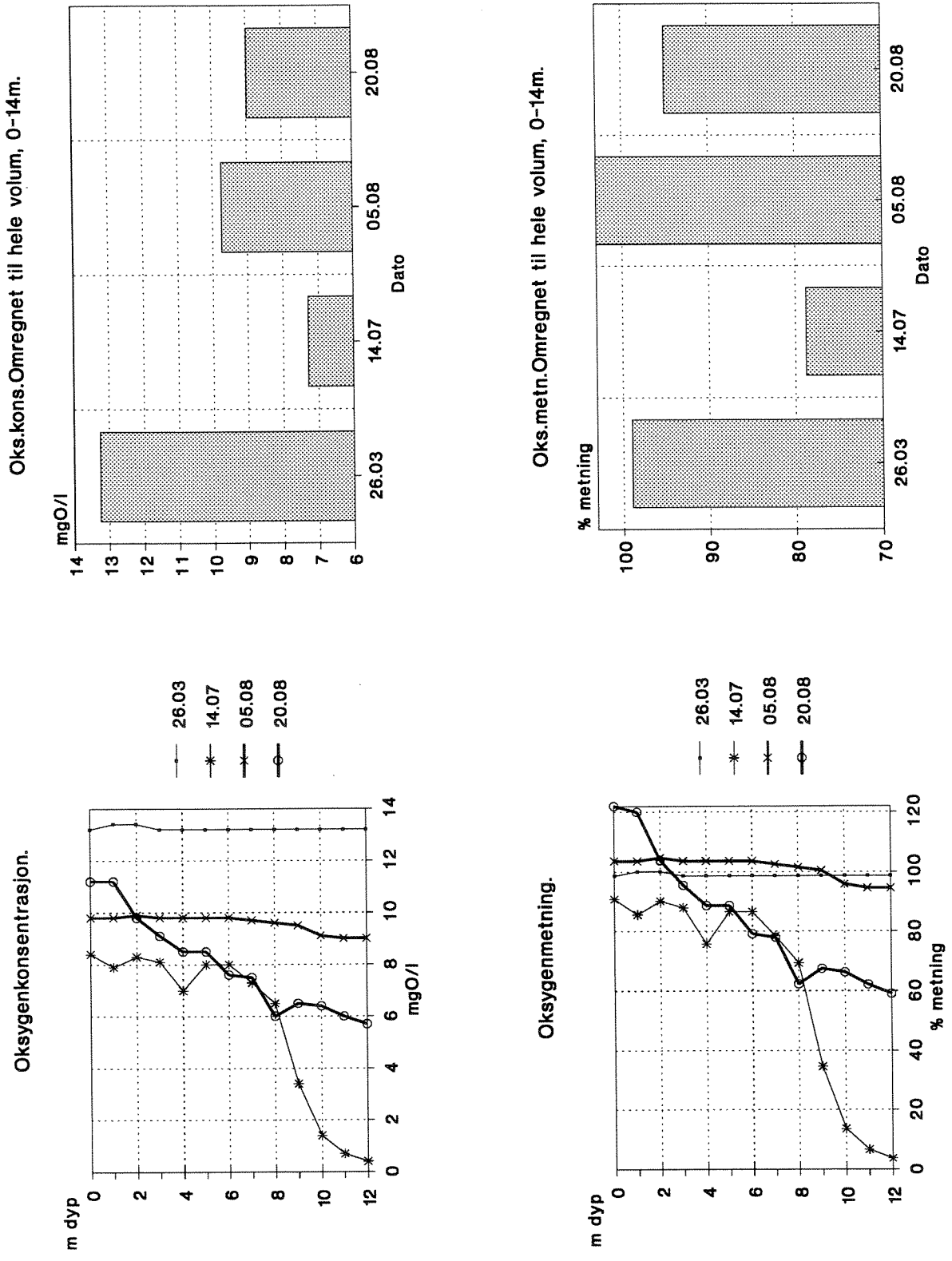
FIGUR 5. Daggradsummer av lufttemperatur
i perioden NOV-OKT og OKT-SEP. 1960-1993.



FIGUR 6. Vanntemperatur. 26.03 - 20.08 1992.

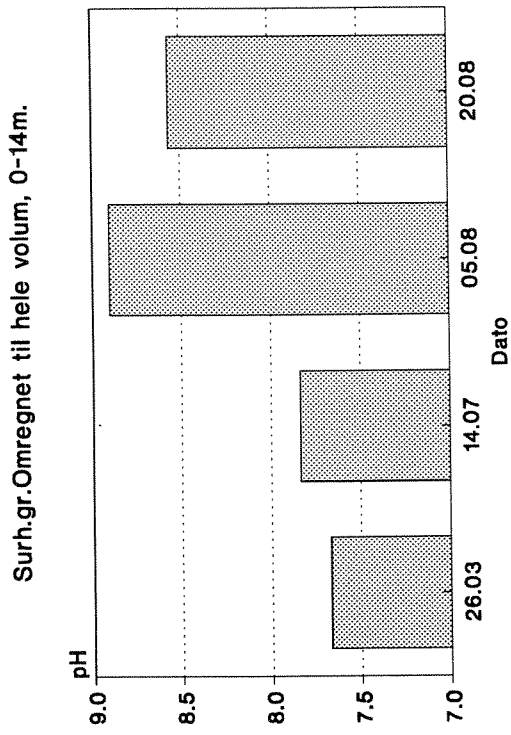
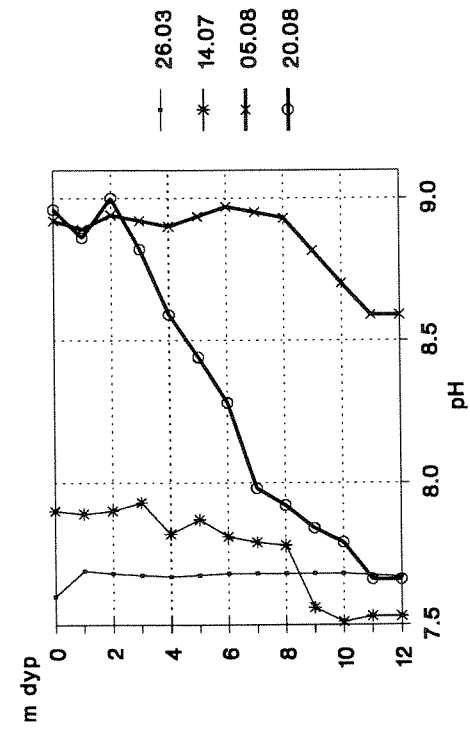


FIGUR 7. Oksygenkonsentrasjon og metning. 26.03-20.08 1992.

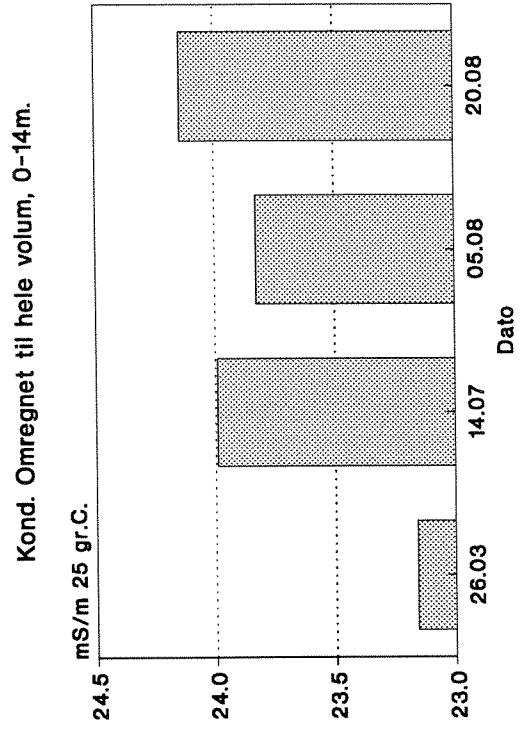
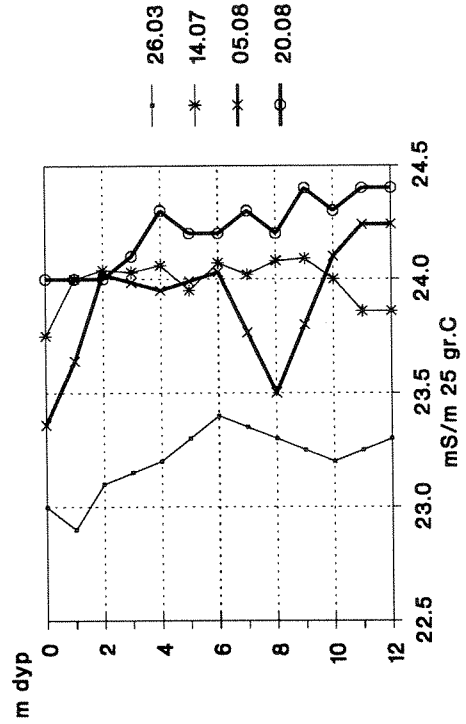


FIGUR 8. Surhetsgrad og konduktivitet. 26.03-20.08 1992.

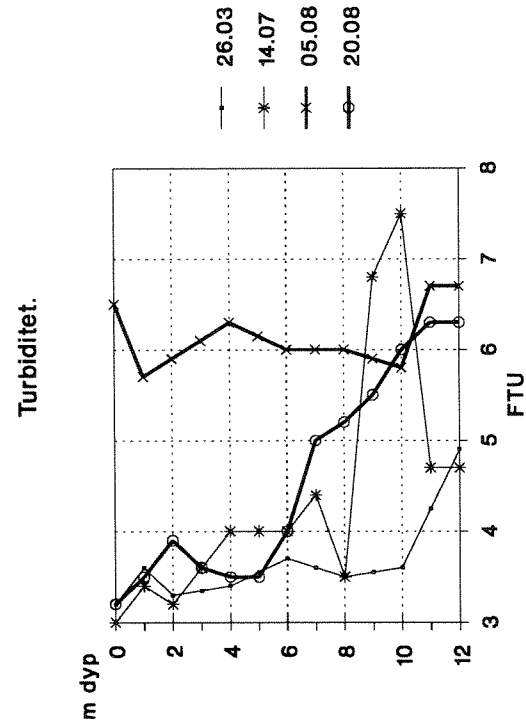
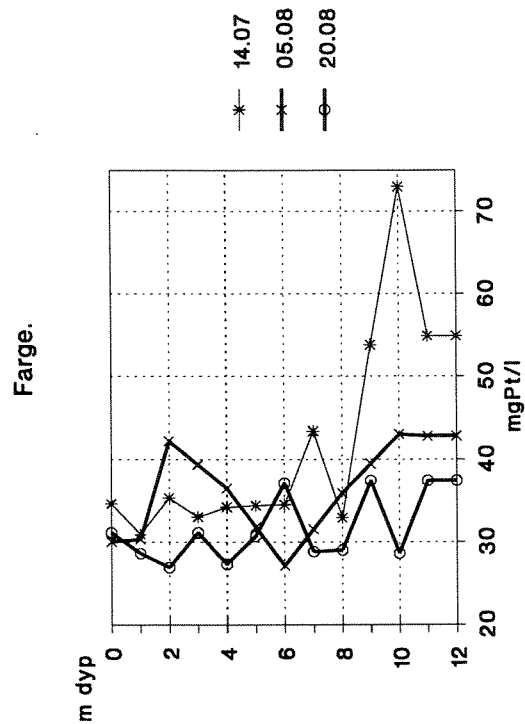
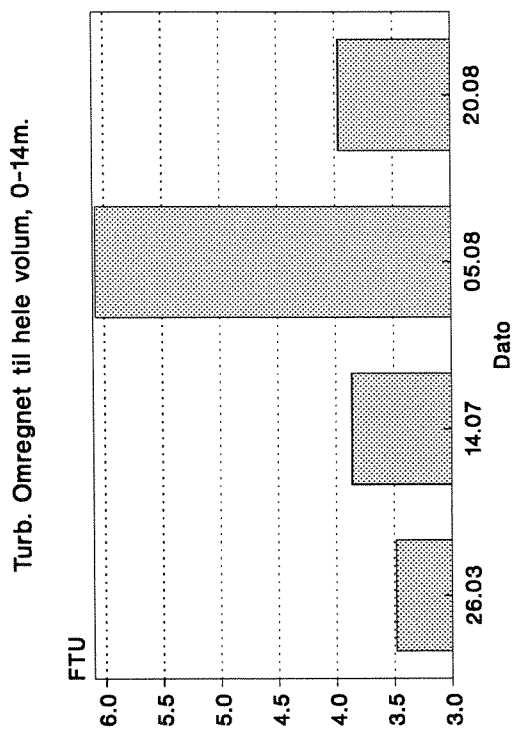
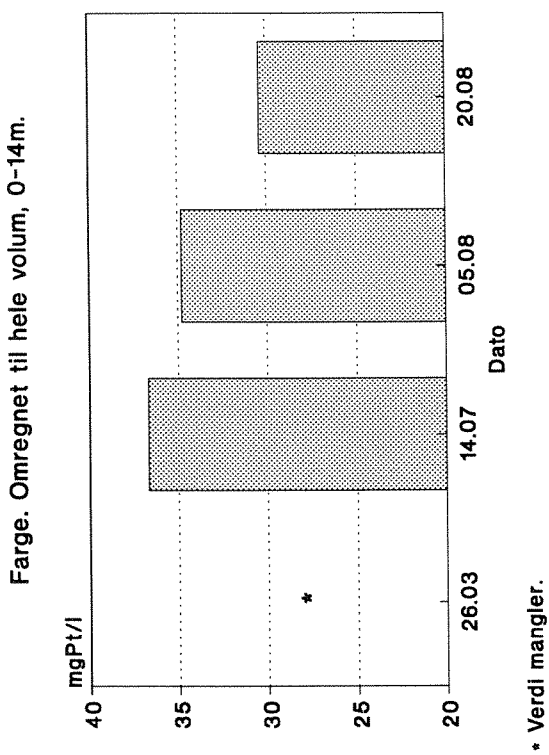
Surhetsgrad.



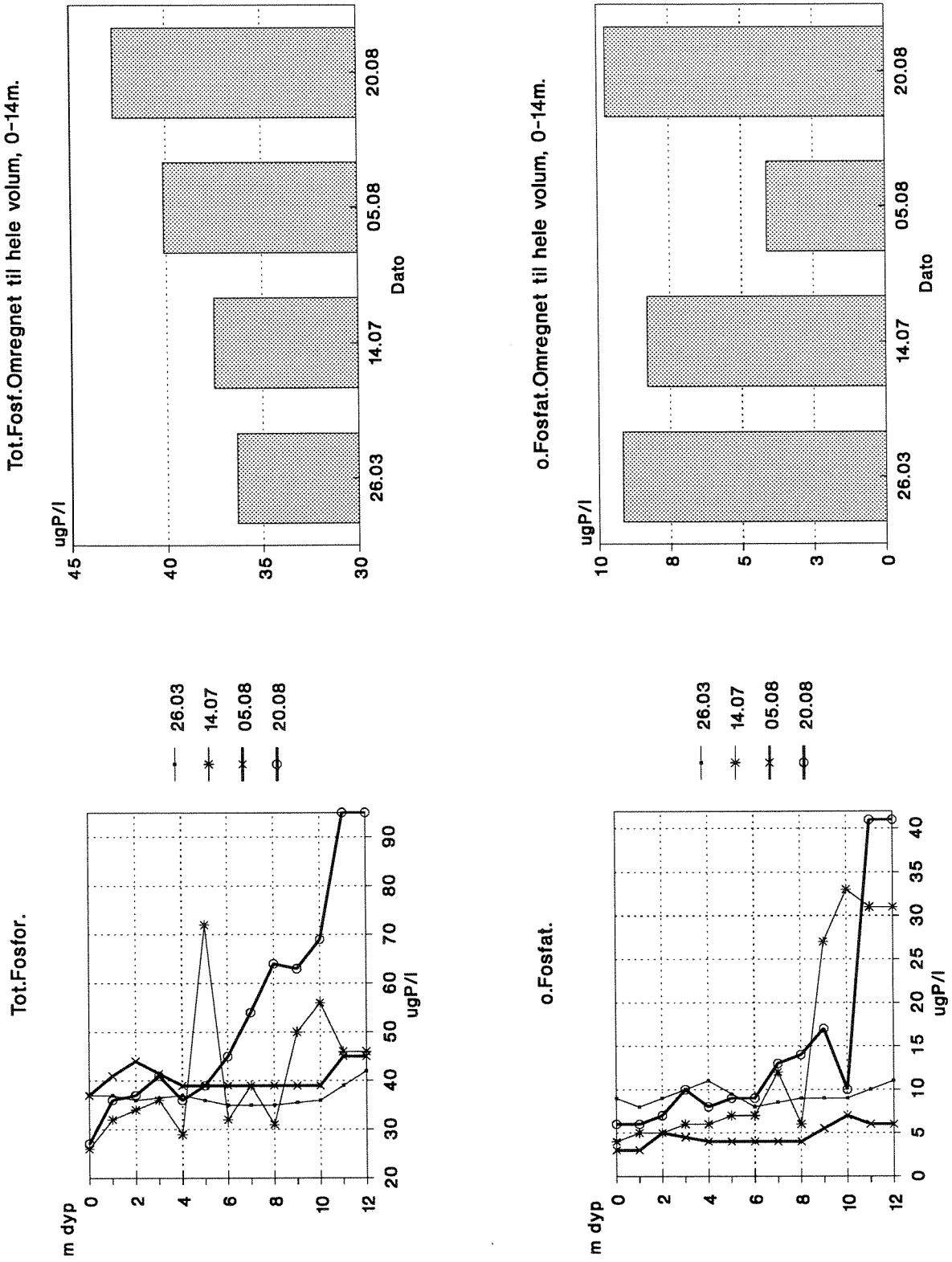
Konduktivitet.



FIGUR 9. Farge og turbiditet. 26.03-20.08 1992.

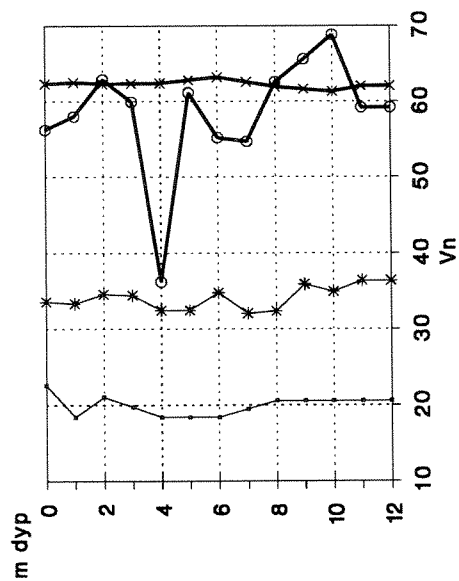


FIGUR 10. Totalfosfor og ortofosfat. 26.03-20.08 1992.

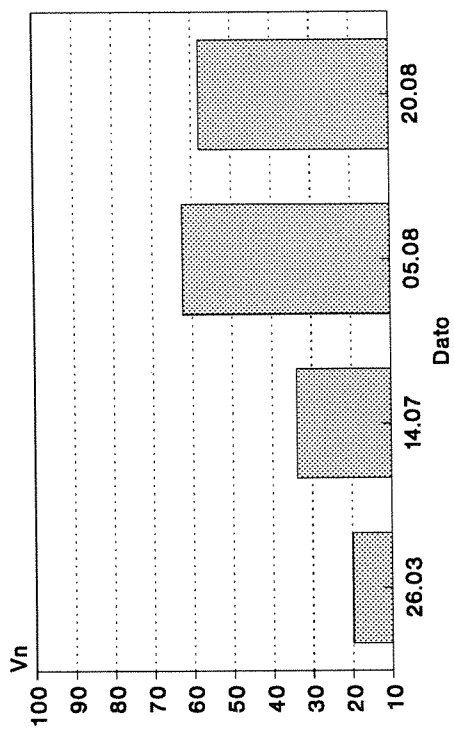


FIGUR 12. Vn og TOC. 26.03 - 20.08 1992.

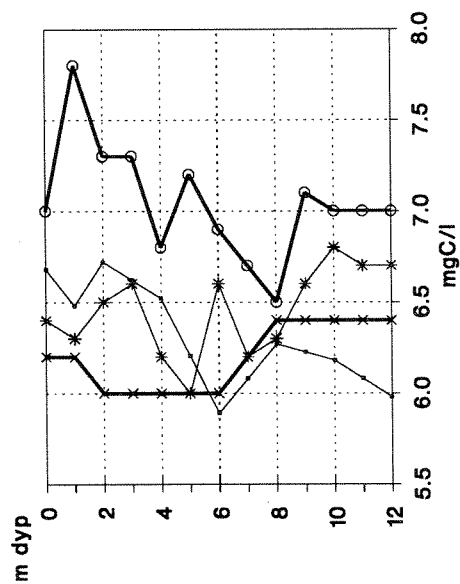
Nitrogenveksttall, Vn.



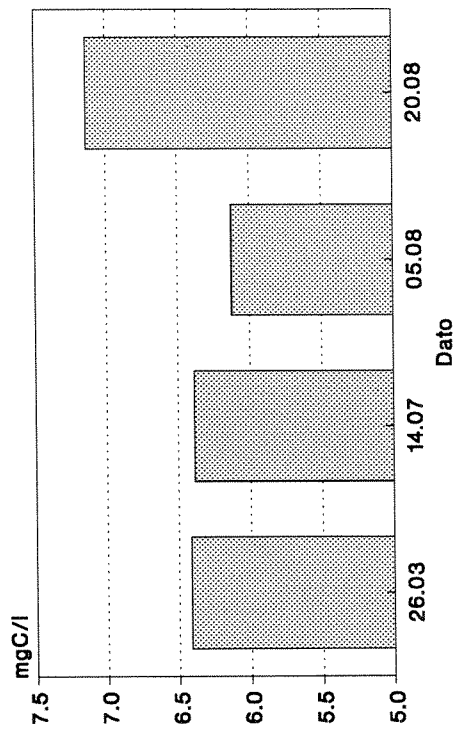
Vn. Omregnet til hele volum, 0-14m.



Tot. organisk karbon, TOC.

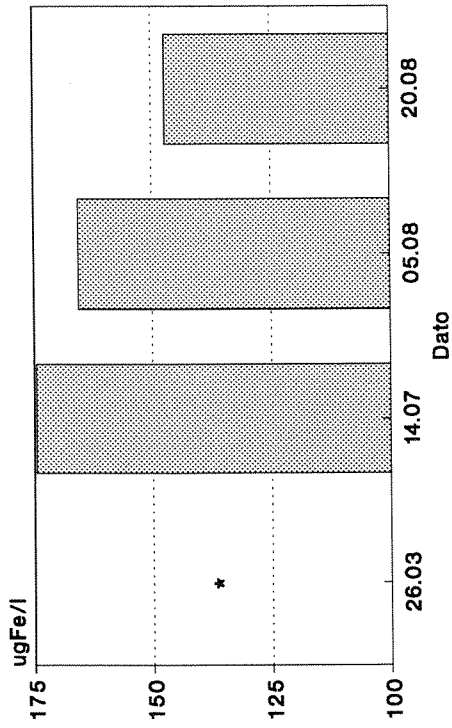
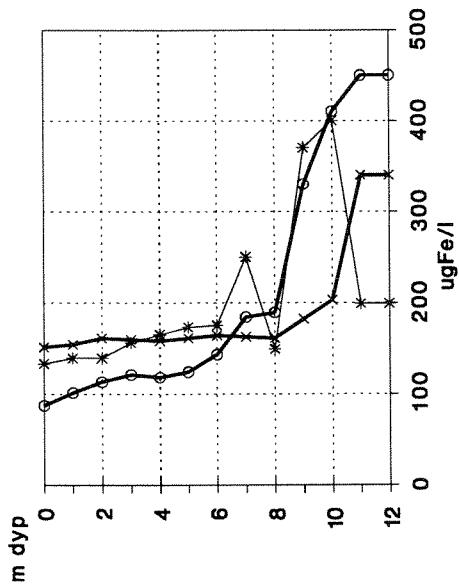


TOC. Omregnet til hele volum, 0-14m.



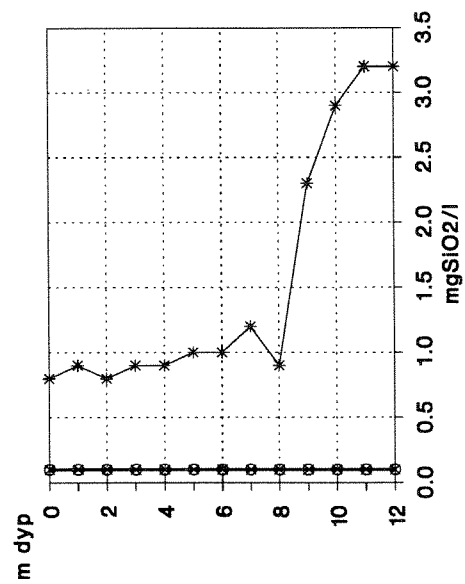
FIGUR 13. Jern og silisium. 26.03-20.08 1992.

Jern.

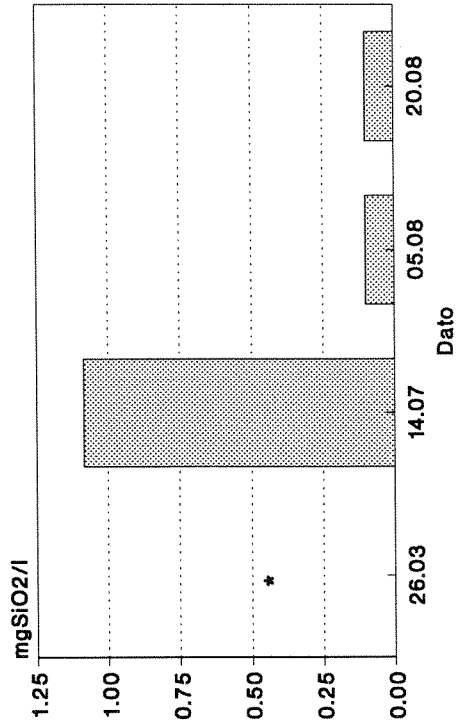


* Verdi mangler

Silisium.



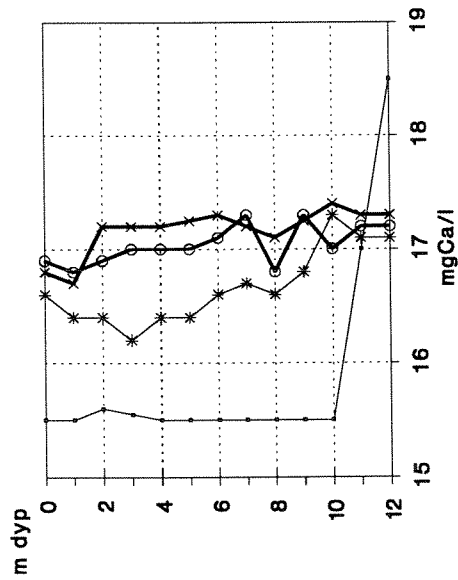
Silisium.Omregnet til hele volum, 0-14m.



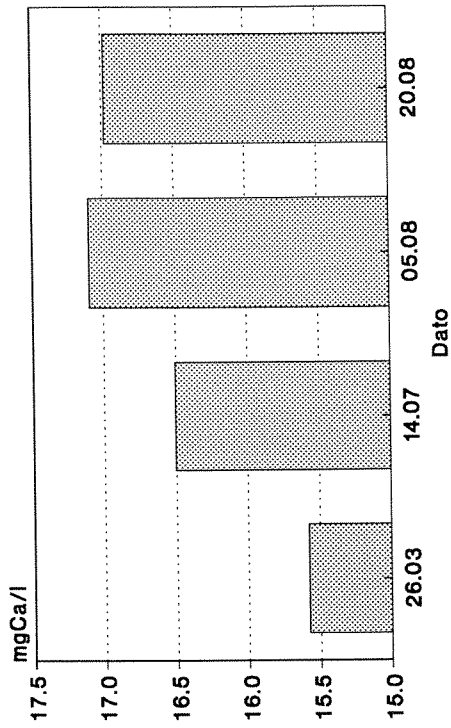
* Verdi mangler.

FIGUR 14. Kalsium og klorid. 26.03-20.08 1992.

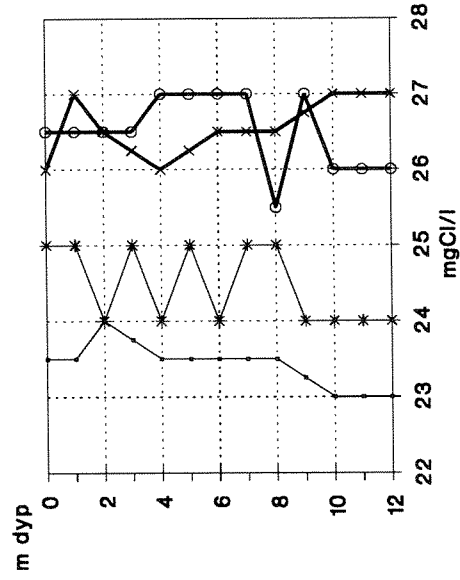
Kalsium.



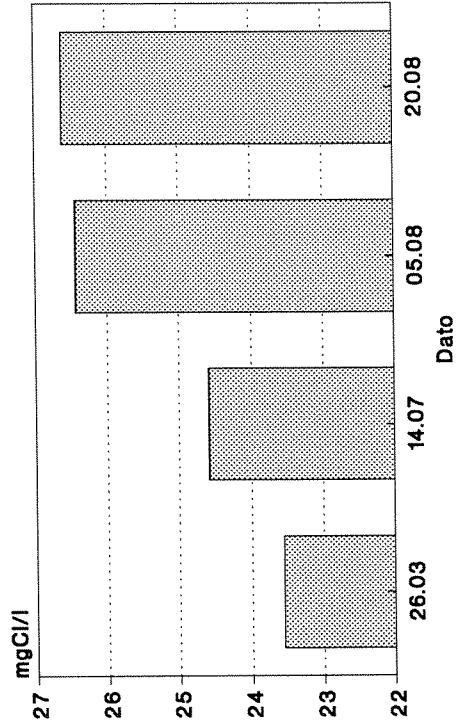
Kalsium. Omregnet til hele volum, 0-14m.



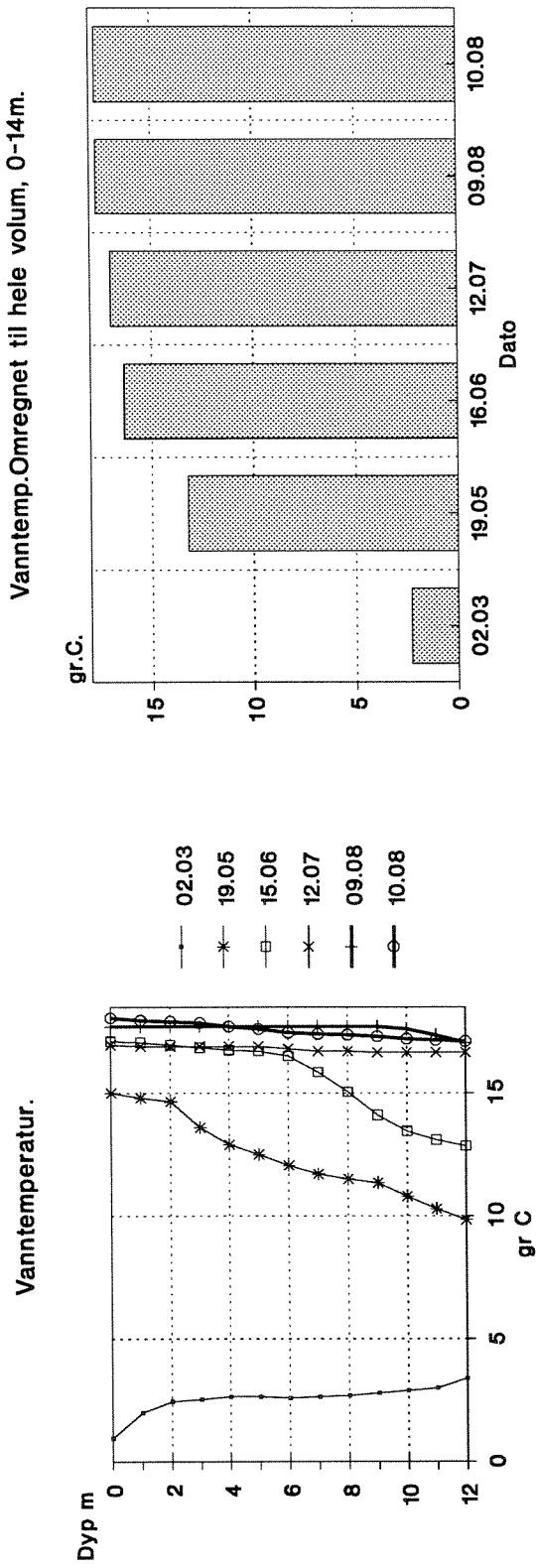
Klorid.



Klorid. Omregnet til hele volum, 0-14m.

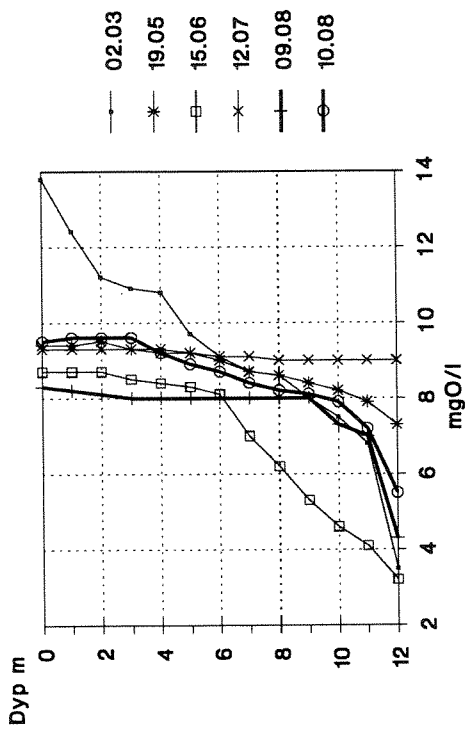


FIGUR 15. Vanntemperatur. 02.03-10.08 1993.

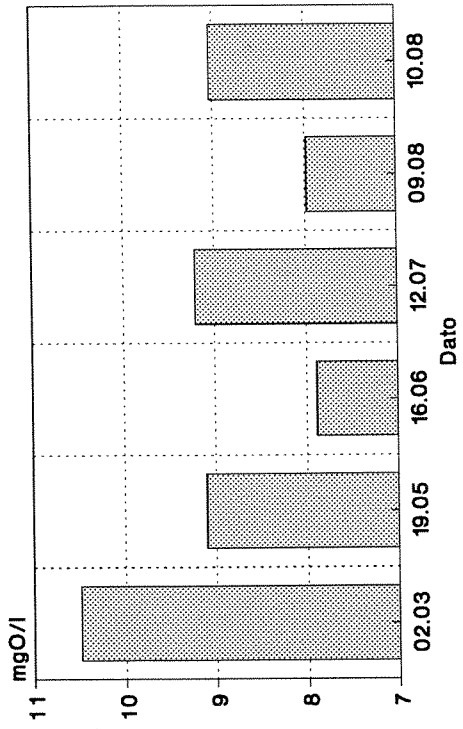


FIGUR 16. Oksygenkonsentrasjon og metning. 02.03-10.08 1993.

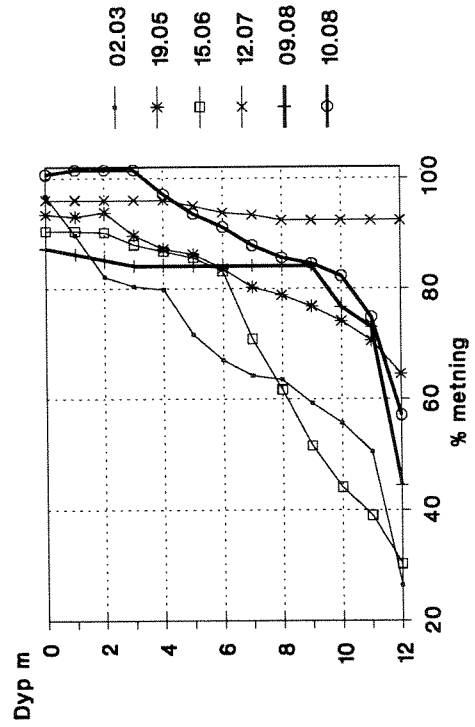
Oksygenkonsentrasjon.



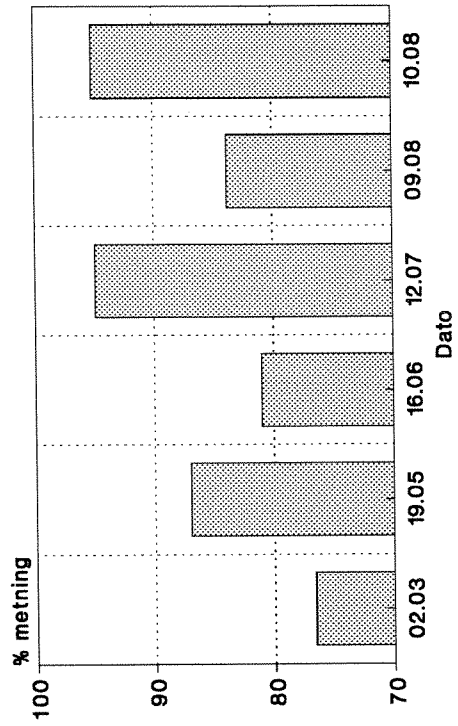
Oks.kons.Omregnet til hele volum, 0-14m.



Oksygenmetning.

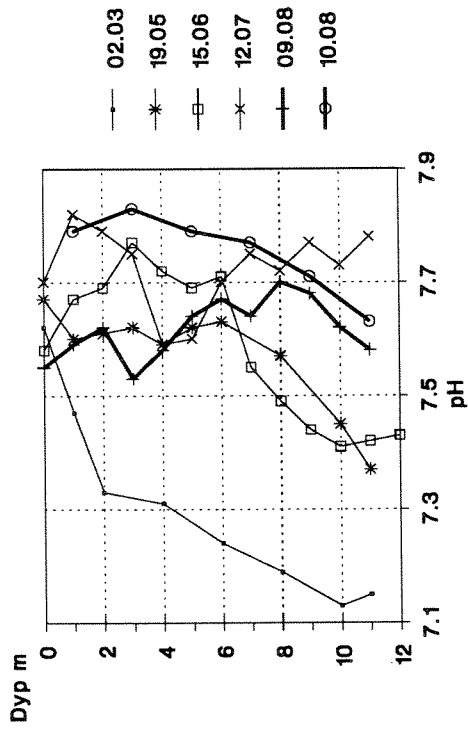


Oks.metn.Omregnet til hele volum, 0-14m.

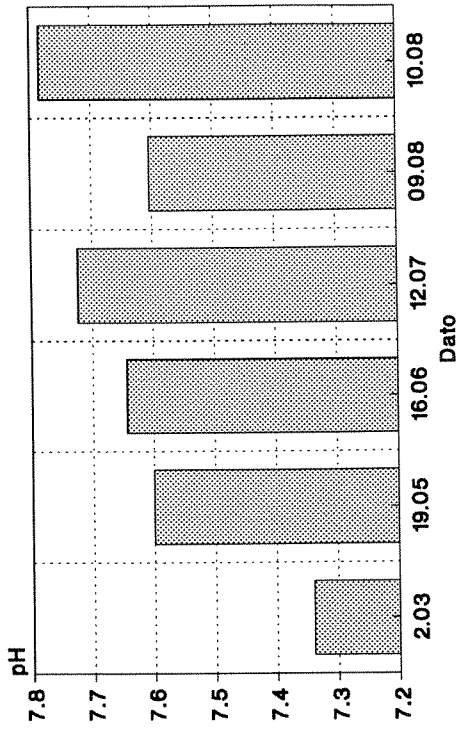


FIGUR 17. Surhetsgrad og konduktivitet. 02.03-10.08 1993.

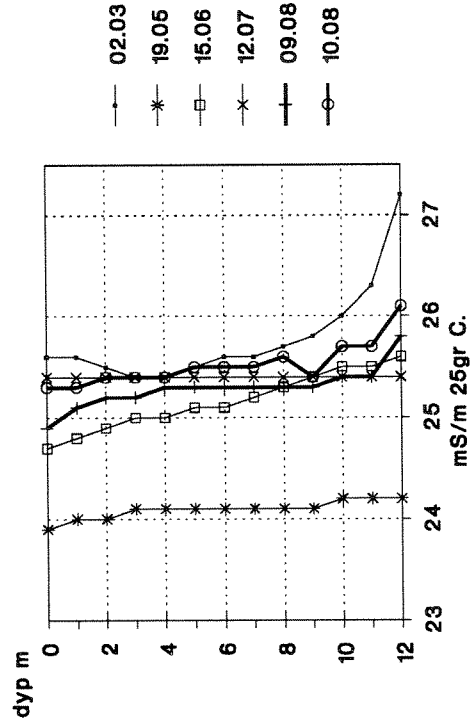
Surhetsgrad.



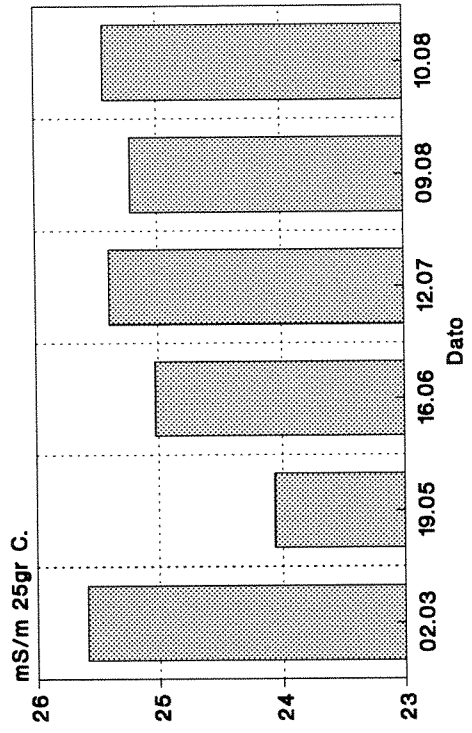
Surh.gr.Omregnet til hele volum, 0-14m.



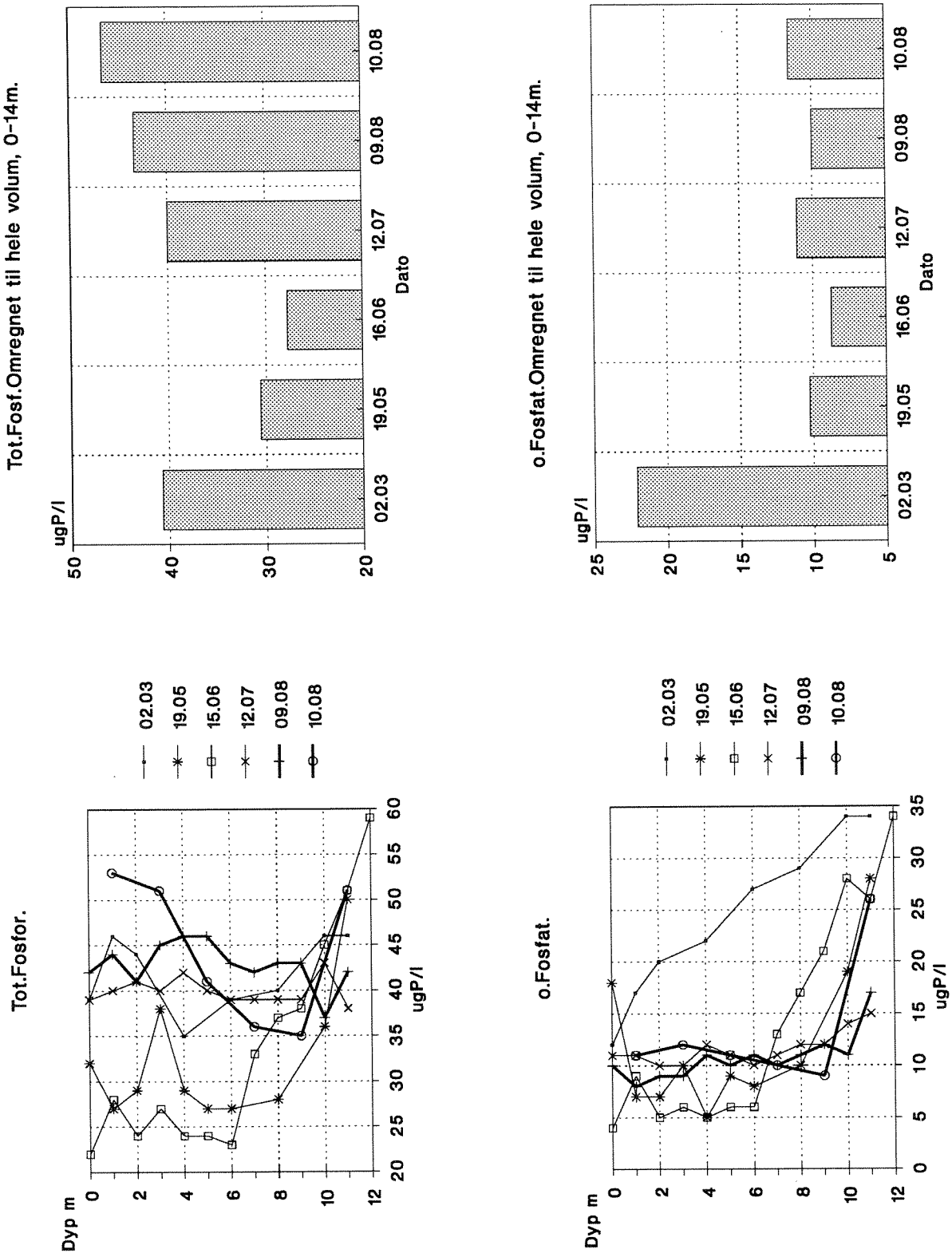
Konduktivitet.



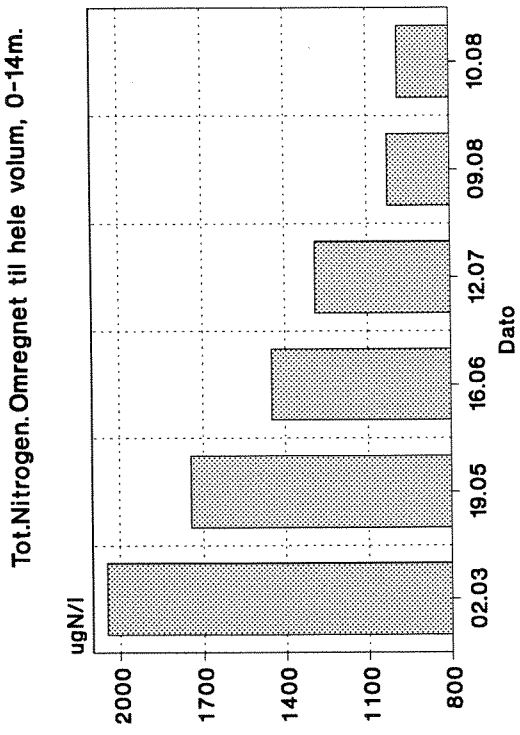
Kond. Omregnet til hele volum, 0-14m.



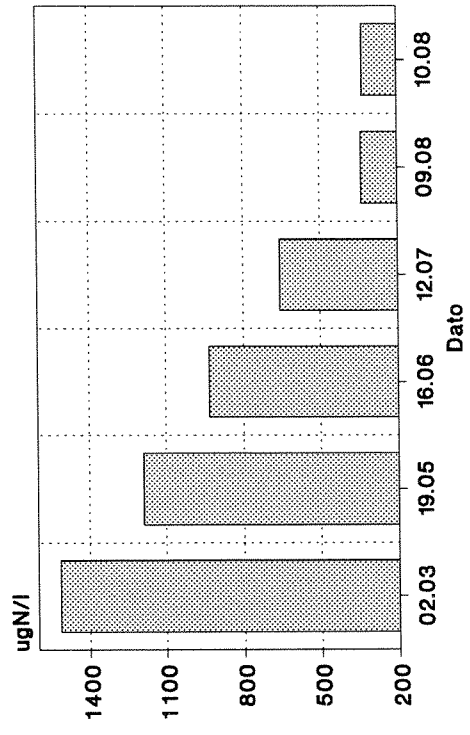
FIGUR 19. Totalfosfor og ortofosfat. 02.03-10.08 1993.



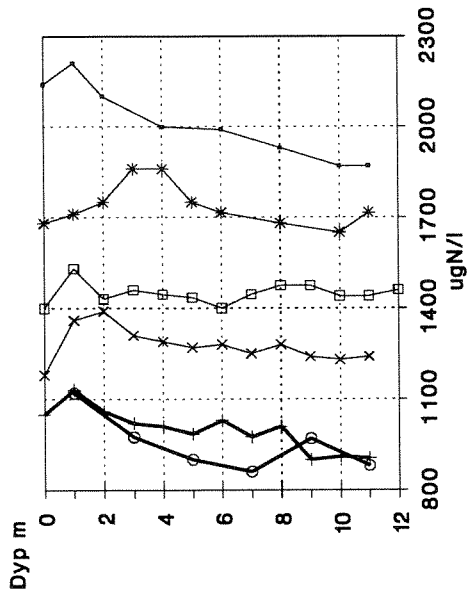
FIGUR 20. Totalnitrogen og nitrat. 02.03-10.08 1993.



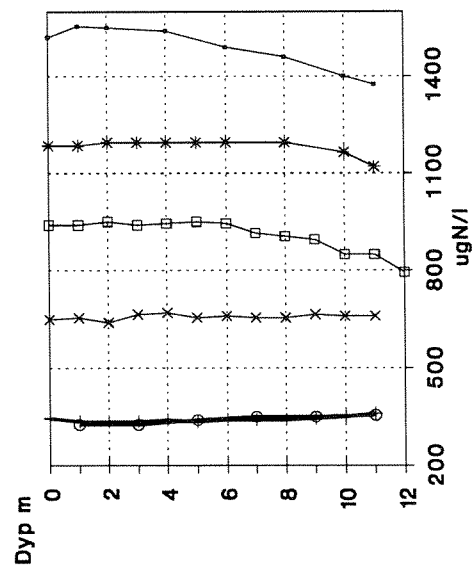
Nitrat. Omregnet til hele volum, 0-14m.



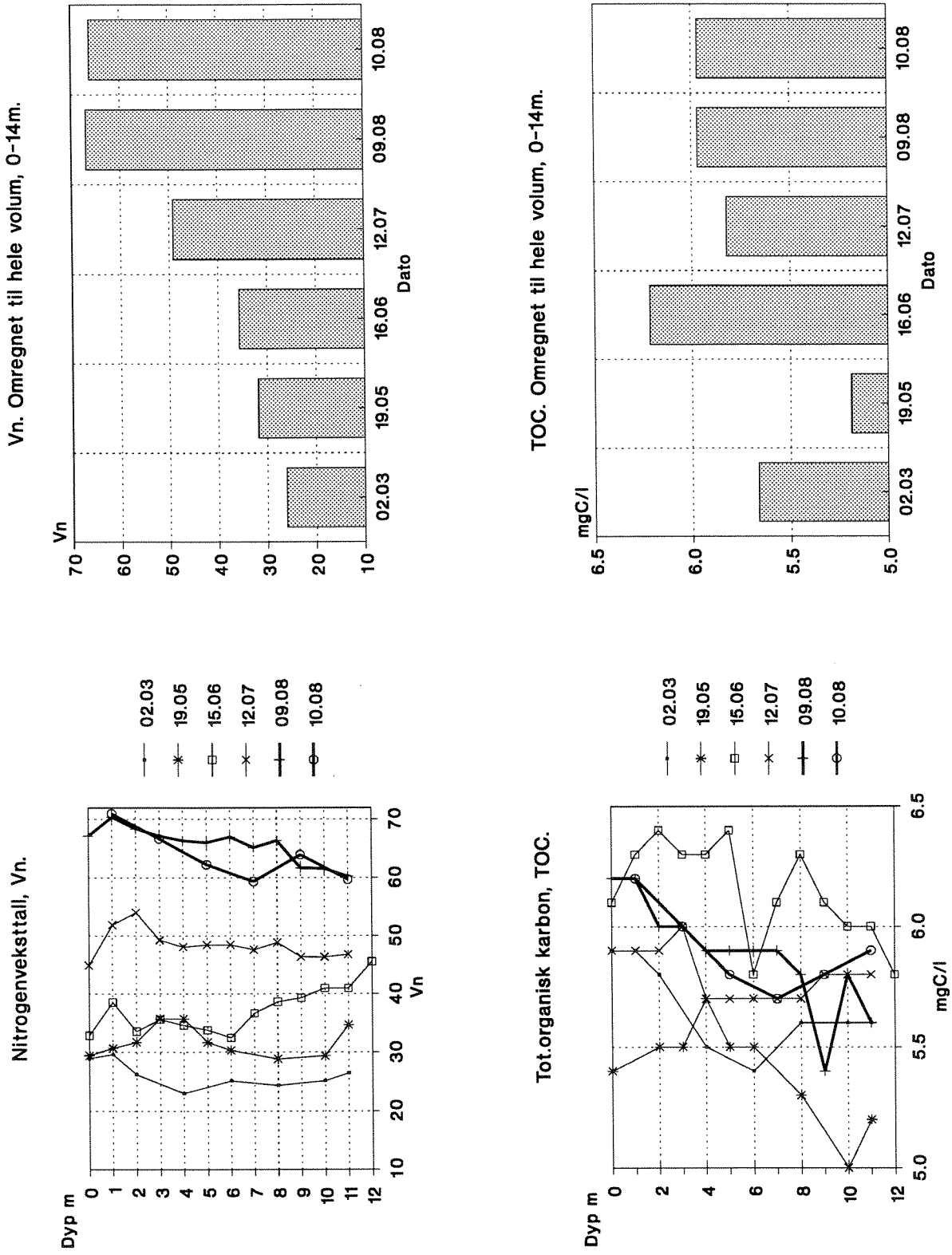
Tot.Nitrogen.



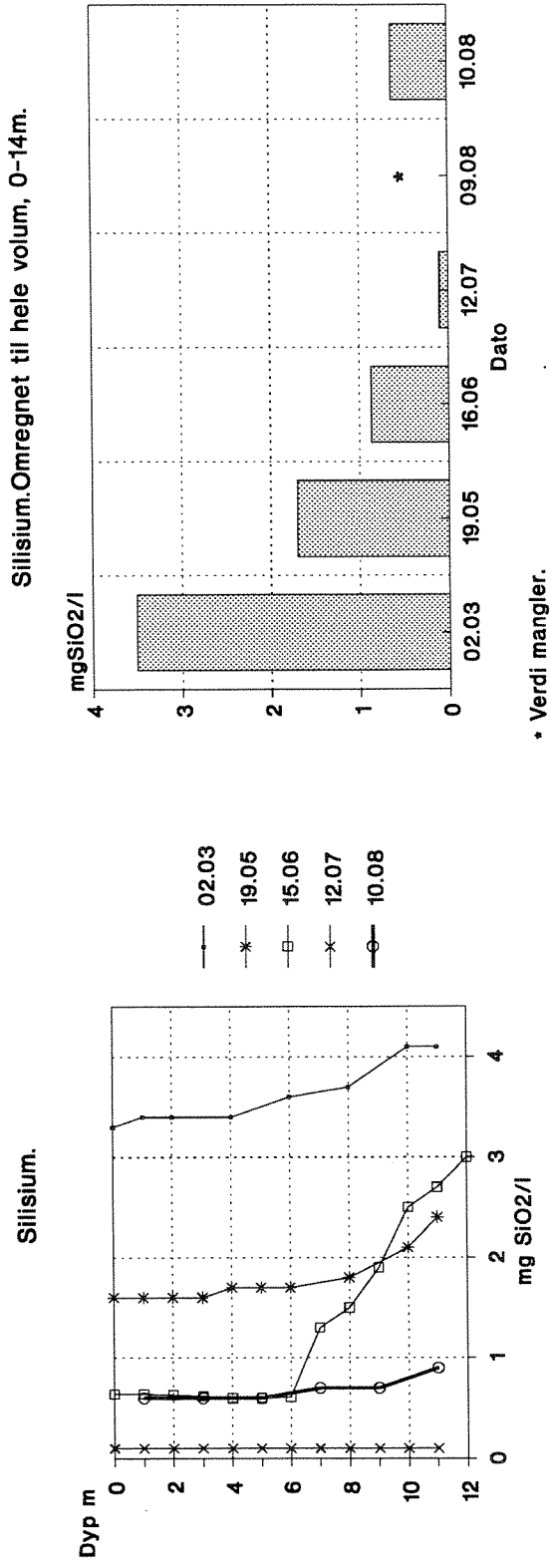
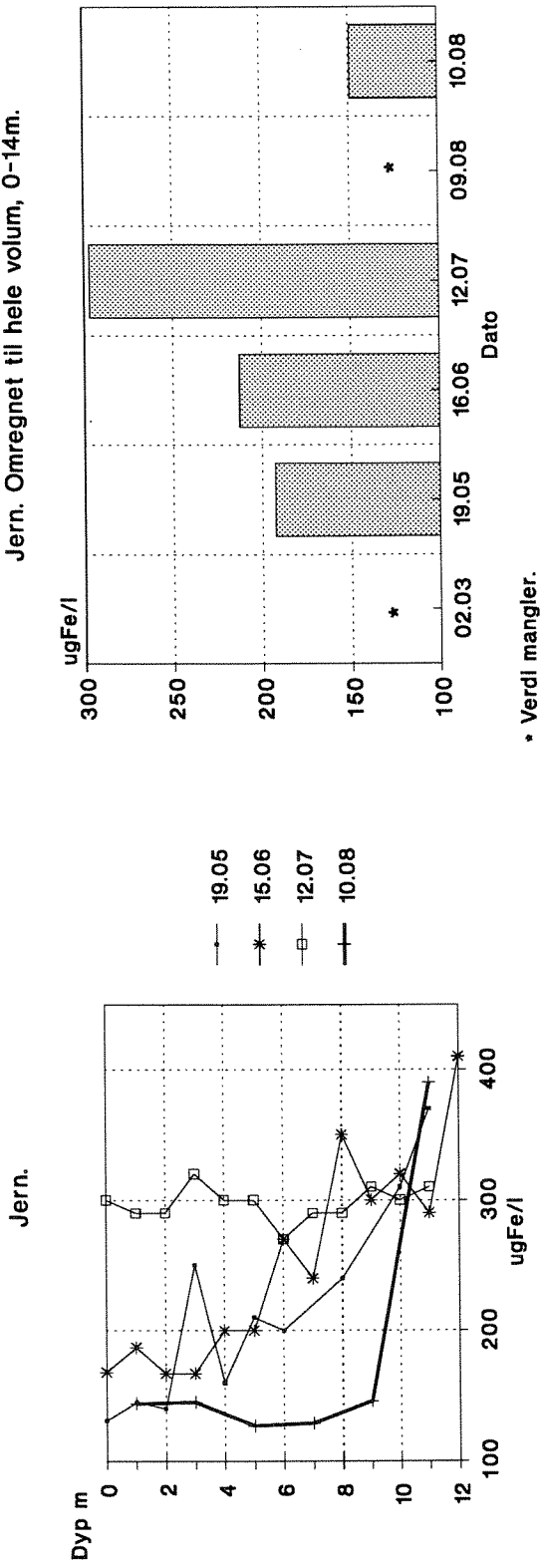
Nitrat.



FIGUR 21. Vn og TOC. 02.03-10.08 1993.

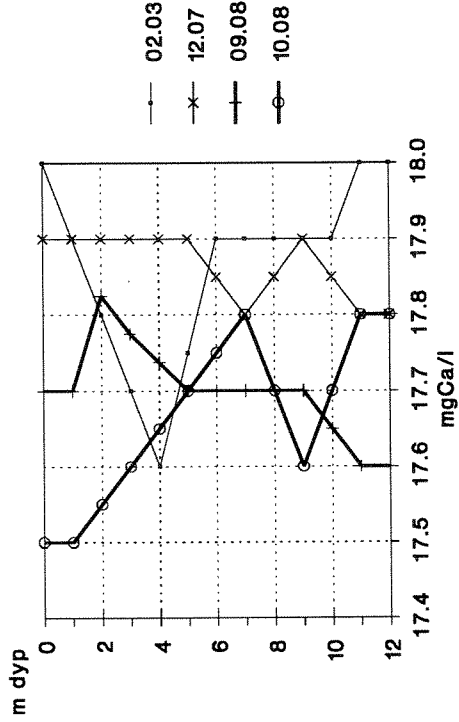


FIGUR 22. Jern og silisium. 02.03-10.08 1993.

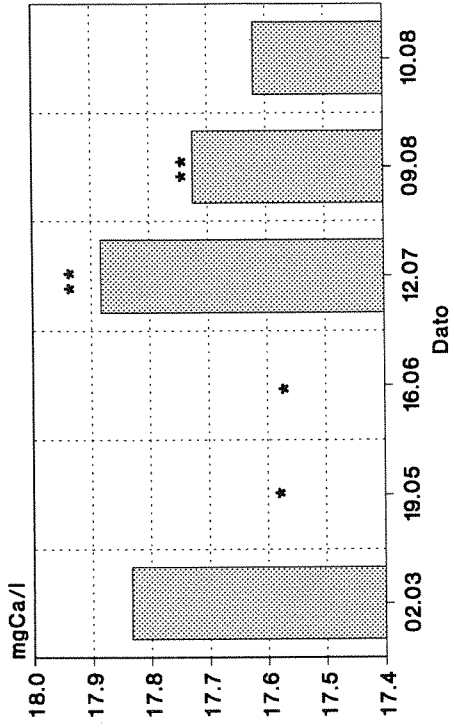


FIGUR 23. Kalsium og klorid, 02.03-10.08 1993.

Kalsium.

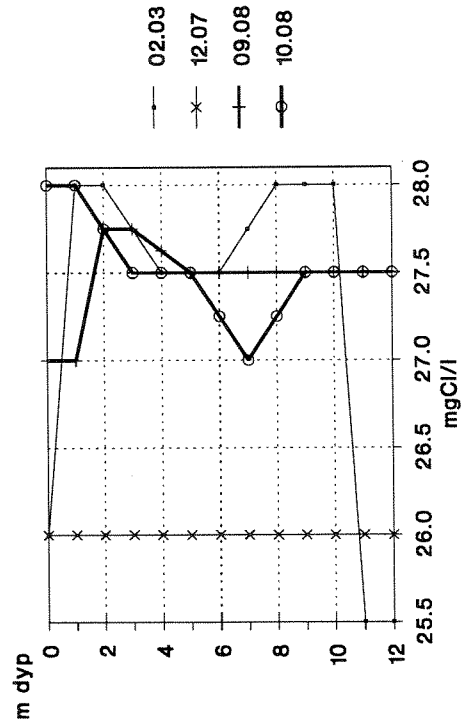


Kalsium. Omregnet til hele volum, 0-14m.

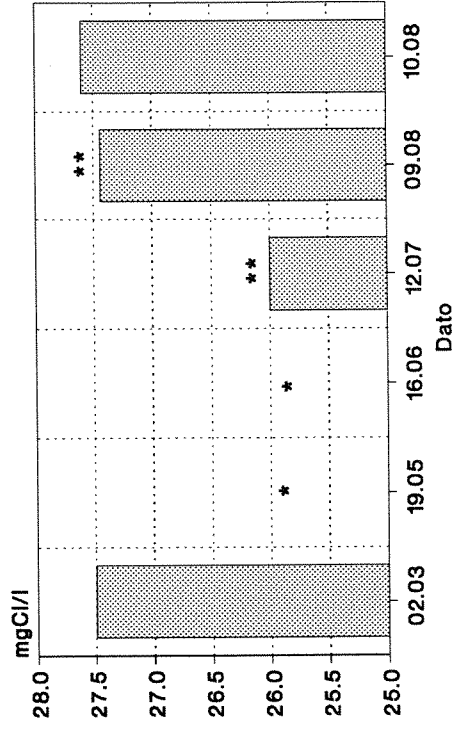


* Verdi mangler, ** Filtret prøve.

Klorid.

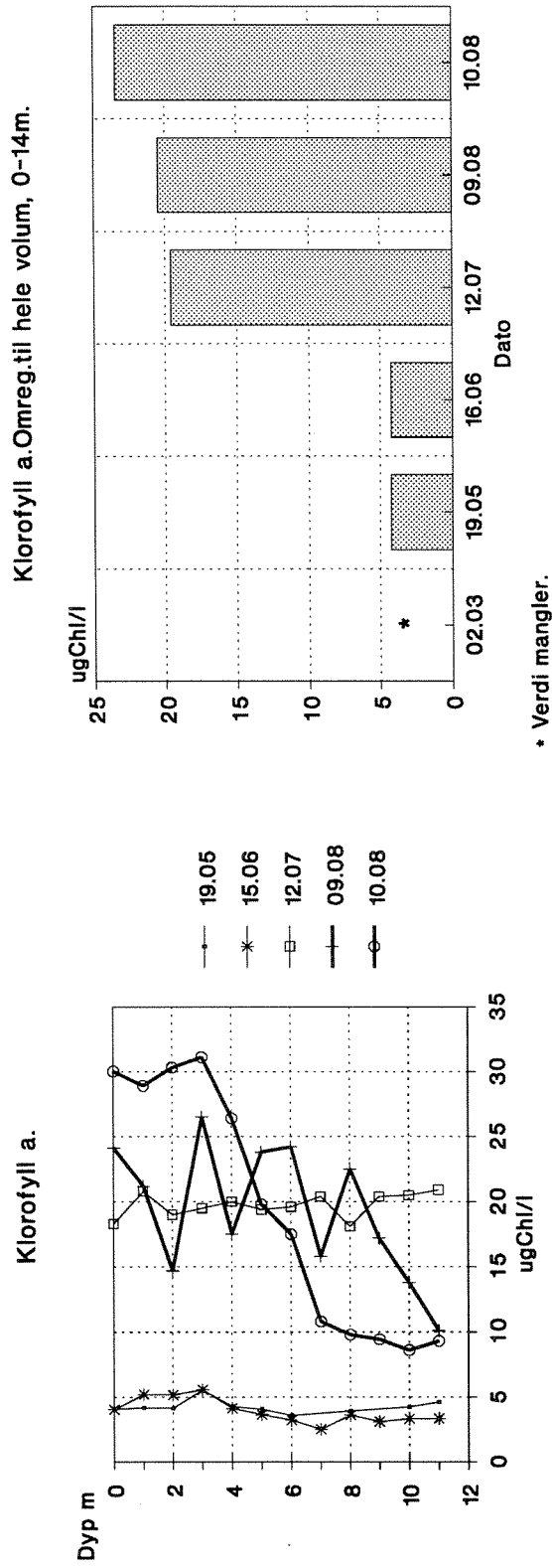


Klorid. Omregnet til hele volum, 0-14m.

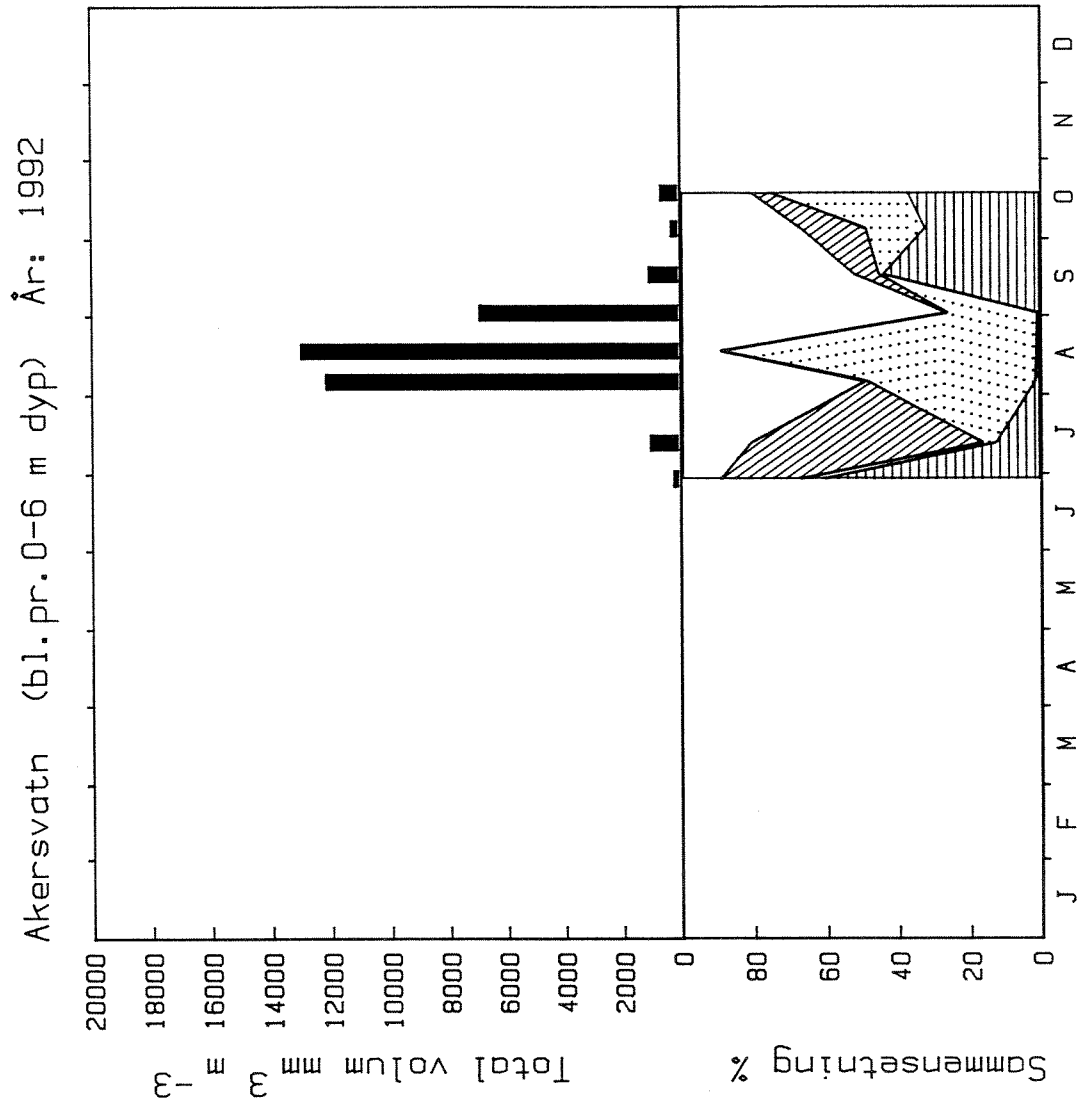


* Verdi mangler, ** Filtret prøve.

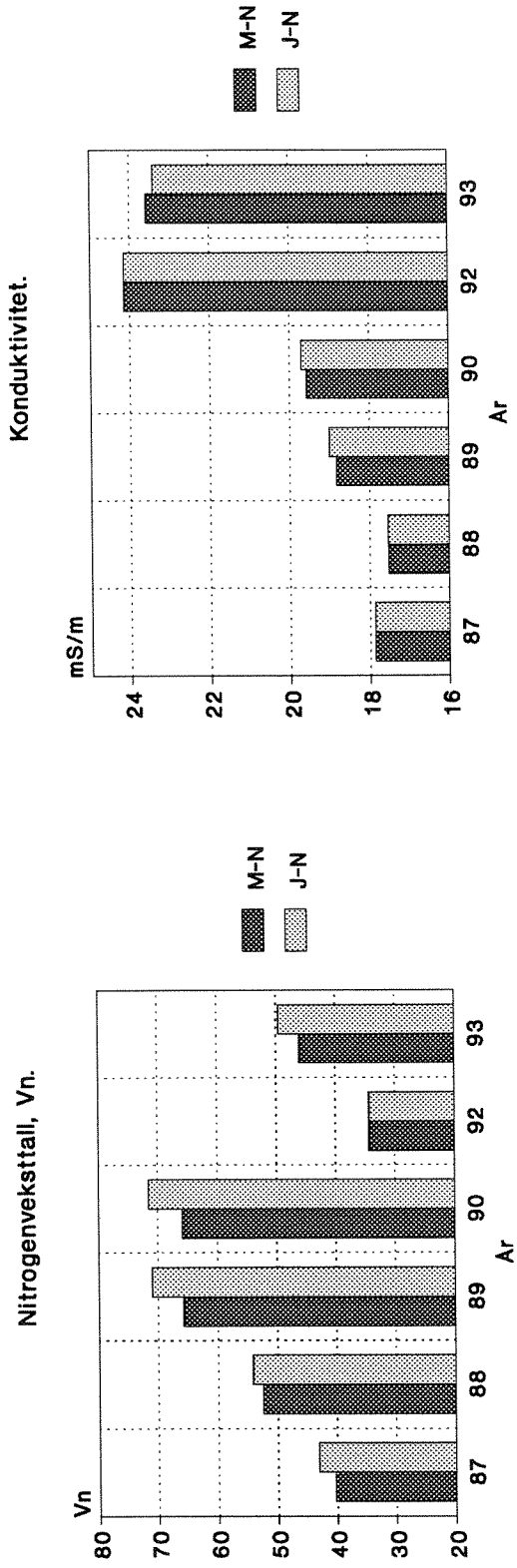
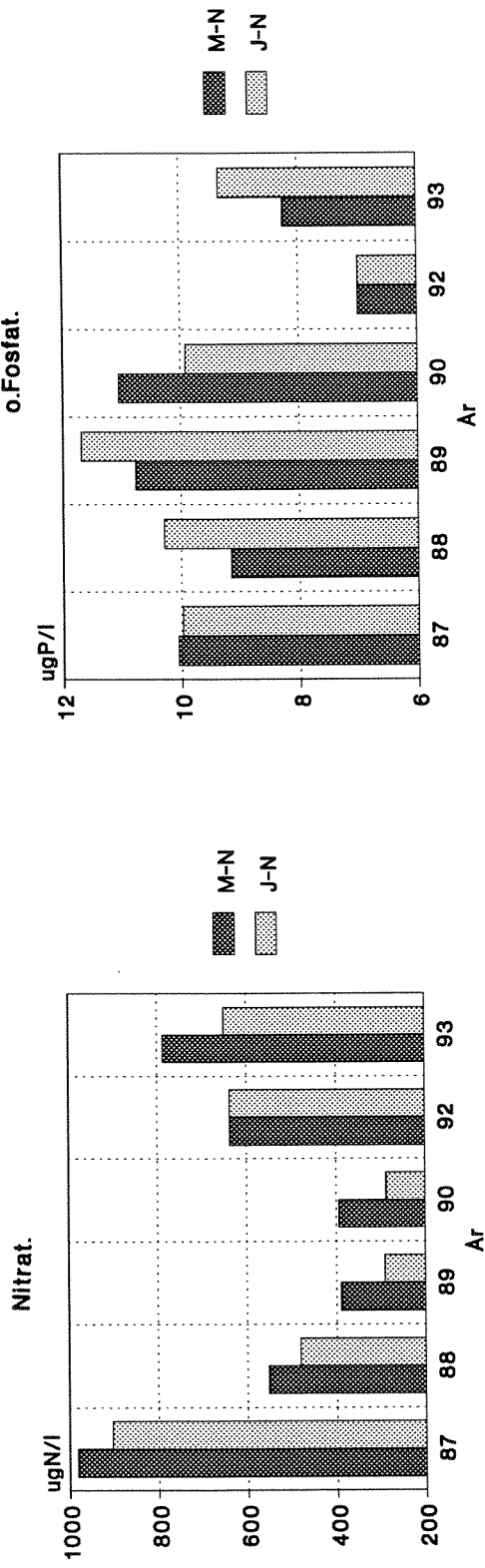
FIGUR 24. Klorofyll a. 19.05-10.08 1993.



FIGUR 25. Algebiomassens totalvolum og prosentvise sammensetning.



FIGUR 26. Forandringer i hydrografiske / biologiske faktorer.
1987-1993. Periode MAI-NOV og JUN-NOV. 4m dyp.



APPENDIKS: Fysiske og kjemiske grunnlagsdata

AKERSVATNET

1

Prøvetaking: 26 mars, 14 juli, 05 og 20 august 1992.

DYP m	---VANNTEMPERATUR---				-OKSYGENKONSENTR.-				--OKSYGENMETNING--			
	gr.C				mgO2/l				%			
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0	3.2	19.1	17.9	19.5	13.2	8.4	9.8	11.2	99	91	104	122
1	3.2	19.1	18.0	18.7	13.4	7.9	9.8	11.2	100	86	104	120
2	3.2	19.2	18.0	18.1	13.4	8.3	9.9	9.8	100	90	105	104
3	3.2	19.2	18.0	17.6	13.2	8.1	9.8	9.1	99	88	104	96
4	3.2	19.0	18.0	17.3	13.2	7.0	9.8	8.5	99	76	104	89
5	3.2	18.9	18.0	17.3	13.2	8.0	9.8	8.5	99	87	104	89
6	3.2	18.9	18.0	17.2	13.2	8.0	9.8	7.6	99	87	104	79
7	3.2	18.6	17.9	17.1	13.2	7.3	9.7	7.5	99	78	103	78
8	3.2	18.2	18.0	17.1	13.2	6.5	9.6	6.0	99	69	102	62
9	3.2	15.6	17.9	17.1	13.2	3.4	9.5	6.5	99	35	100	68
10	3.2	14.1	17.7	17.0	13.2	1.4	9.1	6.4	99	14	96	66
11	3.2	13.3	17.6	17.0	13.2	0.7	9.0	6.0	99	7	95	62
12	3.2	11.8	17.5	17.0	13.2	0.4	9.0	5.7	99	4	95	59

DYP m	--SURHETSGRAD ---				--KONDUKTIVITET.---				---KLORID-----			
	pH				mS/m 25 gr.C				mgCl/l			
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0	7.6	7.9	8.9	9.0	23.0	23.8	23.4	24.0	23.5	25.0	26.0	26.5
1	7.7	7.9	8.9	8.9	22.9	24.0	23.6	24.0	23.5	25.0	27.0	26.5
2	7.7	7.9	8.9	9.0	23.1	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	26.5	26.5
3		7.9		8.8		24.0		24.1		25.0		26.5
4	7.7	7.8	8.9	8.6	23.2	24.1	24.0	24.3	23.5	24.0	26.0	27.0
5		7.9		8.4		24.0		24.2		25.0		27.0
6	7.7	7.8	9.0	8.3	23.4	24.1	24.0	24.2	23.5	24.0	26.5	27.0
7		7.8		8.0		24.0		24.3		25.0		27.0
8	7.7	7.8	8.9	7.9	23.3	24.1	23.5	24.2	23.5	25.0	26.5	25.5
9		7.6		7.8		24.1		24.4		24.0		27.0
10	7.7	7.5	8.7	7.8	23.2	24.0	24.1	24.3	23.0	24.0	27.0	26.0
11			8.6	7.7				24.2 24.4			27.0	26.0
12	7.7				23.3				23.0			

DYP m	---FARGE----				---TURBIDITET--				---Tot.FOSFOR---			
	mgPt/l				FTU				ugP/l			
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0		34.6	30.0	31.1	3.2	3.0	6.5	3.2	37	26	37	27
1		30.9	30.3	28.6	3.6	3.4	5.7	3.5	37	32	41	36
2		35.3	42.2	26.9	3.3	3.2	5.9	3.9	36	34	44	37
3		33.0		31.1		3.6		3.6		36		41
4		34.2	36.5	27.3	3.4	4.0	6.3	3.5	37	29	39	36
5		34.4		30.7		4.0		3.5		72		39
6		34.5	27.1	37.1	3.7	4.0	6.0	4.0	35	32	39	45
7		43.4		28.8		4.4		5.0		39		54
8		32.9	35.9	29.0	3.5	3.5	6.0	5.2	35	31	39	64
9		53.8		37.4		6.8		5.5		50		63
10		73.0	43.0	28.6	3.6	7.5	5.8	6.0	36	56	39	69
11			42.8	37.4			6.7	6.3			45	95
12					4.9				42			

DYP m	---o.FOSFAT---				---Tot.NITROGEN--				---NITRAT --			
	ugP/l				ugN/l				ugN/l			
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0	9	4	3	6	1970	1340	1260	845	1525	890	475	370
1	8	5	3	6	1900	1350	1280	845	1550	900	480	355
2	9	5	5	7	1900	1360	1260	956	1500	890	475	355
3		6		10		1380		911		905		365
4	11	6	4	8	1900	1340	1250	580	1550	905	470	370
5		7		9		1340		939		905		365
6	8	7	4	9	1900	1380	1290	825	1550	900	475	370
7		12		13		1310		783		890		355
8	9	6	4	14	1920	1360	1260	947	1525	920	480	355
9		27		17		1310		1016		840		350
10	9	33	7	10	1920	1260	1240	1105	1525	820	480	345
11			6	41			1250	845			475	345
12	11				1920				1525			

DYP m	-- TP-PO4 --				--- TN-NO3 ---				----- Vn -----			
	ugP/l				ugN/l							
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0	28	22	34	21	445	450	785	475	23	34	62	56
1	29	27	38	30	350	450	800	490	18	33	63	58
2	27	29	39	30	400	470	785	601	21	35	62	63
3		30		31		475		546		34		60
4	26	23	35	28	350	435	780	210	18	32	62	36
5		65		30		435		574		32		61
6	27	25	35	36	350	480	815	455	18	35	63	55
7		27		41		420		428		32		55
8	26	25	35	50	395	440	780	592	21	32	62	63
9		23		46		470		666		36		66
10	27	23	32	59	395	440	760	760	21	35	61	69
11			39	54			775	500			62	59
12	31				395				21			

DYP m	---JERN-----				---SILISIUM---				Tot.ORGANISK KARBON			
	ugFe/l				mgSiO2/l				mgC/l			
	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --	MAR	JUL	--	AUG --
0		133	151	87		0.8	0.1	0.1	6.7	6.4	6.2	7.0
1		139	154	101		0.9	0.1	0.1	6.5	6.3	6.2	7.8
2		139	161	113		0.8	0.1	0.1	6.7	6.5	6.0	7.3
3		156		121		0.9		0.1		6.6		7.3
4		165	158	118		0.9	0.1	0.1	6.5	6.2	6.0	6.8
5		173		124		1.0		0.1		6.0		7.2
6		175	164	143		1.0	0.1	0.1	5.9	6.6	6.0	6.9
7		250		184		1.2		0.1		6.2		6.7
8		149	161	189		0.9	0.1	0.1	6.3	6.3	6.4	6.5
9		370		330		2.3		0.1		6.6		7.1
10		400	203	410		2.9	0.1	0.1	6.2	6.8	6.4	7.0
11			340	450			0.1	0.1			6.4	7.0
12									6.0			

AKERSVATNET

Prøvetaking: 02 mars, 19 mai, 15 juni, 12 juli, 09 og 10 august 1993

DYP m	-- VANNTEMPERATUR -- gr.C						- OKSYGENMETNING - % metn					
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	
0	1.0	15.0	17.1	17.0	17.7	18.1	97	93	90	96	87	101
1	2.0	14.8	17.1	16.9	17.7	18.0	90	93	90	96	86	101
2	2.5	14.7	17.0	16.9	17.7	17.9	82	94	90	96	85	101
3	2.6	13.6	16.9	16.9	17.7	17.9	80	90	88	96	84	101
4	2.7	12.9	16.8	16.9	17.7	17.7	80	87	87	96	84	97
5	2.7	12.5	16.7	16.9	17.7	17.6	72	86	85	95	84	93
6	2.6	12.1	16.5	16.8	17.7	17.5	67	84	83	94	84	91
7	2.7	11.7	15.9	16.7	17.7	17.4	64	80	71	93	84	88
8	2.7	11.5	15.1	16.7	17.7	17.4	64	79	62	92	84	86
9	2.8	11.4	14.1	16.7	17.7	17.3	59	77	52	92	84	84
10	2.9	10.8	13.5	16.7	17.6	17.2	56	74	44	92	77	82
11	3.0	10.3	13.1	16.7	17.4	17.2	51	71	39	92	73	75
12	3.4	9.9	12.9	16.7	17.1	17.1	26	65	30	92	45	57

DYP m	- KONDUKTIVITET - mS/m 25 gr.C						- SURHETSGRAD - pH					
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	
0	25.6	23.9	24.7	25.4	24.9	25.3	7.6	7.7	7.6	7.7	7.6	
1	25.6	24.0	24.8	25.4	25.1	25.3	7.5	7.6	7.7	7.8	7.6	7.8
2	25.5	24.0	24.9	25.4	25.2	25.4	7.3	7.6	7.7	7.8	7.6	
3	25.4	24.1	25.0	25.4	25.2	25.4		7.6	7.8	7.8	7.5	7.8
4	25.4	24.1	25.0	25.4	25.3	25.4	7.3	7.6	7.7	7.6	7.6	
5	25.5	24.1	25.1	25.4	25.3	25.5		7.6	7.7	7.6	7.6	7.8
6	25.6	24.1	25.1	25.4	25.3	25.5	7.2	7.6	7.7	7.7	7.7	
7	25.6	24.1	25.2	25.4	25.3	25.5		7.6	7.6	7.8	7.6	7.8
8	25.7	24.1	25.3	25.4	25.3	25.6	7.2	7.6	7.5	7.7	7.7	
9	25.8	24.1	25.4	25.4	25.3	25.4		7.4	7.8	7.7	7.7	7.7
10	26.0	24.2	25.5	25.4	25.4	25.7	7.1	7.5	7.4	7.7	7.6	
11	26.3	24.2	25.5	25.4	25.4	25.7	7.2	7.4	7.4	7.8	7.6	7.6
12	27.2	24.2	25.6	25.4	25.8	26.1			7.4			

DYP m	----- FARGE ----- mgPt/l						----- TURBIDITET ----- FTU					
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	
0	40	34	21	57	24		2.4	2.5	2.6	5.0	2.7	
1	41	32	22	47	23	29	2.7	2.6	2.5	4.8	3.0	3.7
2	41	32	22	52	21		3.0	2.7	3.2	4.4	3.3	
3		36	26	49	23	26		5.4	3.1	4.7	3.3	4.1
4	41	34	26	46	22		2.7	3.2	3.4	4.8	3.1	
5		34	26	55	26	23		3.8	3.3	4.9	3.7	3.2
6	44	39	28	55	23		3.4	3.9	4.3	5.0	3.4	
7			25	55	21	23			4.1	5.0	3.4	3.0
8	40	42	31	46	23		5.2	4.3	6.2	5.1	3.7	
9			27	57	23	22			5.3	5.3	3.8	3.6
10	42	55	30	54	20		5.0	6.7	5.6	5.2	3.8	
11	49	42	29	59	27	27	5.2	7.1	4.7	5.4	4.5	6.4
12			32						7.7			

DYP m	----- Tot.FOSFOR ----- ugP/l					----- o.FOSFAT ----- ugP/l						
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		
0	39	32	22	39	42	12	18	4	11	10		
1	46	27	28	40	44	53	17	7	9	11	8	11
2	44	29	24	41	41		20	7	5	10	9	
3		38	27	40	45	51		10	6	10	9	12
4	35	29	24	42	46		22	5	5	12	11	
5		27	24	40	46	41		9	6	11	10	11
6	39	27	23	39	43		27	8	6	10	11	
7			33	39	42	36			13	11	10	10
8	40	28	37	39	43		29	10	17	12	11	
9			38	39	43	35			21	12	12	9
10	46	36	45	43	37		34	19	28	14	11	
11	46	50	51	38	42	51	34	28	26	15	17	26
12			59						34			

DYP m	----- Tot.NITROGEN ----- ugN/l					----- NITRAT ----- ugN/l						
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		
0	2140	1680	1400	1180	1050	1520	1185	940	650	345		
1	2210	1710	1530	1360	1130	1120	1555	1185	940	655	335	325
2	2100	1750	1430	1390	1060		1550	1195	950	640	335	
3		1860	1460	1310	1020	975		1195	940	665	335	325
4	2000	1860	1445	1290	1010		1540	1195	945	670	340	
5		1750	1435	1270	985	900		1195	950	655	335	340
6	1990	1715	1400	1280	1030		1490	1195	945	660	340	
7			1445	1250	975	860			915	655	340	350
8	1930	1680	1475	1280	1010		1460	1195	905	655	340	
9			1475	1240	900	970			895	665	345	350
10	1870	1650	1440	1230	910		1400	1165	850	660	350	
11	1870	1715	1440	1240	905	880	1375	1120	850	660	360	355
12			1460						795			

DYP m	----- SILISIUM ----- mgSiO2/l					-- Tot.ORGANISK KARBON-- mgC/l						
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --		
0	3.3	1.6	0.6	0.1		5.9	5.4	6.1	5.9	6.2		
1	3.4	1.6	0.6	0.1	0.6	5.9	3.6	6.3	5.9	6.2	6.2	
2	3.4	1.6	0.6	0.1		5.8	5.5	6.4	5.9	6.0		
3		1.6	0.6	0.1	0.6		5.5	6.3	6.0	6.0	6.0	
4	3.4	1.7	0.6	0.1		5.5	5.7	6.3	5.7	5.9		
5		1.7	0.6	0.1	0.6		5.5	6.4	5.7	5.9	5.8	
6	3.6	1.7	0.6	0.1		5.4	5.5	5.8	5.7	5.9		
7			1.3	0.1	0.7			6.1	5.7	5.9	5.7	
8	3.7	1.8	1.5	0.1		5.6	5.3	6.3	5.7	5.8		
9			1.9	0.1	0.7			6.1	5.8	5.4	5.8	
10	4.1	2.1	2.5	0.1		5.6	5.0	6.0	5.8	5.8		
11	4.1	2.4	2.7	0.1	0.9	5.6	5.2	6.0	5.8	5.6	5.9	
12			3.0					5.8				

DYP m	----- JERN ----- ugFe/l					----- Tot.N-NO3 ----- ugN/l				
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --
0			168	300		620	495	460	530	705
1			187	290	144	655	525	590	705	795 795
2			167	290		550	555	480	750	725
3		250	167	320	145		665	520	645	685 650
4			200	300		460	665	500	620	670
5		200	200	300	127		555	485	615	650 560
6			270	270		500	520	455	620	690
7			240	290	129			530	595	635 510
8		310	350	290		470	485	570	625	670
9			300	310	146			580	575	555 620
10		370	320	300		470	485	590	570	560
11		570	290	310	390	495	595	590	580	545 525
12			410					665		

DYP m	----- KLOROFYLL a ----- mgChl/l					----- Tot.P-PO4 ----- ugP/l				
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --
0		4.1	4.0	18.3	24.1 30.0	27	14	18	28	32
1		4.2	5.2	20.8	21.2 28.9	29	20	19	29	36 42
2		4.1	5.2	19.0	14.7 30.3	24	22	19	31	32
3		5.5	5.6	19.5	26.5 31.1		28	21	30	36 39
4		4.3	4.1	20.0	17.5 26.4	13	24	19	30	35
5		4.1	3.6	19.4	23.8 19.8		18	18	29	36 30
6		3.6	3.2	19.6	24.2 17.5	12	19	17	29	32
7			2.5	20.4	15.8 10.8			20	28	32 26
8		3.9	3.6	18.1	22.5 9.8	11	18	20	27	32
9			3.1	20.4	17.2 9.4			17	27	31 26
10		4.2	3.3	20.5	13.8 8.6	12	17	17	29	26
11		4.6	3.3	20.9	10.1 9.3	12	22	25	23	25 25
12								25		

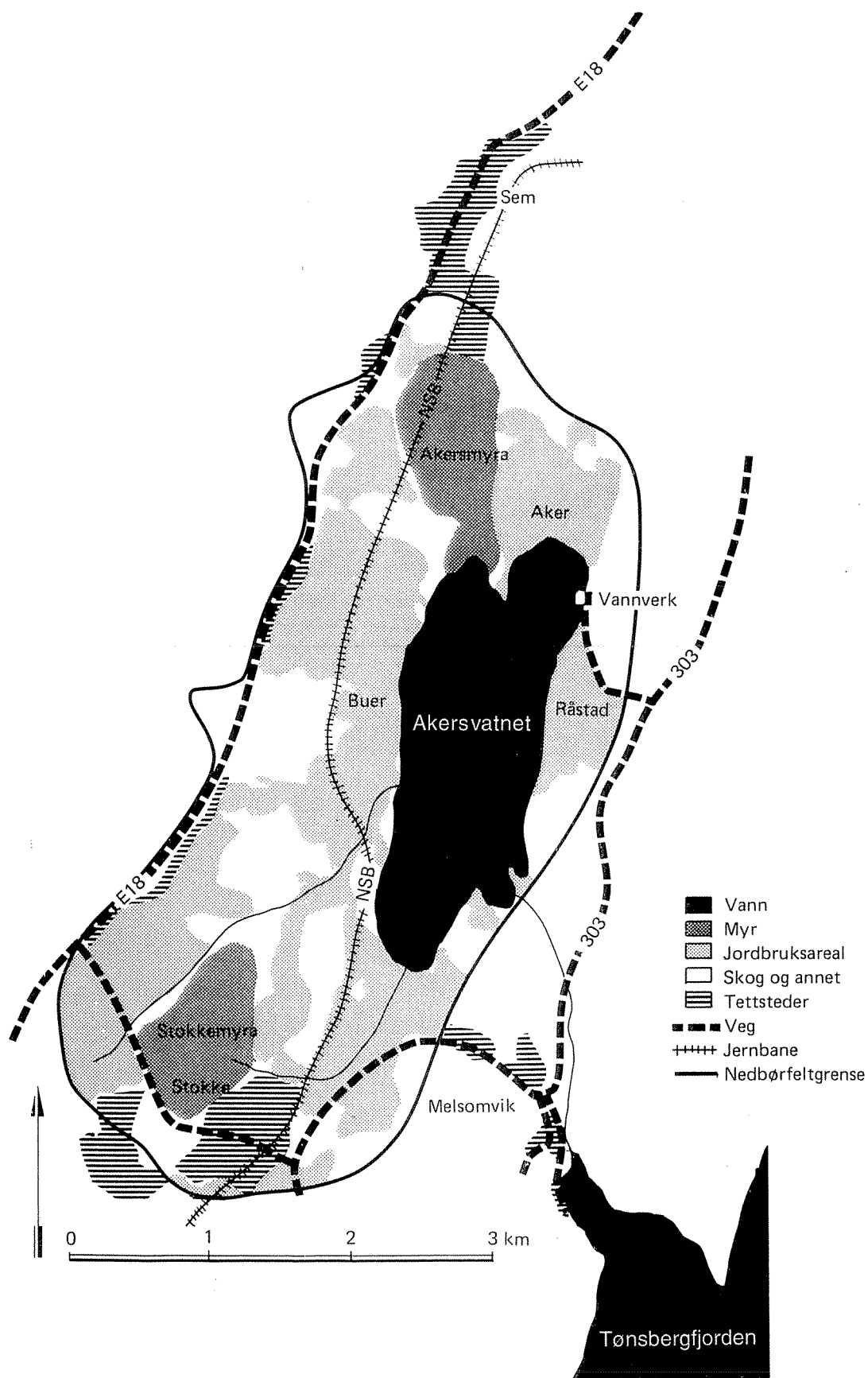
DYP m	-- OKSYGENKONSENTRASJON -- mgO2/l					----- Vn -----				
	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --	MAR	MAI	JUN	JUL	-- AUG --
0	13.8	9.4	8.7	9.3	8.3 9.5	29	29	33	45	67
1	12.4	9.4	8.7	9.3	8.2 9.6	30	31	39	52	70 71
2	11.2	9.5	8.7	9.3	8.1 9.6	26	32	34	54	68
3	10.9	9.3	8.5	9.3	8.0 9.6		36	36	49	67 67
4	10.8	9.2	8.4	9.3	8.0 9.2	23	36	35	48	66
5	9.7	9.2	8.3	9.2	8.0 8.9		32	34	48	66 62
6	9.1	9.0	8.1	9.1	8.0 8.7	25	30	33	48	67
7	8.7	8.7	7.0	9.1	8.0 8.4			37	48	65 59
8	8.6	8.6	6.2	9.0	8.0 8.2	24	29	39	49	66
9	8.0	8.4	5.3	9.0	8.0 8.1			39	46	62 64
10	7.5	8.2	4.6	9.0	7.3 7.9	25	29	41	46	62
11	6.8	7.9	4.1	9.0	7.0 7.2	26	35	41	47	60 60
12	3.5	7.3	3.2	9.0	4.3 5.5			46		

-- Siktedyp ved H.st. 1993. ----
Avstand fra 0m dyp i meter.
MAI JUN JUL -- AUG --

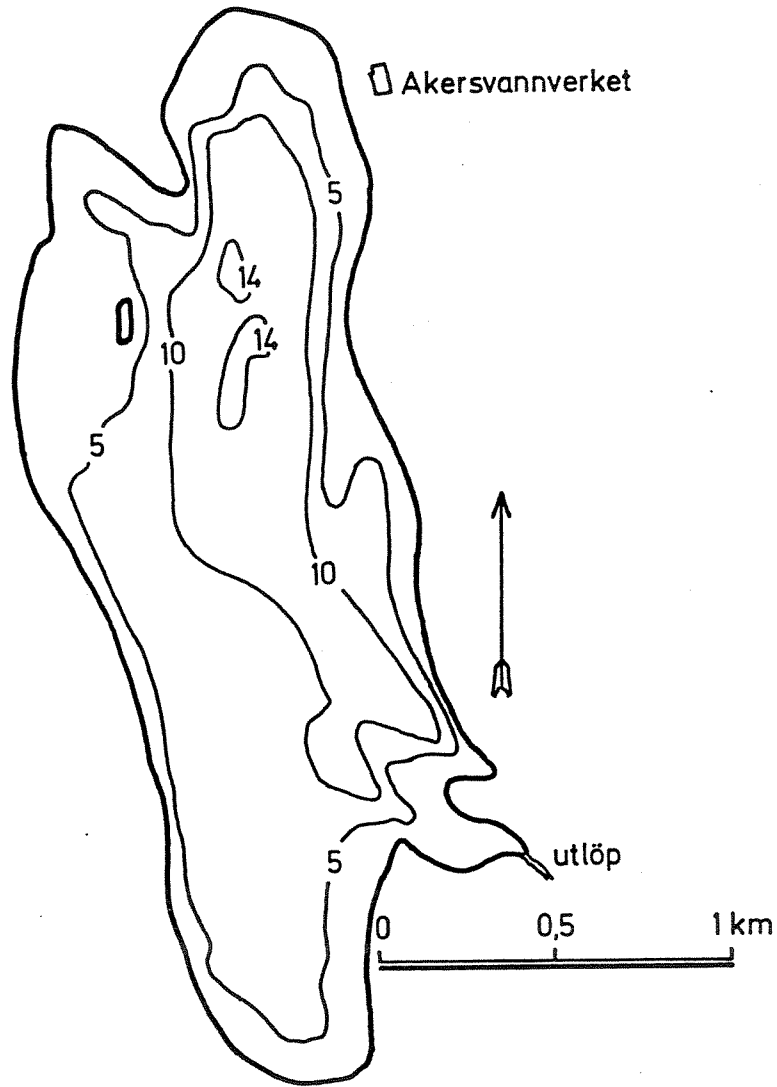
-2 -2.2 -1.2 -1.8 -1.8

---- Siktedyp ved VIV inntak. 1993. ----
Avstand fra 0m dyp i meter.
-- JUN - -- JUL - -- AUG - -- SEP - -- OKT --
14 28 14 24 11 23 06 20 04 18
-2.4 -1.8 -1.2 -2.0 -1.8 -2.4 -1.4 -2.0 -1.8 -2.4

Akersvatnet med nedbørfelt (NIVA 1984)



Dybdekart (NIVA 1984)



Fysiografiske data

Areal av overflate	2,3 km ²
Volum	14,5·10 ⁶ m ³
Største dyp	13 m
Største lengde	3 km
Største bredde	1 km
Middeldyp	6 m
Årlig avløp	8,7·10 ⁶ m ³
Teoretisk oppholdstid	1,7 år
Areal:	
- nedbørfelt	14 km ²
- terrestrisk	11,9 km ²
- landbruk	5,5 km ²
- skog	4,0 km ²
- myr	1,0 km ²
- tettsteder	0,7 km ²

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2423-8