

0-
84135

ARKIV
EKSEMPLAR

1830

0-84135

Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold

Resultater av undersøkelser i 1985



Microcystis aeruginosa

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Sørlandsavdelingen Østlandsavdelingen Vestlandsavdelingen
Postboks 333 Grooseveien 36 Rute 866 Breiviken 2
0314 Oslo 3 4890 Grimstad 2312 Ottestad 5035 Bergen - Sandviken
Telefon (02)23 52 80 Telefon (041)43 033 Telefon (065)76 752 Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-84135
Undernummer:	1
Løpenummer:	1830
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: GIFTPRODUSERENDE BLÅGRØNNALGER I VESTFOLD Resultater av undersøkelser i 1985	Dato: 10. januar 1986
	Prosjektnummer: 0-84135
Forfatter (e): Olav Skulberg Lasse Berglind <i>Bjarne Underdal</i>	Faggruppe: Hydrobiologi
	Geografisk område: Vestfold
	Antall sider (inkl. bilag): 32

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Vestfold, miljøvern avdelingen Vestfold interkommunale vannverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Syv eutrofe innsjølokaliteter ble undersøkt. Blågrønnalger var et dominerende innslag i planktonet. Det ble identifisert sytten arter, av disse syv med mulig toksinproduserende stammer. Vannblomst i noe omfang ble bare påvist i Akersvatnet. <u>Microcystis aeruginosa</u> var sterkt toksisk gjennom vegetasjonsperioden. Toksinet er karakterisert og betegnes AKERSTOX. Renseanlegget for reservevannforsyningen var ikke effektivt i å fjerne blågrønnalgene.</p>

4 emneord, norske:
1. Giftproduserende blågrønnalger
2. <u>Microcystis aeruginosa</u>
3. Vannblomst
4. AKERSTOX

4 emneord, engelske:
1. Toxic blue-green algae
2. <u>Microcystis aeruginosa</u>
3. Water bloom
4. AKERSTOX

Prosjektleder:

Olav Skulberg

For administrasjonen:

RF Wight

ISBN 82-577-1036-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

O-84135

GIFTPRODUSERENDE BLÅGRØNNALGER I VESTFOLD

Resultater av undersøkelser i 1985

Oslo, 10. januar 1986

Olav Skulberg, Norsk institutt for
vannforskning

Lasse Berglind, Norsk institutt for
vannforskning

Bjarne Underdal, Institutt for nærings-
middelhygiene, Norges
veterinærhøgskole

FORORD

Undersøkelsene i 1985 har vært utført for VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK, MILJØVERNAVDELINGEN - Fylkesmannen i Vestfold - og STATENS FORURENSNINGSTILSYN. Arbeidet med Akersvatnet ble i sin helhet finansiert av VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK.

I gjennomføringen av undersøkelsen, med prøvetaking og observasjoner, har det vært god bistand fra MILJØVERNAVDELINGEN og VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK. Helserådstjenesten i Vestfold har deltatt i drøftelser av aktuelle problemer, og forøvrig bidratt med sin hjelp.

På den forskningsmessige siden har det vært et nært samarbeid mellom INSTITUTT FOR NÆRINGSMIDDELHYGIENE, Norges veterinærhøgskole og NIVA. STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE har vært med i planlegging av opplegget for undersøkelsene i drikkevannsforsyningen fra Akersvatnet. I oppgaven med karakteriseringen av toksinet fra Akersvatnet har samarbeidet med professor Wayne W. Carmichael, Wright State University, USA vært en vesentlig forutsetning.

Det er en glede å kunne takke alle som har bidratt til at virksomheten i 1985 ble fruktbar.

Oslo, 10. januar 1986

Olav Skulberg

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD.....	2
SAMMENFATNING.....	6
1. INNLEDNING.....	8
2. MATERIALE OG METODER.....	8
3. FOREKOMST AV BLÅGRØNNALGER I VEGETASJONSPERIODEN 1985...	10
3.1 Resultater av artsanalyse.....	10
3.2 Arter med giftproduserende stammer.....	10
3.3 Forholdene med vannblomst.....	11
4. GIFTPRODUKSJON I AKERSVATNET.....	12
4.1 Resultater av toksisitetstesting.....	12
4.2 Kjemiske og toksikologiske holdepunkter om toksinet.	13
5. FORHOLD I VANNVERKET VED AKERSVATNET.....	13
5.1 Observasjoner i renseanlegget	13
5.2 Behov for undersøkelser	16
6. HENVISNINGER.....	18

T A B E L L O V E R S I K T	Side
1. Innsjølokalitetene ved undersøkelser i 1985.....	19
2. Forekomst av alger i planteplankton. Materiale fra håvtrekkprøver innsamlet 5. august 1985.....	20
3. Resultater av mikroskopisk analyse av vannprøver. Undersøkelse av sestonfiltere fra 23. september 1985.....	21
4. Hydrokjemiske analysedata for prøver fra vannverket ved Akersvatnet 1985.....	22
5. Hydrokjemiske analysedata for prøver fra vannverket ved Akersvatn 22. august 1985. Råvann. Filtrert vann. Rentvann.....	23
6. Hydrokjemiske analysedata fra innsjøene. Overflateprøver innsamlet 23. september 1985.....	24
7. Toksisitetstesting av blågrønnalger fra Akersvatnet 1985.....	25
8. Resultater av kvantitativ planktonundersøkelse av vannprøver fra Akersvatnet. Prøvetaking: 22. oktober 1984. Prøvedyp: 0,1 m.....	26
9. Resultater av kvantitativ planktonundersøkelse av vannprøver fra Akersvatnet. Prøvetaking: 22. oktober 1984. Prøvedyp: 8 m.....	27
10. Undersøkelse av planktonforekomst i vannprøver fra renseanlegget til vannverket ved Akersvatnet. Prøvetaking: 22. august 1985. Råvann.....	28
11. Undersøkelse av planktonforekomst i vannprøver fra renseanlegget til vannverket ved Akersvatnet. Prøvetaking: 22. august 1985. Filtrert vann.....	29
12. Undersøkelse av planktonforekomst i vannprøver fra renseanlegget til vannverket ved Akersvatnet. Prøvetaking: 22. august 1985. Rentvann.....	30

	Side
13. Resultater av kvantitativ planktonundersøkelse av vannprøver fra Akersvatnet. Prøvetaking: 3. september 1985. Prøvedyp: 8 m.....	31
14. Resultater av kvantitativ planktonundersøkelse av vannprøver fra Akersvatnet. Prøvetaking: 3. september 1985. Rentvann.....	32

F I G U R O V E R S I K T

	Side
1. Lokalteter ved undersøkelser i 1985.....	9
2. Molekylstrukturen til toksinet i <u>Microcystis aeruginosa</u> fra Akersvatnet.....	14
3. Spektrofotometrisk analyse av vann fra renseanlegget til vannverket ved Akersvatnet.....	16
4. Resultater av HPLC-analyser av vannprøver fra renseanlegget ved Akersvatnet.....	17

SAMMENFATNING

- På initiativ fra FYLKESMANNEN I VESTFOLD-MILJØVERNAVDELINGEN og VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK (VIV) er undersøkelsen av gift produsierende blågrønnalger i Vestfold ført videre. Undersøkelsene i Akersvatnet ble bekostet av VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK. STATENS FORURENSNINGSTILSYN (SFT) har bidratt økonomisk til formålet også i 1985.
- Det ble valgt ut syv lokaliteter av eutrofe innsjøer til observasjon (Akersvatnet, Bergsvatnet, Borrevatnet, Goksjø, Hillestadvatnet, Vikevatnet og Åserumvatnet).
- Blågrønnalger utgjorde et fremtredende innslag i planktonet i disse innsjøene. Det ble identifisert sytten arter av blågrønnalger fordelt på syv slekter som vanlig forekommende. Bare enkelte av disse artene er kjent for å kunne ha stammer med egenskapen å produsere toksiner. Dette gjelder følgende syv arter som er alminnelig utbredt i Vestfold:

Microcystis aeruginosa Kütz
Microcystis wesenbergii Komárek
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs
Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb.
Anabaena spiroides Klebahn
Oscillatoria agardhii Gom.
Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja

- Bare noen arter blågrønnalger dannet store populasjoner i vegetasjonsperioden 1985. Dette var:

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb.
Anabaena solitaria f. smithii Komárek
Microcystis aeruginosa Kütz.
Microcystis wesenbergii Komárek

I Hillestadvatnet og Goksjø var det tildels lokale oppblomstringer, men egentlig vannblomst ble bare utviklet i Akersvatnet (Microcystis aeruginosa). Disse erfaringene er i samsvar med de fremherskende meteorologiske forhold. Store nedbørmengder medførte ustabile vannmasser med bl.a. raske utskiftningsbetingelser i innsjøene.

- Allerede de første prøvene av vannblomst-materiale fra Akersvatnet i juli 1985 hadde et høyt innhold av toksin. Forgiftningssymptomer på forsøksdyr viste de typiske reaksjoner på hepatotoksiske forbindelser

som produseres av Microcystis aeruginosa. Med høytrykksvæskrokromatografi (HPLC) ble det påvist at toksinet microcystin var tilstede.

Gjennom hele vegetasjonsperioden holdt giftigheten til blågrønnalgene seg på et høyt nivå, tilsvarende ca. 8000 ME/g.

- Toksinet fra Akersvatnet er blitt renfremstilt. I samarbeid med forskere ved bl.a. Wright State University, USA, er det utført en kjemisk karakterisering av stoffet som betegnes AKERSTOX. Det er et heptapeptid med ringstruktur og molekylvekt 994.

Det renfremstilte toksinet har en giftighet bestemt som LD₅₀ tilsvarende 50 µg/kg. Giftigheten av frysetørket Microcystis aeruginosa i samme prøvemateriale var 50 mg/kg. Disse resultatene er under publisering i vitenskapelige tidsskrifter.

- Forhold i vannverket ved Akersvatnet er blitt undersøkt. Gjentatte observasjoner som ble gjort i juli og august viste at planktonorganismer i tildels betydelig utstrekning kunne passere gjennom renseanlegget frem til rentvannet. Blågrønnalgen Microcystis aeruginosa ble f.eks. ikke effektivt fjernet ved behandlingsprosessen. Det ble påvist tildels høyt innhold av blågrønnalger i rentvannet.
- For å belyse forholdene i vannverket nærmere, ble det 22. august 1985 foretatt undersøkelser av råvann, filtrert vann og rentvann. Under de rådende forhold viste resultatene at renseanlegget bare delvis virket etter sin hensikt. Såvel blågrønnalgene som deres innhold av toksiner fulgte vannet fra Akersvatnet gjennom renseprosessen og frem til rentvannsmagasinet. Imidlertid var driften av vannverket denne dagen ikke representativ for den vanlige praksis. Filterne hadde bl.a. stått ca. et døgn fylt opp med råvann.
- Fortsatte undersøkelser blir tilrettelagt for å finne forklaring på de problemer resultatene har avdekket. Renseanlegget vil bl.a. bli undersøkt under forskjellige driftsforhold.

1. INNLEDNING

Forholdene i Akersvatnet ved inngangen til vintersituasjonen 1984 - 1985 var preget av tilstedeværelse av giftproduserende blågrønnalger (Microcystis aeruginosa) i innsjøens plankton. Undersøkelsen av blågrønnalgeoppblomstringen i Borrevatnet sommeren 1984 hadde på den annen side gitt negative resultater med hensyn til påvisning av giftproduserende stammer (NIVA 1985).

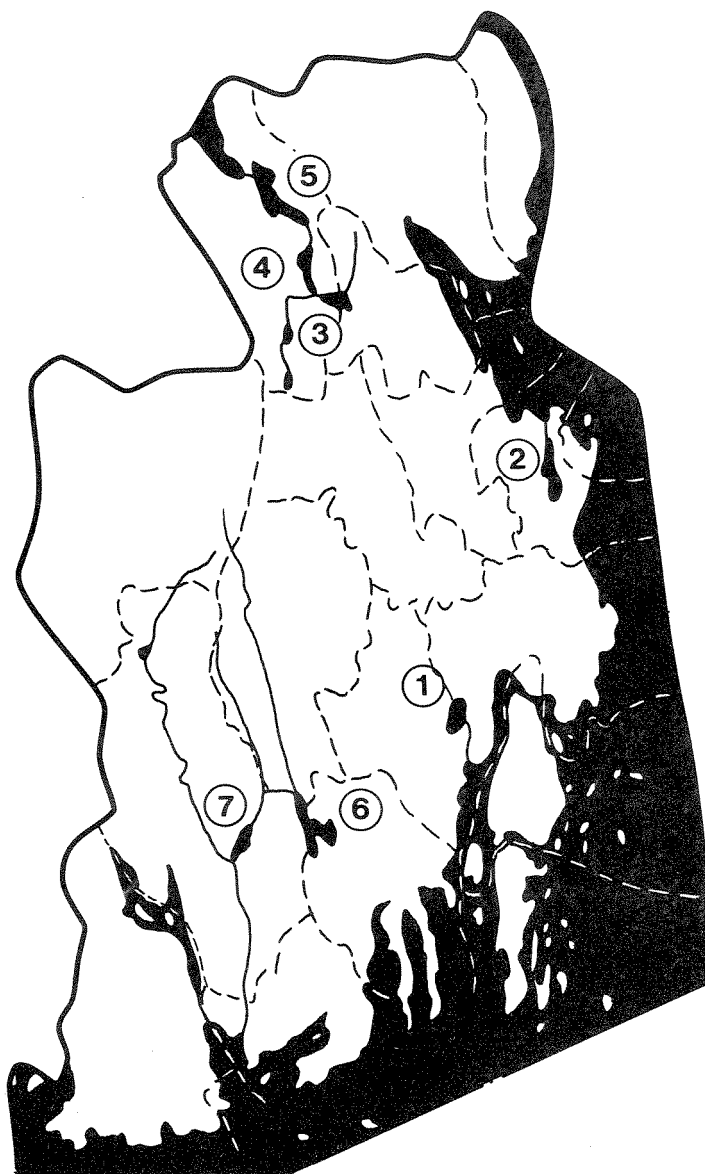
På denne bakgrunnen ble det i samråd med Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Vestfold, og Vestfold interkommunale vannverk (VIV) utarbeidet en plan for å følge opp blågrønnalgeutviklingen i viktige innsjøer i Vestfold med undersøkelse av forekomst av toksinproduserende populasjoner i 1985. I sentrum stod behovet for å observere den videre utvikling i Akersvatnet. Aktuelle spørsmål var bl.a. hvordan toksinproduksjonen i innsjøen ville gjøre seg gjeldende, og om mulighetene for at blågrønnalger og toksiner eventuelt kunne medføre konsekvenser for drikkevannsforsyningen fra Akersvatnet (reservevannkilde for Vestfold interkommunale vannverk).

Samtidig var det ønske om å bedømme forholdene i andre eutrofe innsjøer i fylket. Tidligere forgiftningsepisoder (Nygård 1977) og opplysninger fra helseråd, samt holdepunkter fra lokalbefolkning, gir indikasjoner på at også andre lokaliteter enn Akersvatnet - under gitte betingelser - kan få utvikling av toksinproduserende stammer med blågrønnalger.

2. MATERIALE OG METODER

Lokalitetene som ble undersøkt (figur 1) er angitt i tabell 1 (se s. 19).

Arbeidet i 1985 var i store trekk en videreføring av undersøkelsene som tidligere er utført i Vestfold angående toksinproduserende blågrønnalger. Når det gjelder metoder for feltarbeid og laboratorieanalyser (kjemiske, biologiske og toksikologiske) vises det til tidligere beskrivelser og behandling (NIVA 1985). Det er under publisering enkelte artikler med de vitenskapelige resultater fra undersøkelsene i Vestfold (Berg et al, 1986 I, 1986 II). I disse er det gitt detaljert omtale av de anvendte metoder.



- | | |
|-------------------|----------------|
| 1 Akersvatnet | 5 Bergsvatnet |
| 2 Borrevatnet | 6 Goksjø |
| 3 Hillestadvatnet | 7 Åserumvatnet |
| 4 Vikevatnet | |

Figur 1 Lokalteter ved undersøkelser i 1985.

Det kan være grunn til å understreke at arbeidet med undersøkelser av giftproduserende blågrønnalger fortsatt befinner seg i et tidlig stadium av utforskning. Dette gjelder både internasjonalt (WHO 1984), og her i landet (Skulberg et al. 1984). Fremgangsmåter og analyseverktøy er derfor under utprøving og tilpasning. Samtidig er det bare et lite antall av de aktuelle biotoksiner som foreløpig er kjemisk og toksikologisk karakterisert.

3. FOREKOMST AV BLÅGRØNNALGER I VEGETASJONSPERIODEN 1985

3.1 Resultater av artsanalyse

Resultatene av den biologiske analysen av prøvene som ble innsamlet er gitt i tabellene 2 og 3. Det fremgår at en artsrik vegetasjon med alger utvikler seg på lokalitetene.

Blågrønnalgene utgjorde et fremtredende innslag i planktonet. Dette gjelder både med hensyn til artsrikdom som til mengde (biomasse). Også tidligere observasjoner i Vestfold har vist den produksjonsmessige betydning blågrønnalgene har i disse lokalitetene. I de undersøkte prøvene fra 1985 ble det identifisert sytten arter av blågrønnalger fordelt på syv slekter. Bare noen av disse blågrønnalgene er knyttet til fenomenet toksinproduksjon.

3.2 Arter med giftproduserende stammer

Det er fremdeles ukjent hva som gjør at blågrønnalger er toksinprodusenter. Av de undersøkte arter er det bare et lite antall som har stammer med evne til å danne toksiner. Av blågrønnalgene som ble påvist i de undersøkte lokaliteter i Vestfold, er det de følgende syv arter som er kjent å kunne ha stammer med toksinproduksjon (Berg et al. 1986 II):

CHROOCOCCALES

Chroococcaceae

Microcystis aeruginosa Kütz.

Microcystis wesenbergii Komárek

HORMOGONALES

Nostocaceae

Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb.

Anabaena spiroides Klebahn

Oscillatoriaceae

Oscillatoria agardhii Gom.

Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja

Det er kombinasjonen av flere faktorer som gir mulighet for at forgiftningsfare kan oppstå når populasjoner av toksinproduserende blågrønnalger utvikler seg (NIVA 1985). Sentralt i denne sammenheng er fenomenet knyttet til vannblomst.

3.3 Forholdene med vannblomst

Blågrønnalgene som lever i planktonet kan under visse betingelser danne masseforekomst. Gjennom biologiske (flyteevne, gassvakuoler) og fysiske (strøm, vindpåvirkning) mekanismer kan en betydelig konsentrering av blågrønnalger finne sted. Vannmassene blir da farget av blågrønnalgene, og ansamlingene av blågrønnalger transporteres til ulike deler av innsjøen.

Det var et forholdsvis lite utvalg av blågrønnalgene i planktonet som utviklet store populasjoner. Ettersommeren og høsten 1985 var det særlig følgende arter som hadde mengdemessig stor forekomst:

- Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb.
- Anabaena solitaria f. smithii Komárek
- Microcystis aeruginosa Kütz
- Microcystis wesenbergii Komárek

Spesielt for Akersvatnet kan det nevnes at det i ny tid har funnet sted en tilsynelatende stor forandring i innsjøens vegetasjon med blågrønnalger. Observasjoner i Akersvatnet er gjort sporadisk over et tidsrom av omlag to tiår. Erfaringene fra de tidligere analyser av artssammensetningen i Akersvatnet var at trådformete blågrønnalger, og særlig Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja, hadde masseutvikling (Skulberg 1968). I materialet fra de senere år (1983, 1984, 1985) er det i stor grad Microcystis aeruginosa som er den fremtredende vannblomst-dannende organisme. Denne forandringen i innsjøens blågrønnalgevegetasjon er

interessant. Microcystis aeruginosa er gjerne knyttet til svært næringsrike (eutrofe) lokaliteter. Forholdene i Akersvatnet med dominans av denne art, tyder på en forsterket forurensning av innsjøen i forhold til situasjonen for noen år tilbake. Det kan imidlertid ha vært andre årsaker som også har gjort seg gjeldende (f.eks. hydrologiske inngrep).

Direkte vannblomstdannelse ble i vegetasjonsperioden 1985 bare konstatert i Akersvatnet. I Hillestadvatnet og Goksjø var det tildels lokale oppblomstringer, men masseutvikling av blågrønnalger ble ikke funnet ved feltarbeidet. Disse erfaringene er i samsvar med de fremherskende meteorologiske og vannkjemiske betingelser som var sommeren 1985 (tabell 4 - 6). Stor nedbørmengde medførte ustabile forhold i innsjøene det gjelder (bl.a. raske utskiftningsbetingelser). Med unntak av Akersvatnet, har de aktuelle innsjøene kort teoretisk oppholdstid for vannmassene.

Den teoretiske oppholdstid for vannmassene i Akersvatnet er ca. 1,6 år. Selv under de nedbørrike forhold som var i 1985, ble det i Akersvatnet en tilstrekkelig varighet i gunstig tilstand av vekstfaktorer (bl.a. temperatur, lys og næringsstoffer) til å gi frodig utvikling av blågrønnalger. Microcystis aeruginosa dannet vannblomst gjennom utstrakte perioder fra juli og til ut på høsten. Men vannblomstfenomenet nådde ikke i 1985 den intensitet eller det omfang som et utpreget blågrønnalge-år kan innebære i Akersvatnet.

4. GIFTPRODUKSJON I AKERSVATNET

4.1 Resultater av toksisitetstesting

Som nevnt i innledningen var blågrønnalgepopulasjonen i Akersvatnet ved begynnelsen av vintersituasjonen 1984-1985 dominert av en toksinproduserende stamme av Microcystis aeruginosa. Det var denne stammen som vel også podet opp vannmassene foran vegetasjonsperioden 1985.

De første prøvene av vannblomstmateriale som ble undersøkt i juli 1985, viste et høyt innhold av toksin (tabell 7). Resultatene av de akutte toksisitetstestene viste god overensstemmelse med de som tidligere er blitt utført (1984) med materiale fra Akersvatnet. (NIVA 1985).

Såvel registrerte latensperioder, forgiftnings-symptomer og døds-tid, samt patologisk- anatomiske forandringer til forsøksdyrene (mus) var typiske for de hepatotoksiske forbindelser som produseres av Microcystis aeruginosa (Skulberg et al. 1984). Gjennom hele vegetasjonsperioden holdt giftigheten til blågrønnalgene seg på et høyt nivå (ca. 8000 ME/g) i Akersvatnet. Resultatet fra prøven 17. september - tabell 7 - var avvikende. Forklaringen på dette forhold er foreløpig ikke kjent.

Kjemisk påvisning av toksin i blågrønnalgematerialet ble utført med høytrykksvæskekromatografi (HPLC). Deteksjonen foregikk ved 240 nm. Toksintoppen kom ut med tilsvarende retensjonstid som for microcystin.

4.2 Kjemiske og toksikologiske holdepunkter om toksinet

Med preparativ bruk av HPLC-metodikken har det vært mulig å renfremstille toksinet fra Microcystis aeruginosa i Akersvatnet. Toksinet som internasjonalt betegnes AKERSTOX, er et hvitt pulver. Kjemisk karakterisering er utført, og resultatene viser at stoffet er et heptapeptid med ringstruktur (figur 2) og molekylvekt 994 (Krishnamurthy et al. 1985).

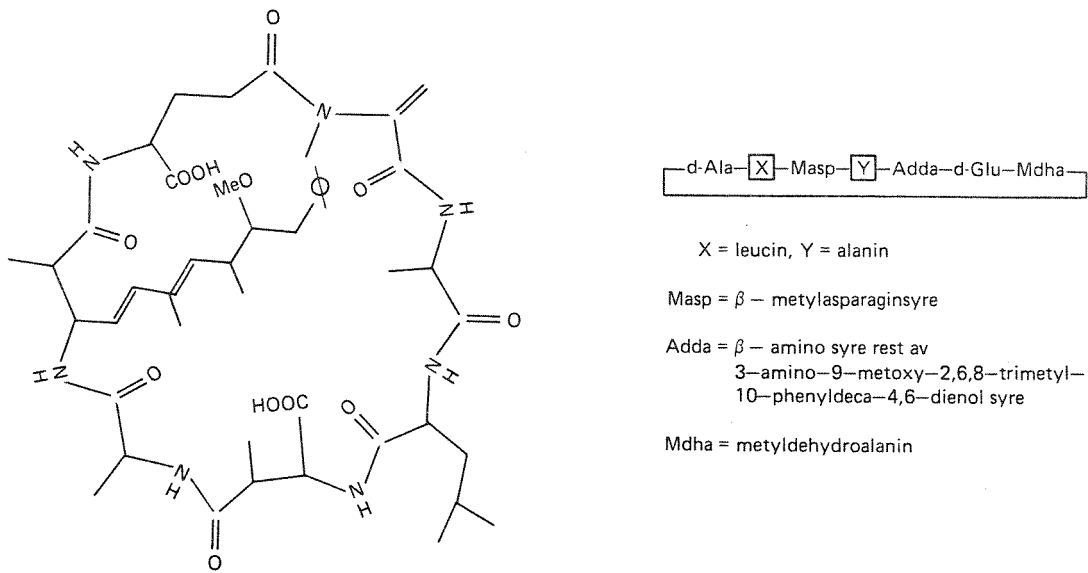
Det renfremstilte toksin har en giftighet bestemt som LD₅₀ tilsvarende 50 µg/kg. Giftigheten - LD₅₀ - for frysetørket Microcystis aeruginosa i samme prøvemateriale var ca. 50 mg/kg. Resultatene av dette arbeidet er under publisering (Berg et al. 1986).

5. FORHOLD I VANNVERKET VED AKERSVATNET

5.1 Observasjoner i renseanlegget

Ved undersøkelser av vannprøver innsamlet fra råvann, filtrert vann og rentvann i vannverket ved Akersvatnet, har det vært mulig å bedømme i hvilken grad blågrønnalger og deres innhold av toksiner blir fjernet ved den tekniske behandling av drikkevannet.

Observasjoner med bruk av mikroskopisk analyse utført på aktuelle vannprøver viste at planktonorganismer tildels i betydelig utstrekning passerte gjennom hele renseprosessen. Gjentatte observasjoner som ble gjort i juli og august bekreftet forholdet.



Figur 2 Molekylstrukturen til toksinet i Microcystis aeruginosa fra Akersvatnet. Betegnet AKERSTOX (Krishnamurthy et al. 1985).

Resultater av enkelte kvantitative planktonundersøkelser gir holdepunkter for vurdering av mengdemessige forhold knyttet til disse sider ved renseseffekten (tabell 8 - 14). Imidlertid er rensesprosessens virkningsgrad svært avhengig av råvannets egenskaper og de aktuelle omstendigheter ved driften av rensesanlegget. Det gjør seg gjeldende mange variable faktorer og dette kommer tilsyne i de vekslende oppnådde resultater. (tabell 4 og 5). Bare spesielle undersøkelser tilpasset formålet kan belyse problemene. Datagrunnlaget for 1985 er for lite til å gjøre detaljerte konklusjoner. Imidlertid har følgende erfaringer fremkommet.

- Blågrønnalger - f.eks. Microcystis aeruginosa - blir ikke effektivt fjernet ved behandlingsprosessen.
- Med stort algeinnhold i råvannet vil bl.a. filtermotstanden raskt bli høy. Det kan muligens skje gjennombrudd i filteret, og f.eks. blågrønnalger passerer frem til rentvannsmagasinet.

- Det ble påvist tildels høyt innhold av blågrønnalger i rentvannet (f.eks. $514 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ av Microcystis aeruginosa, 22. august 1985. Men denne dagen var ikke representativ for vannverkets vanlige drift. Filterne hadde stått ca. et døgn fylt opp med råvann).

Situasjonen i vannverket ble noe mer inngående undersøkt 22. august 1985 med observasjoner av kjemiske og biologiske faktorer. Det ble foretatt prøvetaking av råvann, filtrert vann og rentvann. Prøvene ble undersøkt med hensyn til innhold av organismer (tabell 10, 11, 12) forekomst av algepigmenter (figur 3) og de ble analysert med HPLC-metodikk for påvisning av toksiner (figur 4).

Under de rådende forhold gjorde resultatene det tydelig at renseanlegget bare delvis virket etter sin hensikt. Samtlige resultater var i samsvar med hverandre. De viste at såvel blågrønnalgene som deres innhold av toksin i bestemte situasjoner kan følge vannet fra Akersvatnet gjennom inntaket, renseprosessen og frem til rentvannsmagasinet.

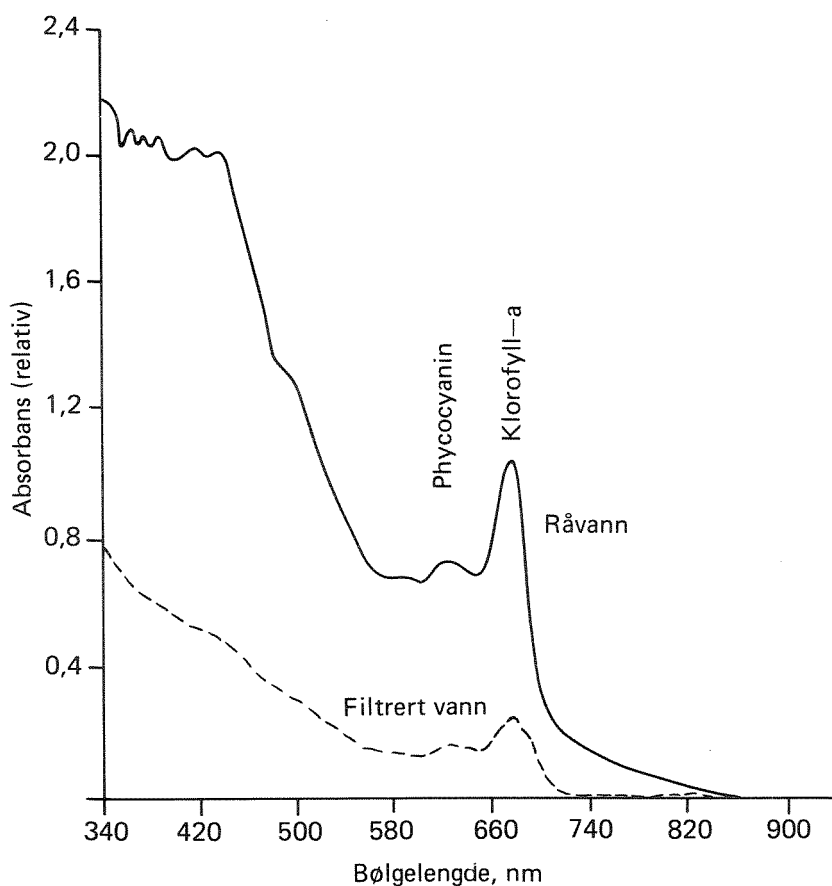
Når prøveresultatene fra 22. august skal vurderes, er det nødvendig å være oppmerksom på at vannverket ble prøvekjørt dagen før, og at filterne som da ble brukt, ikke ble spylt, men ble stående til neste dag og da ble tatt i fortsatt bruk. Hensikten var å finne ut hvordan filterne virket når de ble belastet i noe lengre tid.

Årsaken til den dårlige kvalitet på rentvannet 22. august kan tenkes å være filtergjennombrudd. Dette kan komme av at filterne er blitt belastet for sterkt eller i for lang tid i forhold til den råvannskvalitet som var tilstede. En annen årsak, eller en medvirkende årsak til filtergjennombrudd, kan være at filterne ble stående uspylt i ca. et døgn før de ble satt i drift igjen.

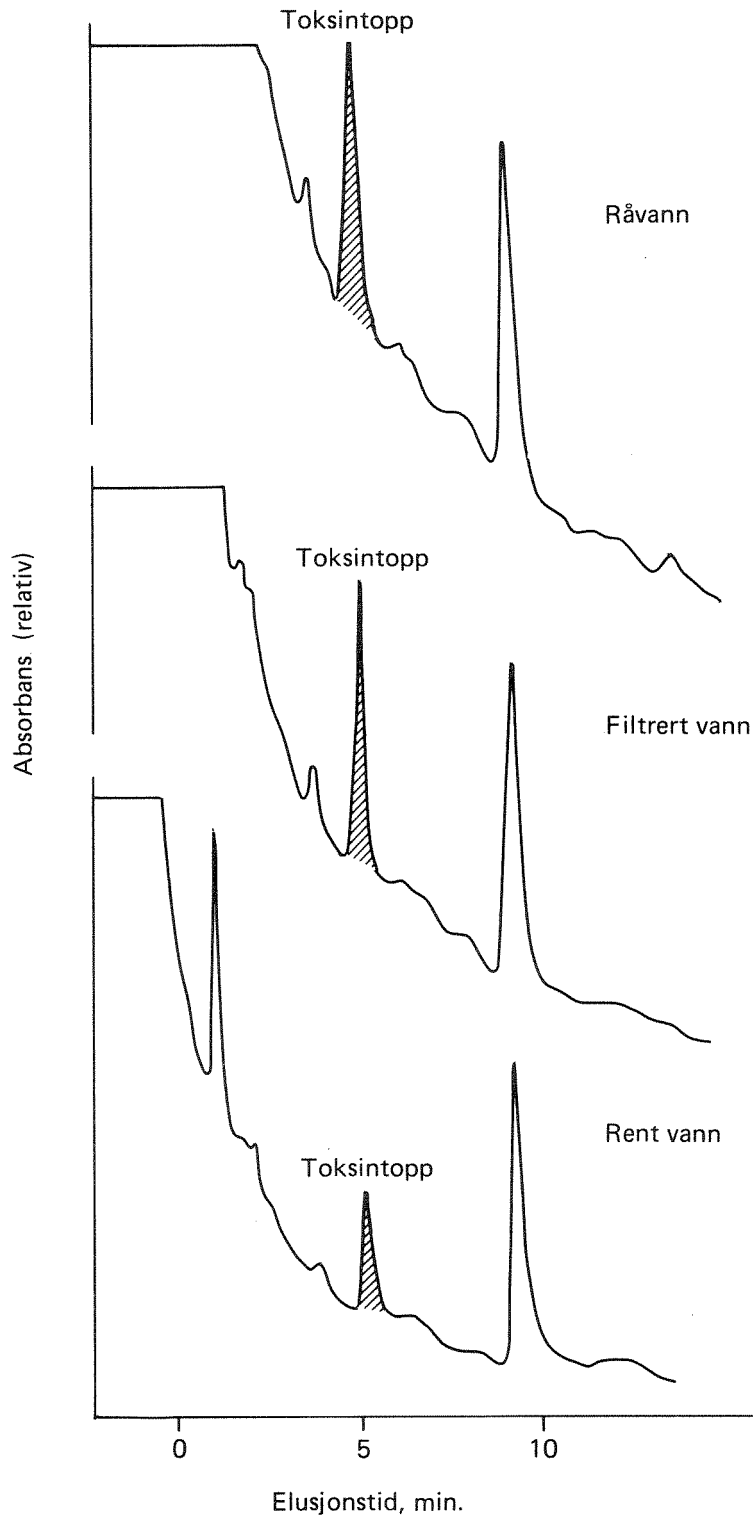
Blant andre tenkelige grunner til at renseanlegget ikke virket som det skulle, kan det pekes på at det kjemikalium som er brukt i renseprosessen (aluminium-sulfat), kanskje ikke har fått god nok innblanding i råvannet.

5.2 Behov for undersøkelser

Det er gjennom resultatene fra observasjonene i renseanlegget fremkommet holdepunkter for at uheldige forhold med renseprosessen kan gjøre seg gjeldende. For å avklare årsakene til dette og kunne gjøre praktiske forholdsregler, vil de fremkomne erfaringer bli brukt i tilrettelegging av fortsatte undersøkelser. Det vil bl.a. bli foretatt undersøkelser i renseanlegget under forskjellige driftsforhold.



Figur 3 Spektrofotometrisk analyse av vann fra renseanlegget til vannverket ved Akersvatnet. Kurveforløpet gjenspeiler toppar for karakteristiske algepigmenter. Phycocyanin er spesifikt for blågrønnalger.



Figur 4 Resultater av HPLC-analyser av vannprøver fra renseanlegget ved Akersvatnet. Den skraverte kurvetoppen representerer AKERSTOX. Dette viser at Microcystis aeruginosa med sitt innhold av toksin bryter igjennom renseprosessen. Observasjoner 22. august 1985.

6. HENVISNINGER

- Berg, K., Skulberg, O.M. & Skulberg, R. (1986 I):
Effects of decaying toxic blue-green algae on water quality - a laboratory study. In press.
- Berg, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R., Underdal, B. & Willén, T. (1986 II):
Observations of toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in some Scandinavian lakes. In press.
- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M. & Underdal, B. (1986 III):
Investigation of a toxic water bloom of Microcystis aeruginosa in Lake Akersvatn, Norway. In press.
- Krishnamurthy, T., Carmichael, W.W. & Sarver, E.W. (1985):
Investigations of freshwater cyanobacteria (blue-green algae) toxic peptides. I. Isolation, purification and characterization of peptides from Microcystis aeruginosa and Anabaena flos-aquae. In press.
- Norsk institutt for vannforskning (1985):
Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1984. O-84135, Oslo, 18. april 1985, 21 pp.
- Nygård, J.J. (1977):
Toksiske blågrønnalger i ferskvann. Norsk institutt for vannforskning's årbok 1976, Oslo, 17-24.
- Skulberg, O.M. (1968):
Studies om eutrophication of some Norwegian inland waters. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 14: 187-200.
- Skulberg, O.M., Codd, G.A. & Carmichael, W.W. (1984):
Toxic blue-green algal blooms in Europe: a growing problem. Ambio 13: 244-247.
- World Health Organization (1984):
Aquatic (marine and fresh water) biotoxins. Environmental Health Criteria 37: 1-95.

TABELLER

Tabell 1 INNSJØLOKALITETER VED UNDERSØKELSER I 1985

Navn	Kartreferanse
Akersvatnet	1813 IV 76 0 69 2
Bergsvatnet	1814 III 59 0 07 1
Borrevatnet	1813 I 81 1 89 4
Goksjø	1813 III 64 0 62 3
Hillestadvatnet	1814 III 64 1 98 7
Vikevatnet	1814 III 62 1 02 7
Åserumvatnet	1813 III 61 1 59 7

Tabell 2

FOREKOMST AV ALGER I PLANTEPLANKTON

Materiale fra håvtrekkprøver innsamlet 5. august 1985

Organismer	Akersvatnet	Borrevatnet	Hillestadvatnet	Vikevatnet	Bergsvatnet	Goksjø
CYANOPHYCEAE						
Anabaena circinalis			2	2	1	+
A. flos-aquae					2	
A. solitaria	1	1				1
A. solitaria cf. smithii			2	2	4	
Aphanizomenon flos-aquae	2					
Coelosphaerium kützingianum	1		1	1	1	1
Chroococcus limneticus			1	1	1	
C. sp.	1	2				1
Gomphosphaeria lacustris		1				
G. naegeliana						2
Microcystis aeruginosa	4	1	2	1		1
M. incerta			2	1		
M. wesenbergii	+		4	3	2	
Oscillatoria agardhii var. isothrix					+	
O. cf. bornetii f. intermedia	1					
O. limosa						+
O. sp. (2 µm)	1					
CHLOROPHYCEAE						
Chlamydomonas sp.		1				
Gemellcystis neglecta		2				
Pediastrum duplex	1	2				
Scenedesmus quadricauda	+	1	2	2	2	
S. spp.			1	1		
Staurastrum sp.	+					
BACILLARIOPHYCEAE						
Asterionella formosa		2				2
Cocconeis sp.		1				
Fragilaria crotonensis	1	3	1	1		
Melosira spp.	1		1	1		
Tabellaria fenestrata			1	1		2
T. flocculosa						1
CHRYSOPHYCEAE						
Dinobryon divergens						2
Mallomonas caudata						3
DINOPHYCEAE						
Ceratium hirundinella	3	2				
Peridinium cf. willei		3				
P. sp.			3	3	3	

Mengdeangivelse

+	Tilstede	3	Vanlig
1	Sjelden	4	Hyppig
2	Sparsom	5	Dominant

Tabell 3 RESULTATER AV MIKROSKOPISK ANALYSE AV VANNPRØVER

Undersøkelse av sestonfiltere fra 23. september 1985

Organismer	Akersvatnet	Borrevatnet	Hillestadvatnet	Goksjø	Aserumvatnet
CYANOPHYCEAE					
Anabaena circinalis					1
A. flos-aquae (?)				4	
A. spiroides	1				
A. sp.			1		
Aphanizomenon flos-aquae	1				
Gomphosphaeria naegeliana	2			2	1
Microcystis aeruginosa	2		1		
CHLOROPHYCEAE					
Pediastrum sp.	1				
Scenedesmus spp.			2		
Staurastrum sp.			1		
Ubest. kolonier (flagellat?)		1			
Ubest. kolonier (grønnalge?)					3
Ubest. kuleformet grønnalge			2		
BACILLARIOPHYCEAE					
Asterionella formosa	3	3	2	1	
Cocconeis sp.		2		1	
Cymbella sp.		1			
Fragilaria crotonensis	3	2	2		
Gomphonema acuminata var. coronata					2
Melosira spp.	3	2	2	1	1
Synedra spp.			4	1	1
Tabellaria fenestrata			1	1	1
T. flocculosa		1	1	1	
CHRYSOPHYCEAE					
Dinobryon spirale			2		2
Kephyrion spirale			3		
K. spp.			1	1	1
Mallomonas tonsurata		1	1		1
Synura sp. (?)			1		
DINOPHYCEAE					
Peridinium sp.					+
SCHIZOMYCETES					
Planctomyces bekefii				3	3

Mengdeangivelse

+	Tilstede	3	Vanlig
1	Sjelden	4	Hyppig
2	Sparsom	5	Dominant

Tabell 4 HYDROKJEMISKE ANALYSEDATA FOR PRØVER FRA VANNVERKET VED AKERSVATNET 1985

Prøve	Surhetsgrad, pH												Konduktivitet, mS/m, 25°C											
	20. feb.	20. mai	18. jun.	9. jul.	23. jul.	6. aug.	21. aug.	3. sep.	17. sep.	20. feb.	20. mai	18. jun.	9. jul.	23. jul.	6. aug.	21. aug.	3. sep.	17. sep.						
Overflate ved inntakssted	-	8.3	7.8	7.8	7.7	7.7	7.9	7.5	-	20.3	21.1	21.2	21.2	21.0	20.8	21.0	21.1							
Inntaksdyp	7.0	7.4	7.3	7.2	7.2	7.7	7.7	7.6	23.2	21.0	21.3	21.7	22.0	21.1	20.6	21.3	21.1							
Rentvann	7.5	-	7.6	7.7	-	7.8	7.8	7.3	27.9	-	25.3	26.2	-	26.3	25.2	25.3	23.6							

Prøve	Turbiditet, FTU						Fargetall, mg Pt/l						COD-Cr, mg O/l					
	20. feb.	20. mai	18. jun.	9. jul.	23. jul.	6. aug.	21. aug.	3. sep.	17. sep.	20. feb.	20. mai	18. jun.	9. jul.	23. jul.	6. aug.	21. aug.	3. sep.	17. sep.
Overflate ved inntakssted	-	3.7	6.8	4.3	4.0	4.6	4.1	4.6	4.2	-	31	24	21	19	17	19	19	28
Inntaksdyp	5.4	6.7	9.8	6.2	10.0	5.0	4.6	3.8	4.3	28	33	24	21	22	17	20	20	22
Rentvann	0.8	-	0.7	0.3	-	2.8	0.6	0.3	0.7	4	-	4	5	-	3	7	4	4

-: prøve ikke innsamlet

Tabell 5 HYDROKJEMISKE ANALYSEDATA FOR PRØVER FRA VANNVERKET VED AKERSVATN 22. AUGUST 1985

Råvann. Filtrert vann. Rentvann

Prøvetype	Surhetsgrad pH	Konduktivitet mS/m, 25°C	Turbiditet FTU	Fargetall mg Pt/l	Aluminium µg Al/l	COD-Cr ufiltr.-prøve mg O/l	COD-Cr filtrert prøve mg O/l
Råvann	8.7	21.5	6.4	22	57	29	16
Filtrert vann	7.3	22.6	0.9	5	125	13	<10
Rentvann	7.5	20.8	2.9	12	261	31	14

Tabell 6 HYDROKJEMISKE ANALYSEDATA FRA INNSJØENE

Overflateprøver innsamlet 23. september 1985

Lokalitet	Surhetsgrad pH	Konduktivitet mS/m, 25°C	Turbiditet FTU	Fargetall mg Pt/l	Tot.nitrogen µg N/l	Tot.fosfor µg P/l	Kjem.oks.forbr. COD-Cr, mg O/l
Akersvatnet	7.8	20.9	3.3	23	1000	28.5	25
Borrevatnet	7.7	18.3	1.6	19	1330	16.5	13
Hilleshadvatnet	7.1	10.6	2.2	49	1160	27.0	23
Goksjø	7.4	10.3	4.0	38	1220	28.0	80
Aserumvatnet	7.0	7.5	3.3	40	1060	21.0	23

Tabell 7 TOKSISITETSTESTING AV BLÅGRØNNALGER FRA AKERSVATNET 1985

Prøvetaking	Dominerende alge	Toksininnhold ME/g	Midlere dødstid min.	Levervekt % av kadavervekt
9. juli	Microcystis aeruginosa	8000	70	9,0
23. juli	Microcystis aeruginosa	8000	70	9,4
6. august	Microcystis aeruginosa	8000	65	8,5
21. august	Microcystis aeruginosa	8000	65	8,5
3. september	Microcystis aeruginosa	8000	65	8,5
3. september	Aphanizomenon flos-aquae	100*	65	8,5
17. september	Microcystis aeruginosa	500	65	8,5

* Giftigheten skriver seg muligens fra innhold av Microcystis.

Tabell 8 RESULTATER AV KVANTITATIV PLANKTONUNDERSØKELSE AV
VANNPRØVER FRA AKERSVATNET

Prøvetaking: 22.oktober 1984. Prøvedyp: 0,1 m

Verdiene angir biomassevolum mm³/m³

GRUPPER/ARTER

Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Gomphosphaeria naegeliana	28.0
Microcystis aeruginosa	6.7
Sum	34.7
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Chlamydomonas sp. (1=8)	1.2
Scenedesmus quadricauda	.6
Sum	1.8
Chrysophyceae (Gullalger)	
Små chrysoomonader (<7)	27.1
Store chrysoomonader (>7)	14.2
Sum	41.3
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Asterionella formosa	6.9
Fragilaria crotonensis	30.8
Melosira ambigua	4985.2
Melosira distans	13.1
Stephanodiscus astraea	16.2
Stephanodiscus hantzchii v.pusillus	14.0
Sum	5066.2
Cryptophyceae	
Chilomonas sp.	54.8
Cryptomonas spp. (1=24-28)	162.0
Cyathomonas truncata	.8
Katablepharis ovalis	22.6
Rhodomonas cf.lens	2.5
Rhodomonas lacustris	70.1
Ubest.cryptomonade	24.3
Sum	337.1
Dinophyceae (Fureflagellater)	
Ceratium hirundinella	12.0
Peridinium sp.1 (1=15-17)	10.3
Sum	22.3
Euglenophyceae	
Trachelomonas volvocina	24.3
Sum	24.3
My-alger	
Sum	24.3

Total	5552.1
=====	

Tabell 9 RESULTATER AV KVANTITATIV PLANKTONUNDERSØKELSE
AV VANNPRØVER FRA AKERSVATNET

Prøvetaking: 22.oktober 1984. Prøvedyp: 8 m

Verdiene angir biomassevolum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	
Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Aphanizomenon flos-aquae	1.3
Gomphosphaeria naegeliana	9.0
Microcystis aeruginosa	74.7
Sum	85.1
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Chlamydomonas sp. (l=10)	.6
Dictyosphaerium pulchellum	6.5
Pediastrum boryanum	4.0
Scenedesmus quadricauda	.8
Sum	12.0
Chrysophyceae (Gullalger)	
Phaeaster aphanaster	1.4
Sma chryomonader (<7)	21.1
Stelemonas dichotoma	3.2
Store chryomonader (>7)	28.3
Sum	54.0
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Asterionella formosa	8.8
Fragilaria crotonensis	22.0
Melosira ambigua	3988.0
Melosira distans	17.1
Nitzschia sp. (l=25-30)	.8
Stephanodiscus astraea	15.6
Stephanodiscus hantzchii v.pusillus	23.0
Sum	4075.3
Cryptophyceae	
Chilomonas sp.	17.1
Cryptomonas sp.2 (l=15-18)	57.6
Cryptomonas spp. (l=24-28)	99.6
Katablepharis ovalis	13.1
Rhodomonas lacustris	45.9
Sum	233.4
Euglenophyceae	
Trachelomonas volvocina	24.3
Sum	24.3
My-alger	
Sum	34.3

Total	4518.2
=====	

Tabell 10 UNDERSØKELSE AV PLANKTONFOREKOMST I VANNPRØVER
FRA RENSEANLEGGET TIL VANNVERKET VED AKERSVATNET
Prøvetaking: 22.august 1985. Råvann
Verdiene angir biomassevolum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	

Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Aphanizomenon flos-aquae	212.2
Gomphosphaeria lacustris (v.compressa)	28.0
Løse celler av Microcystis aeruginosa	294.4
Sum	534.7
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Ankyra judai	2.2
Micractinium pusillum	4.0
Docystis lacustris	21.8
Pediastrum duplex	9.3
Staurastrum planktonicum	26.2
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	4.3
Sum	67.9
Chrysophyceae (Gullalger)	
Små chryomonader (<7)	15.8
Store chryomonader (>7)	14.2
Sum	30.0
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Fragilaria crotonensis	145.8
Melosira ambigua	102.1
Synedra acus v.angustissima	1.8
Sum	249.7
Dinophyceae (Fureflagellater)	
Ceratium hirundinella	8163.8
Sum	8163.8
Euglenophyceae	
Trachelomonas volvocina	54.5
Sum	54.5
My-alger	
Sum	34.9

Total	9135.3
=====	

Tabell 11 UNDERSØKELSE AV PLANKTONFOREKOMST I VANNPRØVER
 FRA RENSEANLEGGET TIL VANNVERKET VED AKERSVATNET
 Prøvetaking: 22.august 1985. Filtrert vann
 Verdiene angir biomassevolum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	
Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Aphanizomenon flus-aquae	14.9
Gomphosphaeria lacustris (v.compressa)	6.2
Løse celler av Microcystis aeruginosa	1.1
Sum	22.2
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Oocystis lacustris	2.2
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	1.1
Sum	3.3
Chrysophyceae (Gullalger)	
Små chryomonader (<7)	5.7
Store chryomonader (>7)	7.1
Sum	12.8
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Fragilaria crotonensis	7.2
Sum	7.2
Cryptophyceae	
Katablepharis ovalis	.3
Sum3
Dinophyceae (Fureflagellater)	
Ceratium hirundinella	802.2
Sum	802.2
My-alger	
Sum	10.3

Total	858.3
=====	

Tabell 12 UNDERSØKELSE AV PLANKTONFOREKOMST I VANNPRØVER
FRA RENSEANLEGGET TIL VANNVERKET VED AKERSVATNET

Prøvetaking: 22.august 1985. Rentvann

Verdiene angir biomassevolum mm^3/m^3

GRUPPER/ARTER

Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Aphanizomenon flos-aquae	89.7
Gomphosphaeria lacustris (v.compressa)	15.6
Gomphosphaeria naegeliana	1.0
Løse celler av Microcystis aeruginosa	513.5
Sum	619.7
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Chlamydomonas sp. (1=10)	2.7
Dictyosphaerium ehrenbergianum	5.6
Oocystis lacustris	2.2
Pediastrum duplex	1.0
Staurastrum planktonicum	3.0
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	5.0
Sum	19.5
Chrysophyceae (Gullalger)	
Små chrysomonader (<7)	10.5
Store chrysomonader (>7)	14.2
Sum	24.7
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Fragilaria crotonensis	8.1
Melosira ambigua	3.8
Nitzschia gracilis	1.0
Sum	13.0
Dinophyceae (Fureflagellater)	
Ceratium hirundinella	2335.2
Sum	2335.2
Euglenophyceae	
Trachelomonas volvocina	70.8
Sum	70.8
My-alger	
Sum	49.6

Total	3132.5
=====	

Tabell 13 RESULTATER AV KVANTITATIV PLANKTONUNDERSØKELSE
AV VANNPRØVER FRA AKERSVATNET

Prøvetaking: 3.september 1985. Prøvedyp: 8 m
Verdiene angir biomassevolum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	

Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
Aphanizomenon flos-aquae	75.4
Gomphosphaeria lacustris	9.3
Gomphosphaeria naegeliana	6.2
Løse celler av Microcystis aeruginosa	90.6
Sum	181.5
Chlorophyceae (Grønnalger)	
Ankyra judai	.6
Coelastrum microporum	1.7
Gyromitus cordiformis	1.6
Oocystis lacustris	151.3
Pediastrum boryanum	3.0
Scenedesmus quadricauda	1.4
Sphaerocystis Schroeteri	.8
Staurastrum planktonicum	34.5
Sum	194.9
Chrysophyceae (Gullalger)	
Craspedomonader	4.0
Små chrysomonader (<7)	33.2
Store chrysomonader (>7)	28.3
Sum	65.6
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
Asterionella formosa	6.8
Fragilaria crotonensis	291.0
Melosira ambigua	562.7
Stephanodiscus hantzschii v.pusillus	11.4
Synedra acus v.angustissima	13.3
Sum	885.2
Cryptophyceae	
Cryptomonas spp. (1-24-28)	18.7
Katablepharis ovalis	7.3
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	8.7
Sum	34.7
Dinophyceae (Fureflagellater)	
Ceratium hirundinella	151.2
Sum	151.2
Euglenophyceae	
Trachelomonas volvocina	70.8
Sum	70.8
My-alger	
Sum	50.1

Total	1634.0
=====	

Tabell 14 RESULTATER AV KVANTITATIV PLANKTONUNDERSØKELSE
AV VANNPRØVER FRA AKERSVATNET

Prøvetaking: 3.september 1985. Rentvann

Verdiene angir biomassevolum mm^3/m^3

GRUPPER/ARTER

Cyanophyceae (Blågrønnalger)

Aphanizomenon flos-aquae 6.9

Løse celler av Microcystis aeruginosa 4.8

Sum 11.6

Chrysophyceae (Gullalger)

Små chrysoomonader (<7) 2.2

Sum 2.2

Total 13.8
=====