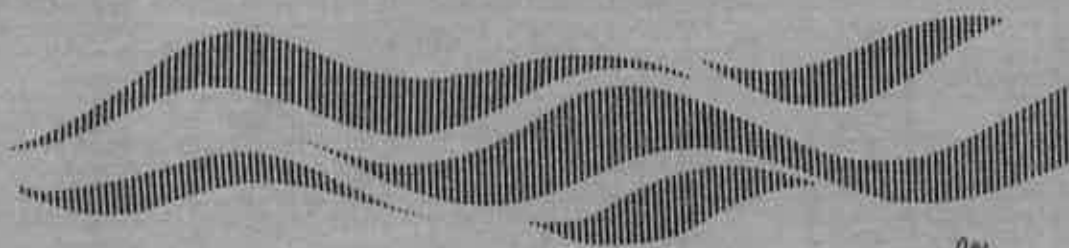


E-89489

Giftproduserende blågrønnalger i
Haldenvassdraget

Observasjoner utført i 1989



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimslad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Braiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr. E-89489
Undernummer:
Løpenummer: F-528
Begrenset distribusjon.

Rapportens tittel: Giftproduserende blågrønnalger i Halden- vassdraget. Observasjoner utført i 1989.	Dato: 10. januar 1990
	Prosjektnummer: E-89489
Forfatter (e): Olav Skulberg Jozsef Kotai	Faggruppe: Hydrobiologi
	Geografisk område: Østfold, Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 32

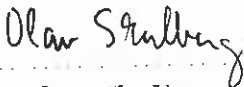
Oppdragsgiver: Helsetjenesten i Akershus og Østfold	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
--	---------------------------------

Ekstrakt: <p>Masseutvikling av blågrønnalger var fremtredende i Bjørkelangen, Skulerudsjøen og Rødenessjøen i juli, august og september 1989. Vannblomstdannende populasjoner av <u>Microcystis aeruginosa</u> og <u>Anabaena flos-aquae</u> f. <u>flos-aquae</u> var toksinproduserende. Toksinene har hepatotoksiske og nevrotoksiske virkninger. Det anbefales at helsemyndighetene på bakgrunn av det foreliggende materiale vurderer mulige konsekvenser for bruken av vannforekomsten under oppblomstringsperioder med blågrønnalger.</p>
--

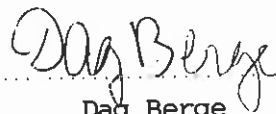
- 4 emneord, norske:
1. Blågrønnalger
 2. Toksiner
 3. Vannkvalitet
 4. Drikkevann

- 4 emneord, engelske:
1. Cyanophytes
 2. Phycotoxins
 3. Water quality
 4. Drinking water

Prosjektleder:


Olav Skulberg

For administrasjonen:


Dag Berge

ISBN 82-577-1645-6

Norsk institutt for vannforskning

E-89489

GIFTPRODUSERENDE BLÅGRØNNALGER I HALDENVASSDRAGET

Observasjoner utført i 1989

Oslo, 10. januar 1990

Olav Skulberg

(ALA) SKU-89489

" Om deres Sygdomme og Huusraad

....Man har for det meste sund og reen Luft og overalt godt Vand, hvorved mange opnaae en Alder af 60 til 70 Aar og derover."

H. Bassøe, Cancellie-Raad og
Sorenskriver over Rachestad
Fogderie. - Forsøg til Bidrag
for det topographiske Selskabs
Samlinger. 1792.

FORORD

Rapporten belyser forekomsten av blågrønnalger med toksinproduksjon i Haldenvassdraget 1989. Undersøkelsen kom i stand ut fra de akutte praktiske og helsemessige problemstillinger som de store oppblomstringene med blågrønnalger skapte.

Det anses i denne sammenheng viktig å fokusere på flere forhold, bl.a.:

- påvisning av blågrønnalger med produksjon av nevrotoksiner er noe nytt her i landet
- praktiske og hygieniske problemer ved oppblomstringer av giftige alger må belyses videre. Oppblomstringen i 1989 har bl.a. vist at den faglige, praktiske og informasjonsmessige beredskap i situasjoner av denne karakter ikke var tilfredsstillende
- en kunnskapshevning om giftige algers konsekvenser for drikkevann og annen bruk av vassdragene er nødvendig.

Det er å håpe at rapporten kan bidra til å fremme en forsvarlig behandling av problemet i norske vannforekomster.

Det er vanskelig å skaffe økonomiske midler til å få arbeidet utført. Derfor fortjener de som hjalp til spesiell takk for innsats. Det er særlig grunn til å nevne Næringsmiddelkontroll-laboratoriene ved veterinærene John Tærud, Lars Vik og Leidulf Farstad som tidlig forsto situasjonen i vassdraget og tok saken opp.

Toksisitetsbestemmelsene ble foretatt ved Statens institutt for folkehelse og Norges veterinærhøgskole. Jeg retter takk til forsker Rolf Andersen og professor Bjarne Underdal for godt samarbeid.

Oslo, 10. januar 1990

Olav Skulberg

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	1
SAMMENFATNING OG KONKLUSJONER	5
BAKGRUNN	8
SAMARBEID	8
BLÅGRØNNALGER	8
HYDROGRAFISKE FORHOLD	9
PÅVISNING AV BLÅGRØNNALGETOKSINER	10
FIGURER OG TABELLER	13
DRØFTELSE AV RESULTATER	27
NOEN PRAKTISKE ERFARINGER	29
HENVISNINGER	31

FIGUROVERSIKT

	Side
Figur 1. Vanntemperatur og vannmassenes lagdeling i Skulerudsjøen-Rødenessjøen, 12.-13. august 1989.	14
" 2. Vannmassenes oksygenmetning i prosent. Skulerudsjøen-Rødenessjøen, 12.-13. august 1989.	14
" 3. Klorofyllinnhold i algeplankton under vannblomst i Rødenessjøen, 13. august 1989.	15
" 4. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total organisk karbon, 8. september 1989.	15
" 5. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total nitrogen, 8. september 1989.	16
" 6. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total fosfor, 8. september 1989.	16
" 7. Grafisk fremstilling av forholdet mellom total nitrogen og total fosfor (TN/TP), 8. september 1989.	17
" 8. <u>Microcystis aeruginosa</u> Kütz.	18
" 9. <u>Anabaena flos-aquae</u> f. <u>flos-aquae</u> Kom.	19
" 10. Resultater fra påvisning av nevrotoksin hos <u>Anabaena flos-aquae</u> f. <u>flos-aquae</u> med et <u>in vitro</u> testsystem.	20
" 11. Eksempel på avisoverskrifter med uttalelser fra ulike offentlige instanser om vannblomst og helserisiko .	22

TABELLOVERSIKT

	Side
Tabell 1. Oversikt over blågrønnalger i Haldenvassdragets plankton og arter observert i masseforekomst/vannblomst i 1989.	23
" 2. Blågrønnalger i fytoplankton. Undersøkelse av håvtrekk (25 µm) 13. august 1989.	24
" 3. Vannblomstdannende blågrønnalger i Haldenvassdraget og deres mulige toksindannelse.	25
" 4. Positiv påvisning av blågrønnalgetoksiner. Haldenvassdraget 1989.	25
" 5. Forekomst av blågrønnalger i inntaksvann til vannforsyninger. Rødenessjøen 8. august 1989.	26

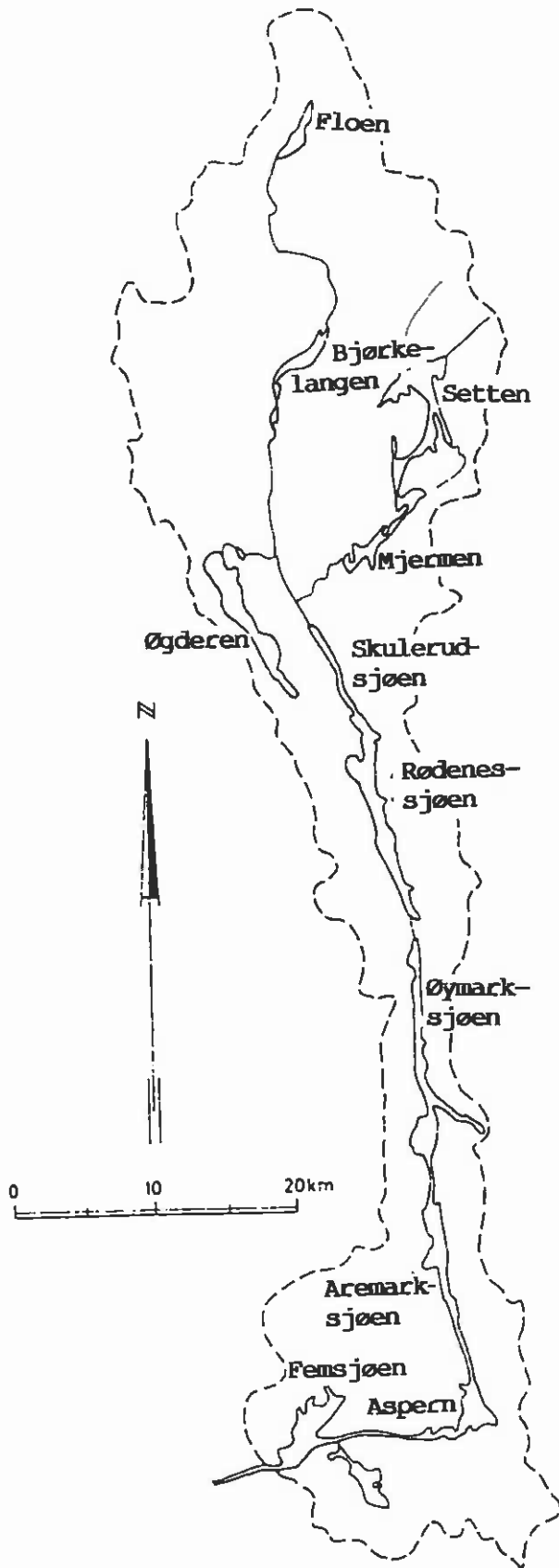
SAMMENFATNING OG KONKLUSJONER

- Etter initiativ fra helsetjenesten i Akershus og Østfold foretok NIVA observasjoner i august-september 1989 for å belyse masseutvikling av blågrønnalger i Haldenvassdraget.
- Vannblomst med blågrønnalger hadde regional stor forekomst i Haldenvassdraget i juli, august og september. Artene som inngikk i oppblomstringene var:
 - Gomphosphaeria naegeliana
 - Microcystis aeruginosa
 - Anabaena flos-aquae f. flos-aquae
 - Aphanizomenon flos-aquae
 - Oscillatoria agardhii var. isothrix.
- I tidligere undersøkelser i Haldenvassdraget er det ikke registrert store oppblomstringer av Anabaena i området Skulerudsjøen - Rødenessjøen. De Anabaena-artene som har vært fremtredende i planktonet har vært A. circinalis, A. solitaria og A. spiroides, i mindre grad A. flos-aquae. Den arten som hadde oppblomstring i 1989 ble bestemt til A. flos-aquae f. flos-aquae.
- Populasjonene av blågrønnalger var periodevis meget store i bl.a. Bjørkelangen, Skulerudsjøen og Rødenessjøen. Klorofyllinnholdet i plankton under vannblomst var f.eks. i Rødenessjøen i konsentrasjonsområdet 1,5-10 mg/m³ (prøvetaking 13. august).
- De hydrografiske forhold i innsjøene ga gode forutsetninger for masseutvikling av blågrønnalger med vannblomstdannelse. I Skulerudsjøen ble det registrert sterkt avtakende innhold av oksygen under sprangsjiktet, og med hydrogensulfid i vannmassene som hadde bunnkontakt.
- Materiale av blågrønnalgene Anabaena flos-aquae f. flos-aquae og Microcystis aeruginosa ble undersøkt for blågrønnalgetoksiner. Alle undersøkte prøver (seks prøver fra tre innsamlingstidspunkter) inneholdt blågrønnalgetoksiner.
- Biotestene som ble utført, viste tre typer giftvirkninger (protrahert toksisk, hepatotoksisk og nevrotoksisk virkning). Førgiftningssymptomene var de karakteristiske som er beskrevet for toksiner av alkaloid- og polypeptid-natur dannet i blågrønnalger.

- Det ble fastslått forekomst av toksiner med nevrotoksisk virkning tilsvarende anatoxin-a. Vannblomstmateriale av Anabaena flos-aquae f. flos-aquae fra Krokstادتjernet innsamlet 6. september hadde denne effekt.
- Ut fra hydrobiologiske holdepunkter er det grunn til å bedømme konsekvenser for vassdraget i oppblomstringsperioder. Dette gjelder vassdragsområder hvor det er vannblomst av blågrønnalger.

Til grunn legges bl.a. blågrønnalgenes mengdemessige opptreden, at toksinproduserende stammer kan være i dominans, og at dannelse av nevrotoksin ble påvist i 1989.

- NIVA anbefaler at helsemyndighetene ser nærmere på konsekvensene for bruken av vassdraget (drikkevann, bading, nyttiggjøring av matprodukter fra vassdraget (kreps, fisk)) under situasjoner med oppblomstring av blågrønnalger.
- Det er et stort behov for å få klarlagt hvordan giftproduserende blågrønnalger utvikler seg i Haldenvassdraget. De økologiske forhold og konsekvenser under vannblomstdannelse bør bli undersøkt. Hvilke toksiner som forekommer, deres bevegelse i næringskjeden og nedbrytningen i miljøet trenger oppmerksomhet. I praktisk sammenheng er det behov for et analyseverktøy for de aktuelle toksiner som kan fremskaffe holdepunkter til den nødvendige risikobedømmelse.
- Tverrfaglige undersøkelser av giftproduserende blågrønnalger i Haldenvassdraget bør gjennomføres med målsetting å gi grunnlag for eventuelle praktiske og hygieniske tiltak i aktuell sammenheng.



KARTSKISSE OVER HALDENVASSDRAGET

BAKGRUNN

Vegetasjonsperioden 1989 var karakterisert av masseutvikling med blågrønnalger på mange lokaliteter på Østlandet. Haldenvassdraget fikk de største oppblomstringer på lang tid (Skulberg & Kotai 1982).

Helsetjenesten i Akershus og Østfold ble tidlig klar over forholdet. Det ble i slutten av juli tatt kontakt med NIVA for å belyse faglige sider ved fenomenet. Resultater og erfaringer fra arbeidet fremlegges i dette skrift.

SAMARBEID

For å undersøke blågrønnalgens påvirkning av vannkvalitet i Haldenvassdraget, ble det organisert et samarbeid om prøvetaking og analysering. Det praktiske arbeid ble tilrettelagt av næringsmiddelkontrollene, henholdsvis:

Interkommunal næringsmiddelkontroll, Strømmen.

Indre Østfold næringsmiddelkontroll, Mysen.

Kjøtt- og næringsmiddelkontrollen, Halden.

Kjemiske og biologiske analyser ble utført ved NIVAs laboratorier i Oslo. Biotester for bestemmelse av toksisitet ble gjort ved Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse.

Bevilgning i 1989 til arbeidet med undersøkelser av toksinproduserende blågrønnalger var av NIVA tatt opp med Statens forurensningstilsyn (SFT). Det ble etter hvert mottatt beskjed om at finansiering ikke kunne skaffes. Søknad om midler til å rapportere resultatene av undersøkelsene i 1989 ble også avslått av SFT. NIVA har derfor dekket en stor del av arbeidet med egne midler.

BLÅGRØNNALGER

Det er forholdsvis god kunnskap om kvalitative sider ved blågrønnalgevegetasjonen i Haldenvassdraget. Mer enn 30 arter blågrønnalger inngår i innsjøenes plankton (Skulberg & Kotai 1982).

En artsrik vegetasjon av blågrønnalger hadde også forekomst i planktonet i 1989 (TABELL 1). Det var et fåtall arter som dannet større populasjoner i perioden for prøvetaking (juli-september). Direkte vannblomst (Skulberg 1965) eller masseforekomst hadde et lite

utvalg arter. Disse er angitt i TABELL 2 med dato for når observasjon ble gjort. Følgende arter hører til denne kategori:

- Gomphosphaeria naegeliana
- Microcystis aeruginosa
- Anabaena flos-aquae f. flos-aquae
- Aphanizomenon flos-aquae
- Oscillatoria agardhii var. isothrix

Et forhold som er viktig å merke seg, er knyttet til oppblomstringene av Anabaena. I tidligere undersøkelser i Haldenvassdraget er det ikke registrert store oppblomstringer av Anabaena i området Skulerudsjøen - Rødenessjøen. De vanligste Anabaena-artene har vært A. circinalis, A. solitaria og A. spiroides, i mindre grad former av A. flos-aquae.

Fra områder med vannblomst i 1989 ble det undersøkt levende og konserverte materiale for bestemmelse av den aktuelle blågrønnalgen. Ut fra bestemmelseslitteraturen som ble brukt (Komàrek 1958), førte vi denne algen til Anabaena flos-aquae f. flos-aquae Kom. Den systematiske tilhørigheten bør imidlertid studeres nærmere.

Artene som hadde masseutvikling i Haldenvassdraget i 1989 var alle slike som er kjent for å kunne ha toksinproduserende stammer (Skulberg et al. 1984).

HYDROGRAFISKE FORHOLD

Innsjøene var i observasjonsperioden hovedsakelig preget av hydrografiske forutsetninger som tidligere er beskrevet (Skulberg & Kotai 1982, Fylkesmannen i Østfold 1988, Hardeng 1989a). Dette fremgår bl.a. av resultatene av de utførte målinger og analyser 12. og 13. august 1989. (FIGUR 1, 2, 3 og 4). Noen karakteristiske forhold kan fremheves.

Vannmassene hadde en tydelig lagdeling (FIGUR 1). Sprangsjiktet var beliggende i dybdeintervallet 8-12 m. Verdiene for oksygenmetning (FIGUR 2) viste bl.a. at stor biologisk aktivitet gjorde seg gjeldende. I Skulerudsjøen var det sterkt avtakende innhold av oksygen under sprangsjiktet, og over bunnen var det oksygenfritt med dannelse av dihydrogensulfid. De oksygenforbrukende prosessene i Skulerudsjøen var en følge av den store algeoppblomstring som hadde funnet sted i juli og begynnelsen av august. På observasjonstidspunktet var det frodig algeutvikling med dominans av blågrønnalger i Rødenessjøens nordlige områder. Det var utpreget vannblomst med utbredelse på omlag

1,5 km i lengderetningen nord-syd i vassdraget ved Kroksund bru.

Algemengdene var meget store. Dette fremgår av verdiene for klorofyllinnhold i algeplanktonet (FIGUR 3) og for vannmassenes innhold av total karbon (FIGUR 4). Som vanlig under forhold med vannblomst varierte konsentrasjonen av alger sterkt i de aktuelle vannområder. Anrikningen av blågrønnalger kunne på enkelte lokaliteter bli så stor at materialet nærmest får en pastaliknende konsistens (hyperscum, Cohen & Rosenberg 1989). Men også i vannmassene utenfor oppblomstringsområdene var det gjennomgående i dette tidsrom høyt innhold av organisk materiale (FIGUR 4).

Det ble gjort bestemmelse av vannmassenes innhold av totalnitrogen (FIGUR 5) og totalfosfor (FIGUR 6). Verdiene er hovedsakelig i det størrelsesområdet som tidligere er beskrevet for Haldenvassdraget (Skulberg & Kotai 1982, Fylkesmannen i Østfold 1986, 1987, 1988).

Når det gjelder muligheter for masseutvikling av blågrønnalger (vannblomst), er ut fra teoretiske betraktninger bl.a. forholdet mellom totalnitrogen og totalfosfor i vannmassene av viktighet (Berge 1987, Seip 1988, Paerl 1988). Det er vanlig å regne med at hvis forholdstallet (TN/TP) blir lavere enn verdien 29, foreligger det stor sannsynlighet for utvikling av vannblomst med blågrønnalger.

Det kan gjøres en slik vurdering av forutsetninger for masseutvikling av blågrønnalger i de aktuelle innsjøene. Resultatene er grafisk fremstilt i FIGUR 7. Det fremgår av dette at Rødenessjøen, Krokstadtjernet og Aremarksjøen hadde et forholdstall høyere enn tallverdien som tilsvarer den kritiske størrelse.

PÅVISNING AV BLÅGRØNNALGETOKSINER

Flere av de vanlig forekommende blågrønnalger i Haldenvassdraget kan ha stammer med mulig toksinproduksjon (Skulberg 1988). Toksinene som de danner, omfatter hovedsakelig alkaloider (heterocykliske, nitrogenholdige baser med utpreget fysiologisk virkning på nervesystemet) og polypeptider (sammenkoblede aminosyrer i lange kjeder eller ringer med utpreget fysiologisk virkning på lever og leverceller).

Når det gjelder artene med vannblomstdannelse i 1989, er deres mulige toksinproduksjon vist i TABELL 3. Imidlertid må det stadig understrekes at dette er basert på hva som foreløpig er kjent. Det er svært sannsynlig flere arter og andre toksiner som vil kunne bli påvist ved

fortsatt forskningsvirksomhet.

Bare materialet av de to artene Anabaena flos-aquae f. flos-aquae og Microcystis aeruginosa ble benyttet til undersøkelse av toksiner. Metodene som ble anvendt omfattet bruk av akutte toksisitetstester med mus, kjemisk påvisning med høytrykksvæskekromatografi - HPLC (Skulberg 1988) og et in vitro testsystem av et rotte-diafragma innervert via Nervus phrenicus (Andersen et al. 1987).

En sammenfatning av resultatene med de utførte testene er samlet i TABELL 4.

Alle undersøkte prøver - seks stykker fra tre innsamlingstidspunkter - hadde innhold av blågrønnalgetoksiner. Begge de undersøkte arter dannet altså vannblomst i Haldenvassdraget med stammer som hadde toksinproduksjon. I det følgende skal de toksikologiske observasjoner omtales.

MICROCYSTIS AERUGINOSA (FIGUR 8)

Denne arten hadde forekomst både i hovedvassdraget og i lokaliteter knyttet til sidevassdrag. Materialet som ble benyttet til de akutte toksisitetstester var fra Helgetjernet, og innsamlet henholdsvis 12. august og 6. september.

Alle forsøksdyrene som ble benyttet til biotestene viste en død tid på 5-20 timer etter intraperitoneal injeksjon. De akutte, typiske dødssymptomer for microcystiner ble ikke observert, f.eks. ble bare en svak økning av levervekt konstatert.

Resultatene viste klart at toksin var til stede i algematerialet, og giftvirkningen karakteriseres som protraisert toksisk. Erfaringene gir holdepunkter for at det aktive stoff kan være et hittil ukjent polypeptid (microcystin) som er til stede i blågrønnalger med denne type giftvirkning (Harada 1989, Skulberg et al. 1990).

ANABAENA FLOS-AQUAE F. FLOS-AQUAE (FIGUR 9)

Materialet som ble benyttet til de akutte toksisitetstester var fra vannblomst i hovedvassdraget (Rødenessjøen og Krokstادتjernet - TABELL 2). Det var innhentet henholdsvis 8. august, 13. august og 6. september.

Resultatene av biotestene med materiale av Anabaena flos-aquae f. flos-aquae viste at tre toksiske virkninger gjorde seg gjeldende (TABELL 4).

Protrahert toksisk effekt: Forgiftningssymptomene var sammenfallende med de som er omtalt under Microcystis aeruginosa.

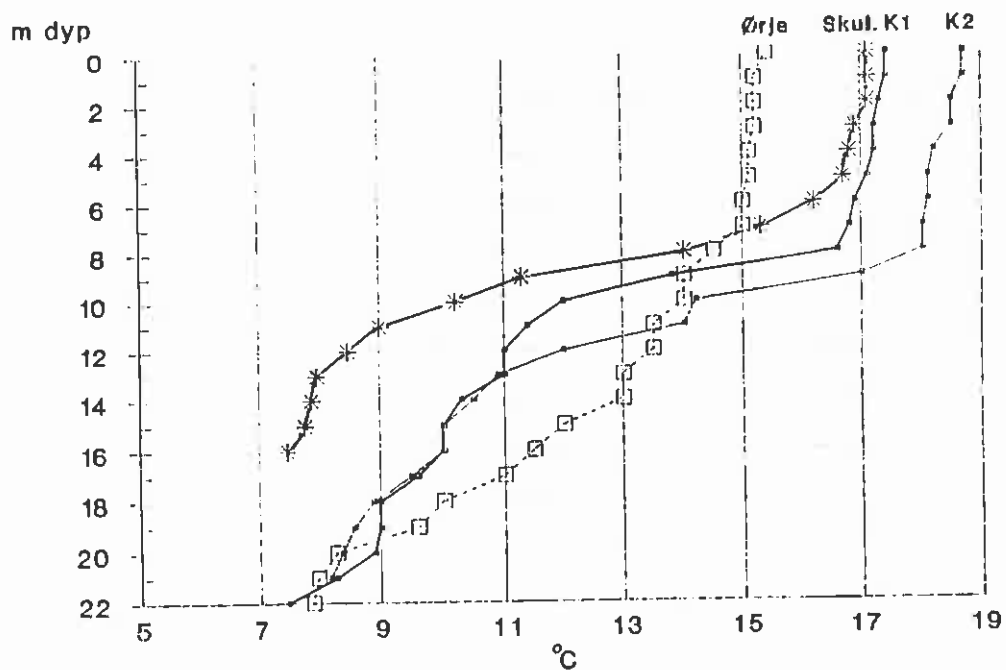
Hepatotoksisk effekt: Skader på leveren er tydelig påvisbare. Lammelser og kramper inntreffer. Forsøksdyrene får respirasjonsbesvær, og døden inntreffer etter et par timer.

Nevrotoksisk effekt : Kort dødstid er typisk (forsøksdyrene døde ca. 2 minutter etter mottatt intraperitoneal dose). Skjelvinger og voldsomme kramper gjør seg gjeldende før døden inntreffer.

Museforsøk viste positiv tilstedeværelse av nevrotoksiner i prøven fra Krokstادتjernet 6. september, og dette materialet ble også spesielt undersøkt i tester med rotte-diafragma-metoden. Direkte påvisning av nevrotoksiner ble utført for å karakterisere toksinet i Anabaena flos-aquae f. flos-aquae fra Krokstادتjernet. Det var fremskaffet renfremstilt stoff av anatoksin-a (fra Wright State University, USA). Dette stoffet ble benyttet til sammenlikningssubstans. Resultatene som fremkom med materialet fra Haldenvassdraget (FIGUR 10), viser at virkningene av toksinet i Anabaena flos-aquae f. flos-aquae er i stor grad sammenfallende med de som er beskrevet for alkaloidet anatoksin-a (Carmichael et al. 1985).

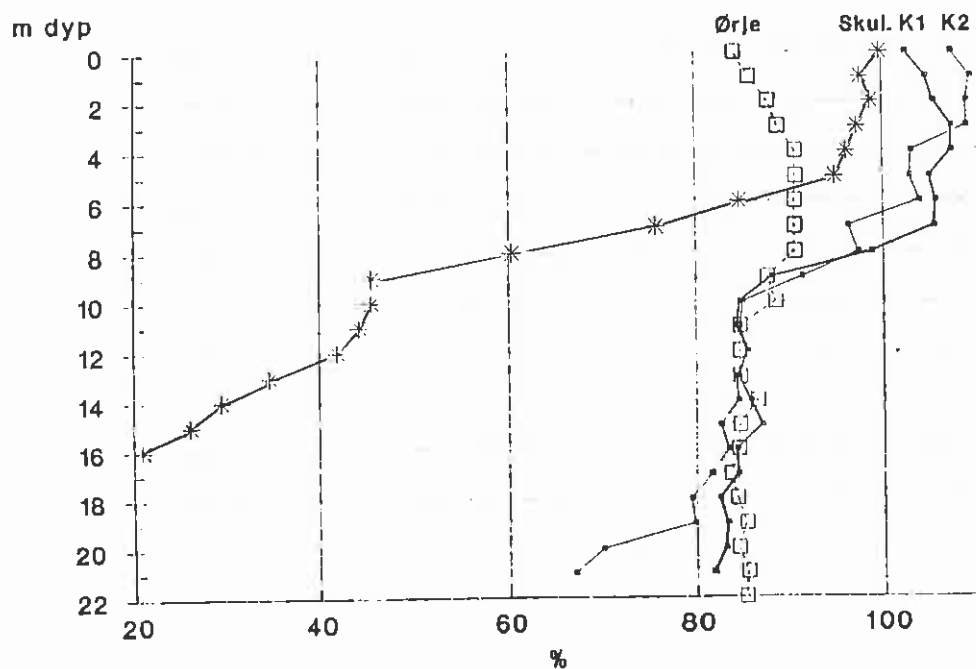
FIGURER
og
TABELLER

FIGUR 1. Vanntemperatur og vannmassenes lagdeling i Skulerudsjøen - Rødenessjøen, 12.-13. august 1989.



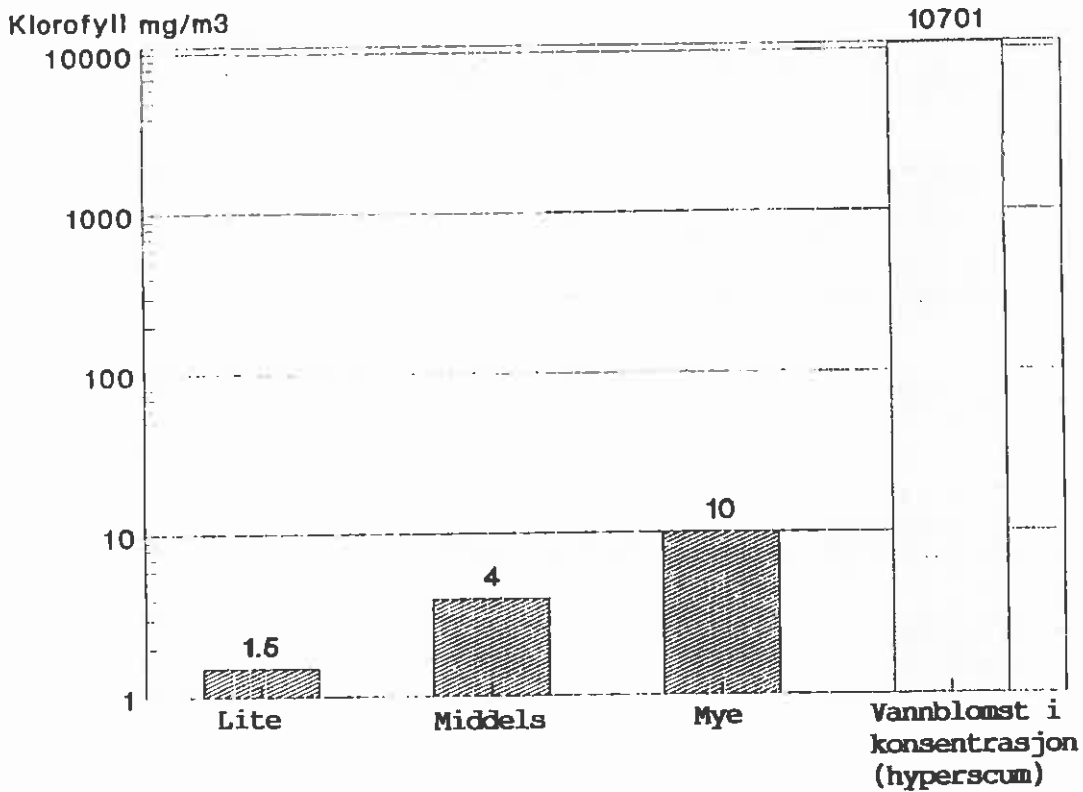
K1-ca.600m syd, K2-ca.600m nord for Kroksund bru.

FIGUR 2. Vannmassenes oksygenmetning i prosent. Skulerudsjøen - Rødenessjøen, 12.-13. august 1989.

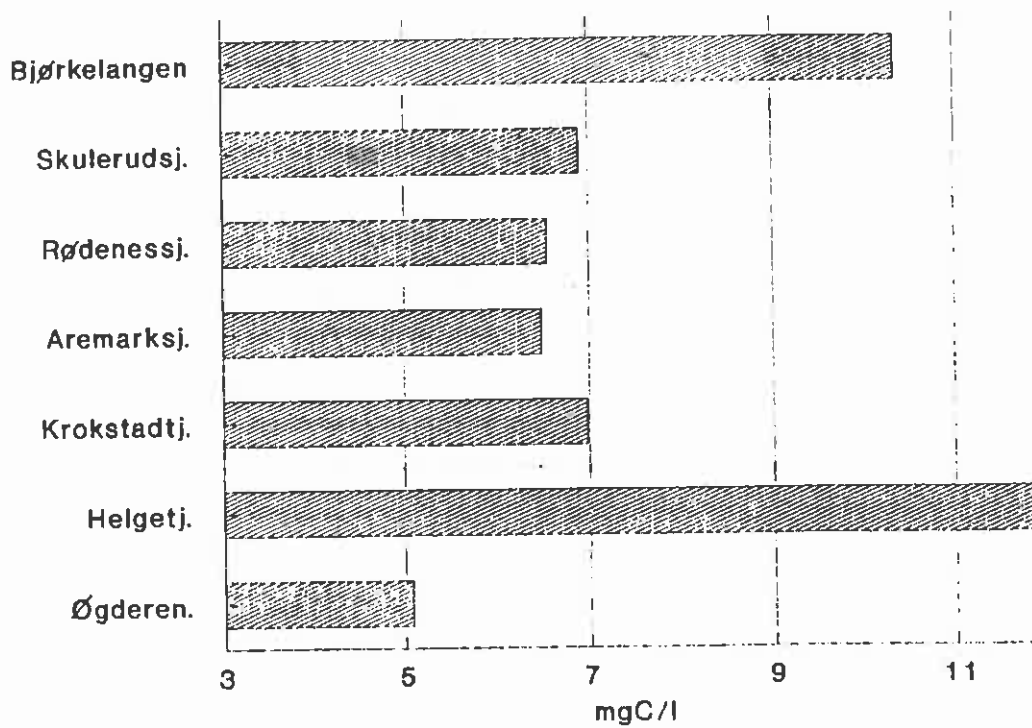


K1-ca600m syd, K2-ca.600m nord for Kroksund bru.

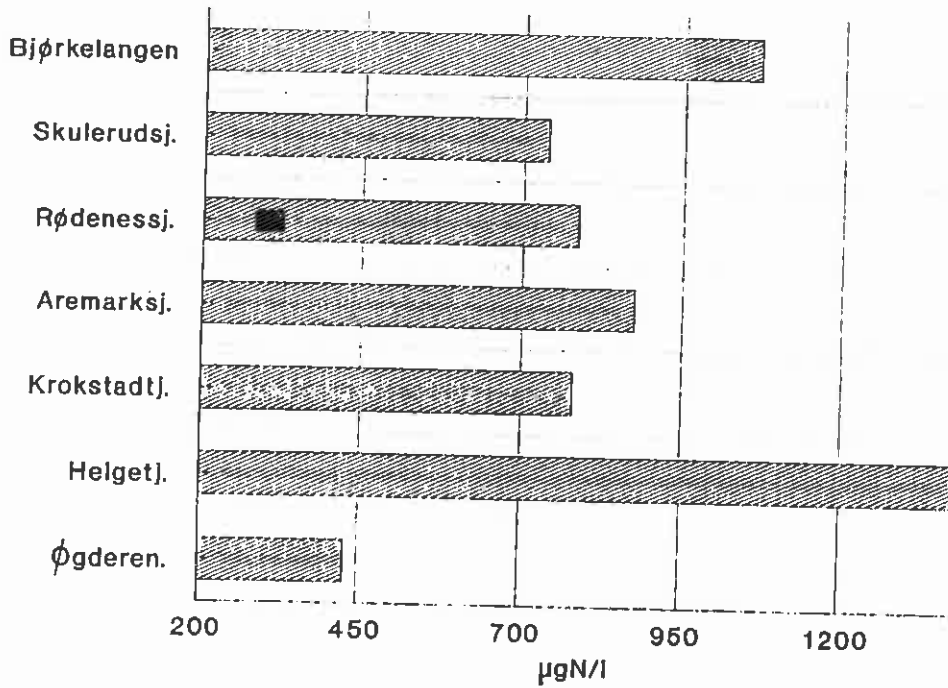
FIGUR 3. Klorofyllinnhold i algeplankton under vannblomst i Rødenes-
sjøen, 13.august 1989 .



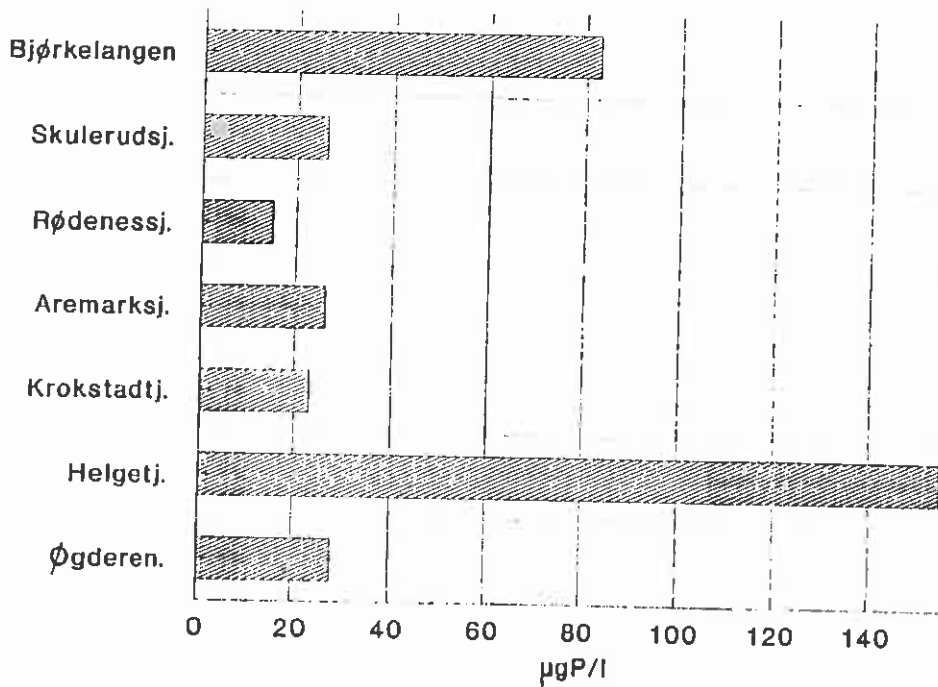
FIGUR 4. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total organisk
karbon, 8.september 1989.



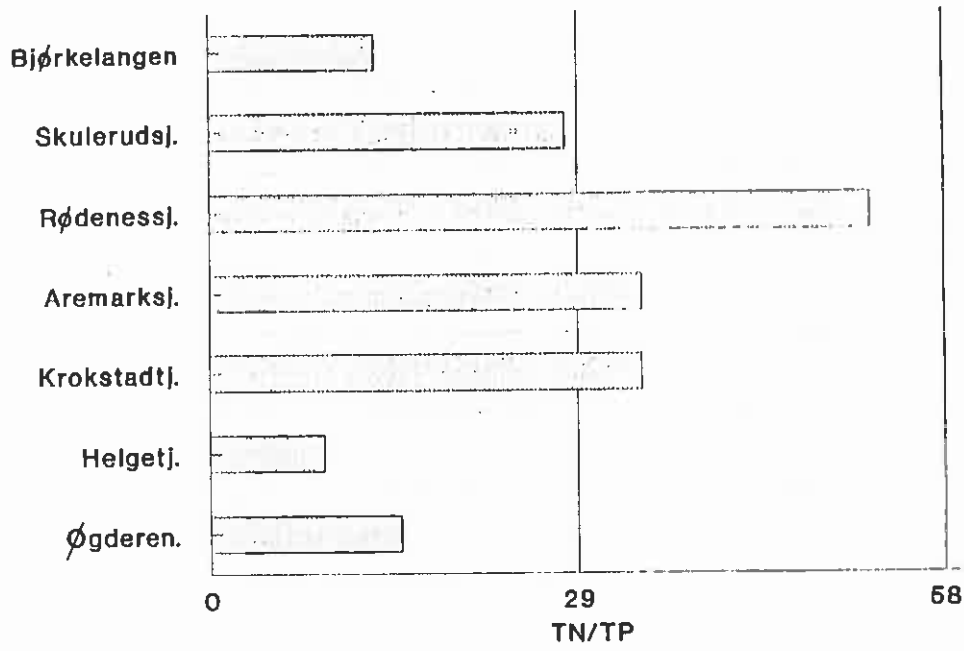
FIGUR 5. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total nitrogen, 8. september 1989.



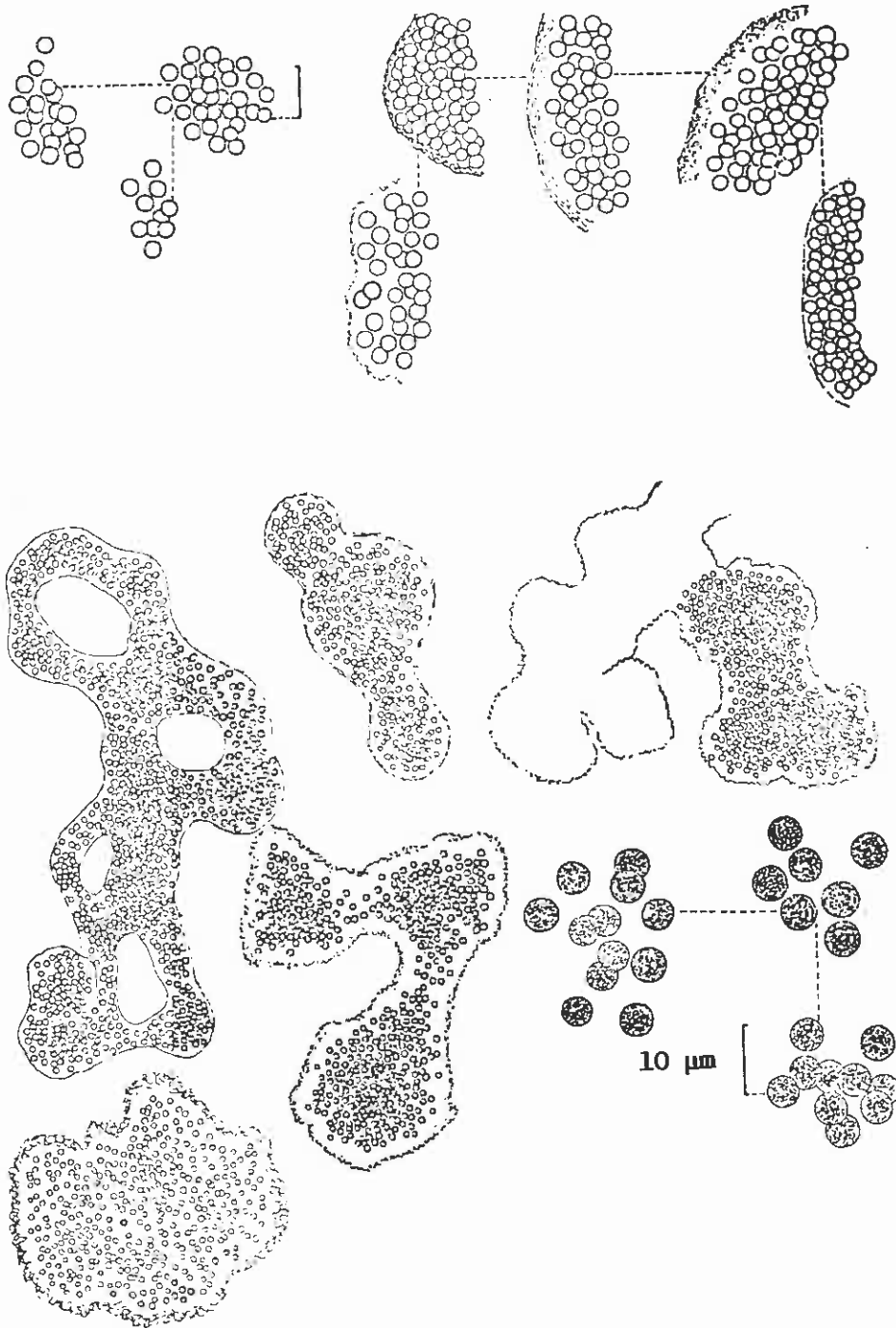
FIGUR 6. Grafisk fremstilling av vannmassenes innhold av total fosfor, 8. september 1989.



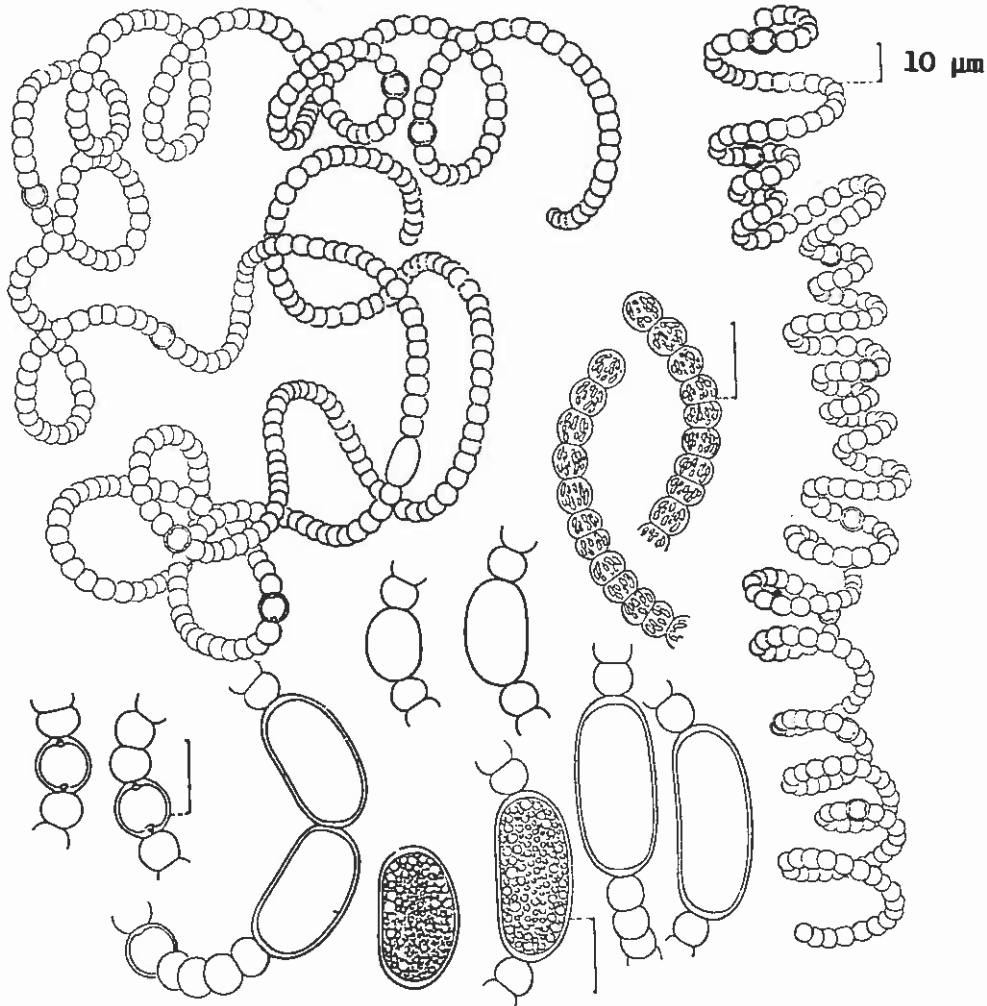
FIGUR 7. Grafisk fremstilling av forholdet mellom total nitrogen og total fosfor (TN/TP), 8. september 1989.



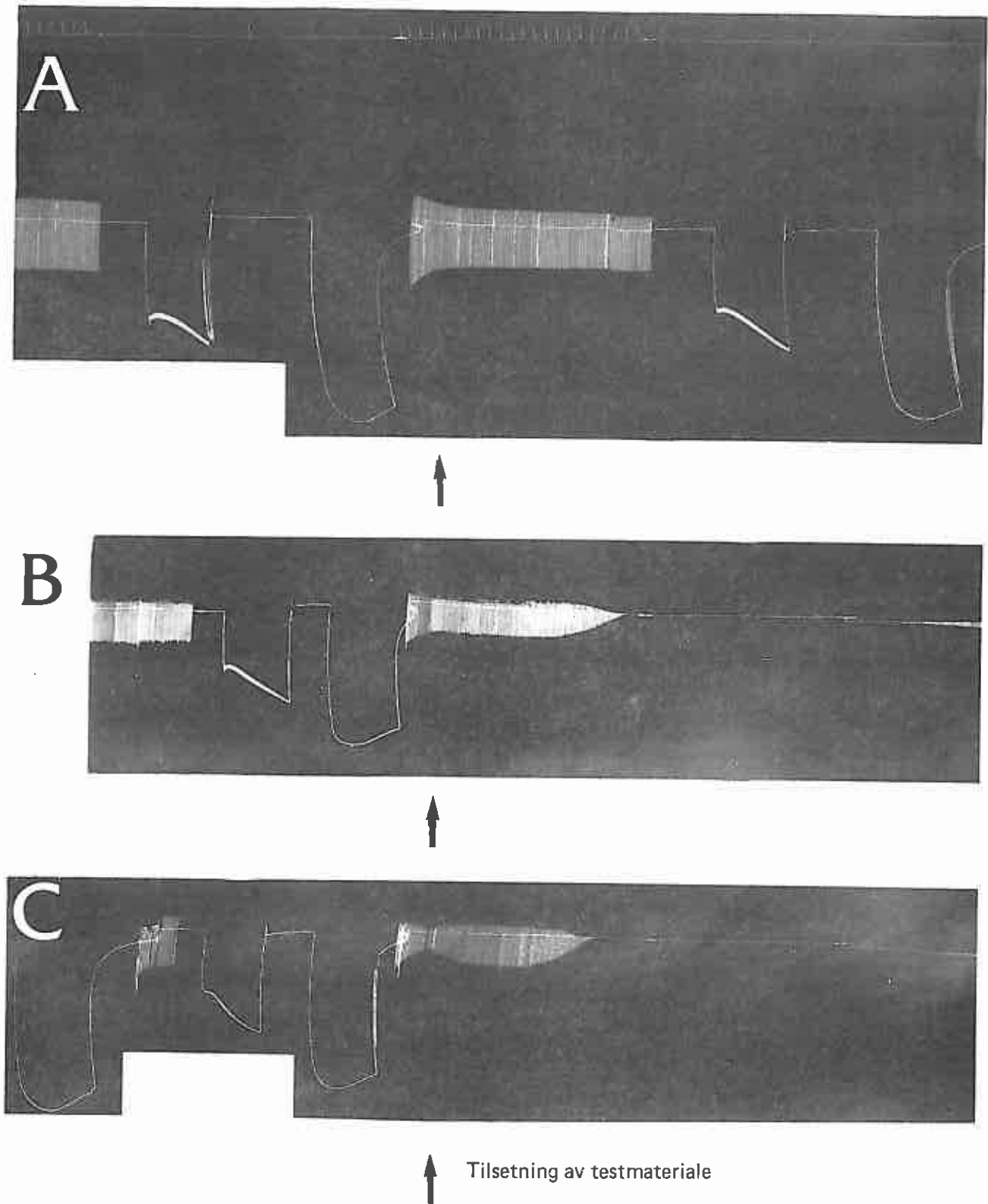
FIGUR 8. Microcystis aeruginosa Kütz.
(etter Komárek 1958).



FIGUR 9. *Anabaena flos-aquae* f. *flos-aquae* Kom.
(etter Komárek 1958)



FIGUR 10. Resultater fra påvisning av nevrotoksin hos Anabaena flos-aquae f. flos-aquae med et in vitro testsystem.



(Figurforklaring , se neste side)

Forklaring til FIGUR 10

Det ble foretatt forsøk med et in vitro testsystem bestående av et hemidiafragma fra rotte innervert av Nervus phrenicus montert i et organbad som inneholder Tyrode-løsning. Aksjonspotensialet kan initieres med stimulering ved hjelp av elektriske pulser av kjent styrke, varighet og frekvens. Muskelaktiviteten (enkeltkontraksjoner og tetaniske kontraksjoner) blir registrert grafisk med en kymograf. Testsystemet representerer en cholinerg synapse som gir mulighet for identifikasjon av toksiske effekter på selve nerven (presynaptisk), i synapsen og på muskelen (postsynaptisk) (Andersen et al. 1987).

- A. Kymogram som viser enkeltkontraksjoner og tetaniske kontraksjoner under forhold med tilsetning (pilen angir tidspunkt) av blågrønnalgemateriale uten innhold av nevrotoksiner (blindprøve).
- B. Kymogram som viser effekten av tilsetning av en vandig løsning av blågrønnalgetoksinet anatoksin-a. Wedensky inhibering blir registrert.
- C. Kymogram som viser effekten av tilsetning av blågrønnalgemateriale av Anabaena flos-aquae f. flos-aquae fra Krokstadtjernet. Wedensky inhibering blir registrert. Positiv påvisning av nevrotoksin.

FIGUR 11. Eksempler på avisoverskrifter med uttalelser fra ulike offentlige instanser om vannblomst og helserisiko.

Algene er giftige

Lars Vik ved Næringsmiddelkontrollen legger ikke skjul på at situasjonen er alvorlig, men med fortløpende kontroll av vanninntakene mener han det ikke er

noen fare for drikkevannet i Marker. Miljøavdelingen i fylket overvåker også situasjonen og kunne i går fastslå at algeflakene er på rask retur.

Lars Vik om algeveksten i Rødenessjøen:

– All grunn til forsiktighet

Vassdragsforvalter Torodd Hauger:

Overdrevet algefrykt

Miljøvernavdelingen om algeforekomstene:

Vil avdramatisere uten å bagatellisere

Statens Institutt for Folkehelse:

– Ingen fare for drikkevannet i Haldenvassdraget

Faglig strid om de blå-grønne algene

TABELL 1. Blågrønnalger i fytoplankton. Undersøkelse av håvtrekk (25µm),
13.august 1989.

Art	Skulerudsjøen	Rødenessjøen v/Kroksund	Rødenessjøen v/Ørje
Anabaena circinalis	1	1	1
Anabaena flos-aquae f. flos-aquae	3	5	3
Anabaena solitaria	2	1	1
Anabaena spiroides	1		
Aphanizomenon flos-aquae	4	3	2
Coelosphaerium kützingianum		2	3
Gomphosphaeria compacta			1
Gomphosphaeria naegeliana	2	3	2
Microcystis aeruginosa	1		
Oscillatoria agardhii	+		
Oscillatoria agardhii var. isothrix	3	2	2

Mengdeangivelse:

+	Til stede	3	Vanlig
1	Sjelden	4	Hyppig
2	Sparsom	5	Dominant

TABELL 2. Oversikt over blågrønnalger i Haldenvassdragets plankton og arter observert i masseforekomst/vannblomst i 1989.

Artsliste	Bjørkelangen	Skulerudsjøen	Rødenessjøen	Krokstadjern	Helgetjern
CHROOCOCCALES Aphanocapsa delicatissima W. & G.S. West Aphanothece Næg.sp. Chroococcus turgidus (Kütz.) Næg. Coelosphaerium kützingianum Næg. Gomphosphaeria aponina Kütz. Gomphosphaeria lacustris Chod Gomphosphaeria naegeliana (Unger) Lemm. Merismopedia glauca (Ehrenb.) Næg. Merismopedia Meyen sp. Microcystis aeruginosa Kütz. Microcystis flos-aquae (Wittr.) Kirch. Microcystis Kütz. sp.			13. august		12. august
HORMOGONALES Anabaena circinalis Rabenh. Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb. Anabaena flos-aquae f.flos-aquae Kom. Anabaena planctonica Brunnth. Anabaena spiroides Klebahn Anabaena Bory spp. Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs Oscillatoria agardhii Gom. Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja Oscillatoria bornetii Zukal Oscillatoria limnetica Lemm. Oscillatoria limosa Ag. Oscillatoria cf. redekei van Goor Oscillatoria splendida Grev. Oscillatoria tenuis Ag. Oscillatoria Vaucher spp. Pseudanabaena catenata Lauterb.	27. juli	27. juli	8. august	6. september	
	27. juli	13. august 13. august	13. august		

TABELL 3. Vannblomstdannende blågrønnalger i Haldenvassdraget 1989 og deres mulige toksindannelse.

Art	Toksintype
Gomphosphaeria naegeliana	Polypeptider Microcystin
Microcystis aeruginosa	Polypeptider Microcystin
Aphanizomenon flos-aquae	Alkaloider Saxitoksin
Anabaena flos-aquae f. flos-aquae	Alkaloider Anatoksin Polypeptider Microcystin
Oscillatoria agardhii var. isothrix	Polypeptider Oscillatoria-toksin

TABELL 4. Positiv påvisning av blågrønnalgetoksiner. Haldenvassdraget 1989

Vannblomstmateriale	Prøvetaking	Giftvirkning	Toksintype
Anabaena flos-aquae f. flos-aquae	8. august	- Protrahert toksisk	- Ukjent poly- peptid (?)
	13. august	- Hepatotoksisk	- Microcystin
	6. september	- Nevrotoksisk	- Anatoxin-a
Microcystis aeruginosa	12. august	- Protrahert toksisk	- Ukjent poly- peptid (?) - Microcystin

TABELL 5. Forekomst av blågrønnalger i inntaksvann til vannforsyninger.
Rødenessjøen 8. august 1989.

Lokalitet	Fremtredende arter	Vurdering
Overflatevann, Rødenessjøen	Anabaena flos-aquae f. flos-aquae Coelosphaerium kützingianum Oscillatoria agardhii var. isothrix	Mye plankton i vannet, men forholdsvis liten kon- sentrasjon av blågrønnalger utenom områder med vannblomst.
Vaterland vannverk	Anabaena flos-aquae f. flos-aquae Microcystis aeruginosa	Beskjeden forekomst med blågrønnalger.
Klund vannverk	Anabaena flos-aquae f. flos-aquae Anabaena sp. Gomphosphaeria naegeliana Oscillatoria agardhii var. isothrix	Stor forekomst av blågrønnalger. Lukt og smak av geosmin.
Kåtorp camping	Oscillatoria agardhii var. isothrix Anabaena flos-aquae f. flos-aquae	Moderat forekomst av blågrønn- alger.
Ørje vannverk	Oscillatoria agardhii var. isothrix Microcystis aeruginosa Anabaena flos-aquae f. flos-aquae	Bortsett fra <u>Oscillatoria</u> , liten konsentrasjon av blå- grønnalger.

DRØFTELSE AV RESULTATER

De fysiske og kjemiske forutsetninger for masseutviklingen av blågrønnalger i Haldenvassdraget i 1989 vil ikke bli behandlet her. Det er de hydrobiologiske forhold knyttet til fenomenet toksinproduksjon som får oppmerksomhet.

Oppblomstringene i Haldenvassdraget i 1989 besto av flere arter planktiske blågrønnalger. Vannblomst som ble observert i hovedvassdragets innsjøer var forårsaket av i første rekke Gomphospharia naegeliana, Microcystis aeruginosa, Anabaena flos-aquae f. flos-aquae, Aphanizomenon flos-aquae og Oscillatoria agardhii var. isothrix. Vannblomstmaterialet utgjorde hovedsakelig en forholdsvis morfologisk homogen fraksjon med én art i mengdemessig dominans. Det kunne imidlertid bli funnet vannblomst av forskjellige arter på samme tid i ulike deler av innsjøene.

Også under de aktuelle oppblomstringene i Haldenvassdraget, var de dynamiske vekslinger i vannblomstintensiteten tydelige. Avhengig av fremherskende vind- og strømbevegelser, algenes utviklingsstadium og lokale forhold ble det observert stadige forandringer i vannblomstens arealutstrekning og konsentrasjon. Vannblomstdannelsen kunne gjøre seg gjeldende i et område på et tidspunkt, for igjen å forsvinne i løpet av kort tid (minutter-timer). Disse forhold gjør det vanskelig å foreta direkte kvantitative målinger av algemengden. Et utstrakt prøvetakingsopplegg vil være nødvendig for å kunne beskrive fenomenet i tid og rom.

Det sparsomme grunnlag med data fra Haldenvassdraget i 1989, gjør det nødvendig å være forsiktig med å trekke klare konklusjoner. Men noen holdepunkter fremkommer av resultatene. Observasjonene gir bl.a. indikasjoner på at de to artene Microcystis aeruginosa og Anabaena flos-aquae f. flos-aquae opptrer med heterogene populasjoner i vassdraget. Dette fremgår bl.a. av at vannblomstmaterialet som ble testet inneholdt ulike fraksjoner blågrønnalger. Disse kunne ha avvikende egenskaper med hensyn til toksisitet. Det kan f.eks. nevnes at alle prøvene av de to angitte artene viste den protraherete toksiske effekt (unntatt selvsagt hvor forsøksdyrene eventuelt døde så raskt at denne effekt er dekket over), mens bare enkeltprøver hadde klart hepatoksisk effekt (Carmichael et al. 1985) eller alternativt nevrotoksisk effekt (Sivonen et al. 1989). Resultatene kan tolkes som at hver art i innsjøenes plankton omfatter forskjellige stammer med ulike særegenheter. Dette kommer til uttrykk i produksjonen av sekundære metabolitter. Samme art opptrer altså med flere populasjoner av fysiologisk varierende natur. Forholdet er i overensstemmelse med

tidligere erfaringer om blågrønnalgevegetasjon i ferskvann i Norge (Skulberg 1980, Skulberg & Skulberg 1985).

Det bør imidlertid understrekes at såvel metoder ved feltarbeid, prøvebehandling og analysering trenger fortsatt forbedring og praktisk tilpassing.

Under oppblomstringsperioden ble det påvist blågrønnalger i råvann som brukes til drikkevannsforsyning. Dette gjaldt så vel de private vannforsyninger som offentlige vannverk (TABELL 5). Konsentrasjonene av blågrønnalger ved vanninntakene varierte fra små til store. Det ble i 1989 ikke foretatt kjemisk analyse av blågrønnalgetoksiner i drikkevannsinntak til vannforsyninger i Haldenvassdraget.

Under aktiv vekst vil toksinene normalt være knyttet til algecellene. Ved nedbrytning av algematerialet (f.eks. under vannblomstdannelse) vil toksinene som er vannløselige komme ut i de fri vannmasser. Det er særlig under slike omstendigheter at forgiftningsfare kan inntreffe (Berg et al. 1986, Falconer 1989). Da toksinene det gjelder er termostabile, vil koking av vannet ikke ødelegge stoffenes giftvirkninger. De sedvanlige rensetekniske tiltak ved offentlige vannforsyninger tar ikke hånd om toksiner av den aktuelle type (Falconer 1989).

Tilstanden som dermed forelå for bruken av drikkevann fra Haldenvassdraget under oppblomstringene i 1989 vurderes ut fra det hydrobiologiske kunnskapsgrunnlag som svært betenkelig. Det samme gjelder vannkvalitet og omstendigheter for bading og friluftaktiviteter knyttet til vann under periodene med vannblomst av blågrønnalger. Det legges da vekt på blågrønnalgenes mengdemessige forekomst og på at blågrønnalger med nevrotoksiske virkninger ble påvist.

NOEN PRAKTISKE ERFARINGER

Vannblomstfenomenene med blågrønnalger i Haldenvassdraget i 1989 avdekket en utpreget mangel på beredskap til å møte den aktuelle situasjonen (Hardeng 1986b). Utilstrekkelig kunnskap, uklare arbeidsordninger ved undersøkelser, samt divergerende informasjon karakteriserte den praktiske håndtering. Offentlige instanser (f.eks. SIFF, Miljøvern avdelingen i Østfold) gikk ut med avisopplysninger til publikum om forholdene før det var gjort påkrevde undersøkelser om giftige alger/toksiner var til stede eller ikke, eller hvilke toksiner som eventuelt ble produsert. Vurderinger ble til dels foretatt ut fra andre arter blågrønnalger og andre toksiner enn de som aktuelt var til stede i oppblomstringssituasjonen (f.eks. Rakkestad avis, 23. august 1989, Halden arbeiderblad 16. august 1989). De lokale helsemyndigheter ble under de rådende forhold stilt i en vanskelig og stressende situasjon.

Det ble gjort skjønnsmessige bedømmelser (FIGUR 11) av helserisiko før nødvendige fakta for en kunnskapsbasert, forsvarlig behandling forelå (bl.a. konkrete målinger av toksininnhold i drikkevann og badevann).

En kunnskapshevning om bl.a. giftige algers konsekvenser for vannforsyning og annen bruk av vassdrag er nødvendig.

HENVISNINGER

- Andersen, R.A., Malthé-Sørensen, D., Odden, E. & Fonnum, F. (1987): Effects of organophosphates on presynaptic events in the vascularly perfused phrenic nerve-hemidiaphragm preparation from the rat. *Biochemical Pharmacology* 36 (7): 1107-1117.
- Berg, K., Skulberg, O.M. & Skulberg, R. (1987): Effects of decaying toxic blue-green algae on water quality - a laboratory study. *Archiv für Hydrobiologie* 108(4): 549-563.
- Berge, D. (1987): Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport 0-85110, 24. juni 1987. 44 pp.
- Carmichael, W.W., Jones, C.L.A., Mahmood, N.A. & Theiss, W.C. (1985): Algal toxins and water-based CRC Critical Reviews in Environmental Control 15 (3): 275-313.
- Cohen, Y. & Rosenberg, E. (1989): Microbial Mats. Physiological Ecology of Benthic Microbial Communities. American Society for Microbiology, Washington D.C. 494 pp.
- Falconer, I.R. (1989): Effects on Human Health of Some Toxic Cyanobacteria (Blue-Green Algae) in Reservoirs, Lakes, and Rivers. *Toxicity Assessment: An International Journal* 4: 175-184.
- Fylkesmannen i Østfold (1987): Vassdrag og kystområder. Overvåking 1985. Rapport Nr. 8/87. Miljøvernavdelingen, 66 pp. ISBN-82-7395-012-3.
- Fylkesmannen i Østfold (1987): Vassdrag og kystområder. Overvåking 1986. Rapport Nr. 1/88. Miljøvernavdelingen, 106 pp. ISBN-82-7395-016-6.
- Fylkesmannen i Østfold (1988): Vassdrag og kystområder. Overvåking 1987. Rapport Nr. 6/88. Miljøvernavdelingen, 138 pp. ISBN-82-7395-022-0.
- Harada, K. (1989): Personlig meddelelse. Meijo University, Faculty of Pharmacy, Tempaku, Japan.

- Hardeng, G. (1989a): Naturfaglig bibliografi om vann, vassdrag og sjøområder i Østfold 1881-1985. Rapport til Miljøvernnavdelingen i Østfold, Fylkesmannen i Østfold. Nr. 12/89, pp. 84. ISBN-82-7395-037-9.
- Hardeng, G. (1989b): Algeblomst i Haldenvassdraget 1989. Skriv fra Miljøvernkonsulenten 8.8.1989. Rådhuset-Aremark.
- Komárek, J. (195). Die taxonomische Revision der planktischen Blaualgen der Tschechoslowakei. In: Algologische Studien. Eds. J. Komárek & H. Ettl. Der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag, pp. 10-206.
- Paerl, H.W. (1988): Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (cyanobacteria). In: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Ed. C.D. Sandgren, Cambridge University Press, Cambridge. pp. 261-315.
- Seip, K.L. (1988): Et regelsystem for å identifisere innsjøers respons på reduksjoner i fosforbelastning. Del II. Forekomst av blågrønnalger (Cyanobacteria). *Limnos* 3:8-12.
- Sivonen, K., Himberg, K., Luukkainen, R., Niemelä, S.I., Poon, G.K. & Codd, G.A. (1989): Preliminary characterization of neurotoxic cyanobacteria blooms and strains from Finland. *Toxicity Assessment: An International Journal*, 4: 339-352.
- Skulberg, O.M. (1965): Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. *Nord. Jordbr. Forsk.* 47, (3): 180-190.
- Skulberg, O.M. (1980): Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes. *Progress in Water Technology*. 12 (2): 121-141.
- Skulberg, O.M. & Kotai, J. (1982): Haldenvassdraget. Vannkvalitet og forurensningsvirkninger. Rapport til Haldenvassdragets Vassdragsforbund. 0-70219, NIVA 15. mars 1982, 179 pp. ISBN-82-577-0478-4.
- Skulberg, O.M., Codd, G.A. & Carmichael, W.W. (1984): Toxic blue-green algal blooms in Europe: a growing problem. *Ambio* 13: 244-247.
- Skulberg, O.M. & Skulberg, R. (1985): Planktic species of *Oscillatoria* (CYANOPHYCEAE) from Norway - characterization and classification. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 71 (1/2): 157-174.

Skulberg, O.M. (1988): Blågrønnalger - vannkvalitet. Rapport til Statens forurensningstilsyn (SFT). 0-87006, NIVA 15. mars 1988, 121 pp. ISBN-82-577-1394-5.

Skulberg, O.M., Carmichael, W.W. & Codd, G.A. (1990): Taxonomy of toxic cyanobacteria (CYANOPHYCEAE). In: Algal Toxins in Seafood and Drinking Water. Academic Press Limited. (in prep.).

