

Rapport nr 1993-03



Algtoxiner i dricksvatten
– en undersökning vid två
svenska vattenverk samt en
litteraturstudie

Heléne Annadotter



Rapport utgiven av Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV

VA-FORSK

VA-FORSK är kommunernas eget FoU-program om kommunal va-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande en krona per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning inom det kommunala va-området. Projekt bedrivs inom hela det va-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-FORSK styrs av en kommitté, som utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. Under perioden 1993-1995 har kommittén följande sammansättning:

Hans Mattsson, ordförande	Södertälje
Professor Peter Balmér	GRYAAB, Göteborg
Driftchef Sture Bergström	Gatukontoret, Skellefteå
Kommunalråd Bert-Ove Bäckman	Lycksele
Avdelningschef Jane Cederqvist	Sv kommunförbundet
Tekn dr Jan Hultgren	Stockholm Vatten AB
Kommunalråd Caisa Hörberg	Lidingö
Ordf i tekniska nämnden Thure Larsson	Gatukontoret, Visby
Tekn chef Peeter Maripuu	Lycksele
Va-chef Bengt L Persson	Va-verket, Malmö
Vd Lars Jansson	VAV
Forskningsledare Jan Falk, sekreterare	VAV

VA-FORSK
Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
Regeringsgatan 86
111 39 STOCKHOLM
Tel: 08-23 29 35
Fax: 08-21 37 51

Rapport nr 1993-03



Algtoxiner i dricksvatten
– en undersökning vid två
svenska vattenverk samt en
litteraturstudie

Heléne Annadotter

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	Algtoxiner i dricksvatten - en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie
Title of the report:	Cyanobacterial toxins in drinking water - a study of two Swedish water plants and a literary study
Rapportens beteckning	
Nr i VA-FORSK-serien:	1993-03
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-88392-42-2
Författare:	Heléne Annadotter, Hässleholms gatukontor
Utgivare:	Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
VA-FORSK projekt nr:	90-115
Projektets namn:	Algtoxiner i dricksvatten
Projektets finansiering:	VA-FORSK
Rapporten beställs från:	Svensk Byggtjänst, Litteratortjänst, 171 88 Solna, tel 08-734 51 00
Rapportens omfattning	
Sidantal:	120
Format:	A4
Upplaga:	2000
Sökord:	Algblomning, blågrönalger, cyanobakterier, algtoxin, <i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , hepatotoxin, neurotoxin, endotoxin, microcystin, vattenverk, dricksvatten, dricksvattenrening, konstgjord grundvattenbildning, aktivt kol, vattenburna sjukdomar, badvattenfeber, magtarmkatarr, hudinflammation
Keywords:	Water bloom, blue-green algae, cyanobacteria, algal toxin, <i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , hepatotoxin, neurotoxin, endotoxin, microcystin, water plants, drinking water, water treatment, artificial groundwater recharge, activated carbon, waterborne diseases, bath-water fever, gastroenteritis, rash
Sammandrag:	I rapporten redovisas resultaten från en undersökning där två dricksvattenreningsanläggningar med konstgjord infiltration undersökts med avseende på algtoxinförekomst. I en litteratursammanfattning görs en genomgång av undersökningar om toxiska blågrönalgers förekomst i vattenreningsanläggningar. Dessutom ges en översikt över vattenburna sjukdomsutbrott som associerats till blågrönalger.
Abstract:	The occurrence of algal toxins in two water treatment plants with artificial groundwater recharge is studied. An overview of investigations dealing with the presence of blue-green algae in different water treatment techniques is given in a literary study. Case-studies of several water-borne outbreaks that are associated with blue-green algae are also included in the review.
Målgrupper:	Va-tekniska förvaltningar, kommunala och statliga miljö- och hälsoskyddsmyndigheter, konsulter inom va-branschen, biståndsarbetare, läkare, veterinärer, politiker, forskare inom dricksvattenproduktion och vattenvård, samhällsplanerare
Utgivningsår:	1993
Pris 1993:	200 kr exkl moms



SAMMANFATTNING

Syftet med projektet "Algtoxiner i dricksvatten" var att få en uppfattning om ifall blågrönalgblooming i råvattentäkter kan utgöra ett hälsoproblem för dricksvattenkonsumenter.

En undersökning som 1989 och 1991 utfördes vid två sydsvenska vattenverk med konstgjord grundvattenbildning presenteras. Bakgrunden till undersökningen var att toxiska blågrönalger påvisats i de två råvattentäkterna Finjasjön och Vombsjön och att det inte fanns tillräcklig kunskap om vilka risker detta innebar för dricksvattnets kvalitet.

En studie av algtoxinitet samt diverse vattenkemiska och fysikaliska parametrar utfördes dessutom i Finjasjön 1988-1991. Syftet var att få en uppfattning om hur algtoxiniteten kan variera samt ifall variationen kunde relateras till någon parameter.

Undersökningen visade att algtoxiniteten kan variera starkt, såväl under en och samma säsong som mellan olika år. Ett samband mellan ljustillgång och algtoxinitet påvisades. Däremot upptäcktes ej något samband mellan vattenkemi och algtoxinitet. Det existerade ej heller något samband mellan vattentemperatur och algtoxinitet under algbloomingperioden. Algtoxiniteten kunde inte heller korreleras med algmängden.

Blågrönalger innehållande levergiftet microcystin detekterades i råvattnet på båda vattenverken. Microcystinet påvisades med HPLC och masspektrometri. I ett av elva prov förekom vattenlöst microcystin i råvatten som passerat mikrosilen på Vombverket. Däremot har inget microcystin påträffats i renvatten från något av vattenverken.

Utförd litteraturstudie har endast funnit uppgifter om två andra undersökningar där alggift och blågrönalgförekomst studerats i vattenverk. En av dessa rapporterade förekomst av microcystin i vatten som renats med direktfiltrering. I den andra undersökningen upptäcktes förekomst av blågrönalgceller i dricksvatten som renats med både konventionell vattenrening och aktivt kolfiltrering.

Kunskapen om blågrönalgernas roll för vattenburna sjukdomsutbrott är tämligen begränsad, bland annat på grund av att förekomst av blågrönalgceller och alggifter inte analyseras rutinmässigt.

Blågrönalger, i likhet med gramnegativa bakterier, kan producera lipopolysackarid endotoxin. Förhöjda halter av lipopolysackarid endotoxin i dricksvatten har rapporterats från USA och Finland i samband med utbrott av magtarmkatarr och feberattacker vilka har sammanfallit med massutveckling av blågrönalger i dricksvattentäkterna. Magtarmkatarr misstänks dessutom ha orsakats av påvisad förekomst av blågrönalgceller i dricksvatten. Blågrönalgceller i dricksvatten har misstänkts orsaka klåda och hudinflammationer i samband med dusch. Levertoxiska blågrönalger i dricksvattentäkter i Australien misstänks ha orsakat utbrott av hepatit samt leverskador.

Läkare saknar i allmänhet kunskaper om blågrönalgers sjukdomsalstrande egenskaper. Därför är det omöjligt att i dag få en uppfattning om i vilken utsträckning blågrönalger har orsakat eller orsakar hälsoproblem hos dricksvattenkonsumenter.

Det existerar i dag inga gränsvärden för algtoxiner och blågrönalgceller i dricksvatten. Det är därför upp till de dricksvattenproducenter som tar vatten från näringsrika ytvattentäkter att själva avgöra vilka hälsorisker som kan föreligga.

Omslagsbilden: Hässleholms gatuchof Bejron Lundstedt deltar i den årliga algjakten i Finjasjön, maj 1991. Foto: Heléne Annadotter.

SUMMARY

The purpose of this project was to find out if blue-green algal (cyanobacterial) blooms in raw water reservoirs might imply health risk for consumers of drinking water.

Toxic blue-green algae were discovered in the lakes Finjasjön and Vombsjön who supply water works with raw water in an artificial groundwater recharge system. This prompted us to examine the quality of the purification process in these water works in 1989 and 1991.

In 1988-1991, algal toxicity, chemical and physical data were studied in Lake Finjasjön in order to find out if there were variations in algal toxicity, and if so, its causes.

The investigation showed that the algal toxicity varied strongly in the course of one bloom season as well as between different years. A relationship between light and toxicity was indicated, but there was no relationship between toxicity and chemical factors, water temperature or the amount of algae.

Blue-green algae, containing the hepatotoxin microcystin, were detected in the raw water of both water works. The identity of the toxins was confirmed by liquid chromatography-ion spray mass spectrometry (LC-MS). At one occasion of eleven, microcystin-LR was present in filtrated (0.2 μm) raw water, sampled after passage through the microstrainer at the water works of Lake Vombsjön. However, no microcystin was detected in the pure water at any of the water works.

To our knowledge, only two reports exist on the presence of blue-green algae and their toxins in water works. In one of them, microcystins were present in the pure water after treatment with direct filtration. In the other, blue-green algal cells were discovered in the pure water following conventional water treatment and detoxication with activated carbon.

Since presence of algal cells and their toxins are not routinely monitored in drinking water, little is known on their role for water-borne human illness. Besides neurotoxins and hepatotoxins, blue-green algae may, like gram-negative bacteria, also produce lipopolysaccharide (LPS)-endotoxins. Water-borne outbreaks have been reported from the USA and Finland associated with increased concentrations of these toxins in the drinking water. Presence of blue-green algal cells in pure water might have caused rash after shower-bath. In Australis human liver disease has been associated with hepatotoxic blue-green algae in drinking water reservoirs.

Since physicians are not aware of the potential pathogenic properties of blue-green algae, it is difficult to appreciate to what extent they cause health problems among consumers of drinking water.

FÖRORD

I Sveriges mest tätbefolkade områden finns landets kraftigast övergödda sjöar och vattendrag. I dessa existerar en risk för massutveckling av blågrönalger.

Varje blågrönalgbloomning utgör en potentiell hälsofara för vilda djur, boskap och människor.

Blågrönalgtoxiner och blågrönalgceller i dricksvatten har rapporterats som trolig orsak till åtskilliga vattenburna sjukdomsutbrott.

Detta algtoxinprojekt startade 1989. Då hade toxisk algblomning förekommit i Hässleholms dricksvattentäkt Finjasjön under 1987 och 1988. Råvattnet från Finjasjön renas genom konstgjord grundvattenbildning med en infiltrationstid på cirka en månad. Det fanns inga tidigare utförda undersökningar som undersökt risken med att ta råvatten från ytvattentäkter med toxisk algblomning där denna reningsmetod använts. En angelägen frågeställning var dessutom huruvida toxinet i blågrönalgcellen kan utsöndras och lösas i vattnet.

1986 upptäcktes förekomst av toxiska blågrönalger i Vombsjön. Denna sjö förser Vombverket med råvatten. Även Vombverket använder konstgjord grundvattenbildning som vattenreningsmetod. Därför utvaldes Vombsjön och Vombverket för jämförande undersökningar då Hässleholms gatukontor 1990 erhöll anslag från VA-FORSK.

Huvudansvarig för VA-FORSK projektet har varit Hässleholms gatukontor med biolog Heléne Annadotter som projektledare. Förutom undertecknad har driftschef Percy Petersson, gatu- och utredningschef Bejron Lundstedt och utredningschef Sven-Erik Ströbeck varit involverade. Trygve Rasmussen, Göran Dahlberg och Ingemar Johansson på Galgbackens vattenverk i Hässleholm har bidragit med insatser av framför allt teknisk karaktär. Laboratorieassistent Lena Jönsson har utfört provtagning och vattenkemiska analyser. Eva Persson, Mattias Mohlin, Marie-Louise Sjögren och Kim Johansen har arbetat med provtagning, analysarbete, illustrationer och databearbetning.

Professor Torbjörn Willén vid Limnologiska institutionen i Uppsala, bakteriolog Roland Mattsson på Statens Veterinärmedicinska Anstalt och docent Gertrud Cronberg vid Ekologiska institutionen, avdelningen limnologi, Lunds universitet, har deltagit i planering och analysarbete. Cronberg har dessutom faktagranskat samt bidragit med algbilder till rapporten.

Fil kand Raija Luukkainen och doktor Kaarina Sivonen vid Institutionen för tillämpad kemi och mikrobiologi vid Helsingfors universitetet har arbetat med HPLC-analyser. Fil kand Kirsti Lahti vid Vatten- och Miljöstyrelsen, Finland, har tillfört projektet viktiga synpunkter på undersökningens uppläggning samt information om finska vattenverksundersökningar.

Professor Geoff Codd, Christine Edwards, Kenneth Beattie och Linda Lawton vid Department of Biological Sciences, University of Dundee, Skottland, har utfört microcystinanalyser med HPLC och masspektrometri.

Fryshuset på Bergendahl & Son AB i Hässleholm har hjälpt till med förvaring av vattenprov. Vid provtagning på Vombverket har bland andra Ronnie Wik från Sydsvenska vatten fungerat som medhjälpare och båtförare. Johan Forssblad har hjälpt till med redigeringen av denna rapport, Frans Forssblad har språkgranskat och avdelningsläkare Björn Ohlsson, Karlshamns lasarett, har bidragit med synpunkter på de medicinska avsnitten.

Rapporten har framtagits med stöd av VA-FORSK.

Hässleholm i februari 1993

Heléne Annadotter

INTRODUKTION

Denna VA-FORSK rapport är ett resultat av en undersökning av två sydsvenska vattenverk med konstgjord grundvattenbildning, Galgbackens vattenverk i Hässleholm och Vombverket utanför Lund. Båda vattenverken tar råvatten från näringsrika sjöar med kraftiga blågrönalgbloomningar, Finjasjön och Vombsjön.

1986 upptäckte Lunds kommun att blågrönalgerna i Vombsjön producerade levergiftet microcystin. 1987 upptäckte Hässleholms kommun att samma toxinproducerande blågrönalger även kontaminerade kommunens dricksvattentäkt Finjasjön.

Gatukontoret i Hässleholm frågade sig då vilka hälsorisker toxiska blågrönalger i råvattnet kunde utgöra och upptäckte efter en mindre litteraturstudie att risken för leverskador på dricksvattenkonsumenter inte kunde avskrivas. Någon tidigare undersökning av algtoxiner i vattenverk med konstgjord grundvattenbildning fanns inte rapporterad. Hässleholms gatukontor startade då en undersökning som efter anslag från VA-FORSK, 1990, även kom att inkludera Vombsjön och Vombverket.

Vid undersökningens början hade endast *ett* algtoxinitetsprov tagits i Vombsjön och några enstaka i Finjasjön. Några fältundersökningar om hur algtoxinitet kan variera fann vi inte och trots åtskilliga publicerade laboratoriestudier i ämnet kvarstod ett stort antal frågor om algtoxiner i råvatten och vattenverk.

En central frågeställning var vilken utbredning i tid och rum som algtoxinitet kunde anta i en svensk sjö. Finns det något samband mellan vattentemperaturen och algtoxiniteten under algbloomningssäsongen? Eller är blågrönalgernas produktion av toxin relaterad till någon eller några vattenkemiska parametrar?

Andra frågor med betydelse för vattenverk var ifall det sker någon aktiv utsöndring av alggifterna från cellen till vattnet? Var kan algtoxiner förekomma i ett vattenverk? Kan algtoxiner i blågrönalgceller utsöndras till vattnet genom mekaniska påfrestningar i samband med vattenreningsprocessen? Bryts vattenlösta algtoxiner ner under långsaminfiltrationen?

Den utförda undersökningen som redovisas i kapitel 4-7 handlar om två av Sveriges vattenverk som undersökts under en begränsad period. Tiden för undersökningarna valdes inte på grund av att extrem algbloomning rapporterats utan för att det helt enkelt bestämdes att undersökningarna skulle göras de år de gjordes.

Syftet med VA-FORSK projektet "Algtoxiner i dricksvatten" var att få en uppfattning om ifall blågrönalger i dricksvattentäkter kan utgöra en hälsofara. För att komplettera den utförda undersökningen har en litteraturstudie gjorts som redovisas i kapitel 1-3.

I det första kapitlet finns en historik och allmän beskrivning om blågrönalgtoxiner samt en yttlig översikt om utbredningen av toxiska blågrönalger samt eutrofiering i svenska ytvatten.

Kapitel två handlar om rapporterade sjukdomsfall med mer eller mindre starka samband med blågrönalger och algtoxiner i dricksvatten och badvatten.

I kapitel tre finns en översikt över offentligt tillgängliga rapporter i ämnet toxiska blågrönalger och vattenverk. Laboratorie-, pilot- och fältundersökningar om toxiska blågrönalgceller och algtoxiner i vattenreningsprocesser redovisas.

Rapportförfattaren nedtecknar i kapitel åtta några avslutande synpunkter som baseras på information som framkommit i litteraturstudien samt i den utförda VA-FORSK undersökningen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	III
Summary	IV
Förord	V
Introduktion	VI
Innehållsförteckning	VII
1. Giftalger i sötvatten	1
1.1. En historisk återblick.....	1
1.2. Alggifter i sötvatten	3
1.2.1. Nervgifter.....	4
1.2.2. Levergifter.....	5
1.2.3. Lipopolysackarid toxin, LPS.....	6
1.3. Algblomning och näringsrika ytvatten i Sverige	7
1.3.1. Algtoxicitet i några svenska vattendrag, 1985-1987.....	8
2. Sjukdomar associerade med blågröna alger	13
2.1. Sjukdomar i samband med rekreation i ytvatten	13
2.1.1. Hudinflammationer	13
2.1.2. Hörsnuveliknande symptom.....	15
2.1.3. Magtarmkatarr	15
2.1.4. Lunginflammation.....	17
2.2. Sjukdomsutbrott orsakade av dricksvatten.....	18
2.2.1. Magtarmkatarr	18
2.2.1.1. London, 1842.....	18
2.2.1.2. Ohio- och Potomac flodernas dalgångar	18
2.2.1.3. Epidemi bland vita barn i Harare, Zimbabwe	18
2.2.1.4. Epidemin i Seawickley, Pennsylvania, 1975	19
2.2.2. Hepatit (Leverinflammation)	20
2.2.2.1. Palm Island mysteriet, 1979	20
2.2.2.2. Armidale, Australien, 1981	21
2.2.3. Feberreaktioner i samband med haemodialys.....	22
2.2.3.1. Washington, D. C, 1974.....	22
2.2.4. Feberattacker efter inandning av vattenånga	23
2.2.4.1. Rapporterade fall i Finland och Sverige.....	23
2.2.5. Giftalgekatastrofen i Australien 1991	27
3. Rening av alkontaminerat vatten	28
3.1. Reningsförsök i laboratorieskala med intakta algceller	28
3.2. Reningsförsök med vattenlöst algtoxin.....	28
3.2.1. Laboratoriestudier	28
3.2.2. Undersökning i pilotskala.....	30
3.2.3. Experiment med långsamfilter.....	30
3.3. Reningseffekter för alger och algtoxiner med direktfiltrering	31
3.3.1. En studie vid ett vattenverk i Norge.....	31
3.4. Undersökning av algförekomst i fyra finska vattenverk.....	32
4. Undersökning av giftalger i vattenverk	33
4.1. Hässleholms vattenverk	33
4.1.1. Giftiga blågrönalger i dricksvattentäkten.....	33
4.1.2. Badförbud i Hässleholms dricksvattentäkt.....	34
4.2. Vombverket.....	36
4.3. Frågeställningar.....	36

5. Material och Metoder	37
5.1. Finjasjön	37
5.2. Galgbackens vattenverk.....	38
5.3. Vombsjön och Vombverket.....	39
5.4. Vattenkemiska analyser.....	42
5.5. Toxicitetstest	43
5.6. Kvantitativ analys av algtoxin	43
5.6.1. HPLC analyser vid Helsingfors universitet.....	43
5.6.2. HPLC analyser vid University of Dundee, Skottland.....	43
5.6.2.1. Extraktion av microcystin från blågrönalger	43
5.6.2.2. Extraktion av microcystin från vattenprov.....	44
5.6.2.3. Analytisk vätskekromatografi (HPLC).....	44
5.6.2.4. Vätskekromatografisk masspektrometri (LC-MS)	44
6. Resultat	46
6.1. Finjasjön och Galgbackens vattenverk.....	46
6.1.1. Blågrönalgernas toxinproduktion i Finjasjön.....	46
6.1.2. Analys av förekommande algarter	47
6.1.3. Vattenkemi	47
6.1.4. Algtoxicitet och ytvattentemperatur	47
6.1.5. Klorofyll a	47
6.1.6. Klorofyll a, ljus och algtoxicitet i djupled.....	47
6.1.7. Algmängd i vattenverkets olika steg	50
6.1.8. Innehåll av närsalter i infiltrationsdammarna	50
6.1.9. Förekomst av toxiska alger i Galgbackens vattenverk	52
6.1.10. Toxicitet relaterat till vattenvolym.....	53
6.1.11. HPLC-analyser utförda vid Helsingfors universitet.	54
6.1.11.1. Algernas toxininnehåll.....	54
6.1.11.2. Vattenlösta algtoxiner.....	57
6.1.13. HPLC-analyser utförda vid University of Dundee.....	59
6.1.13.1. Algernas toxininnehåll.....	59
6.1.13.2. Vattenlösta algtoxiner.....	62
6.2. Vombsjön och Vombverket.....	64
6.2.1. Förekomst av alger i Vombsjön 1991	64
6.2.2. Förekomst av toxiska blågrönalger	64
6.2.3. Förekommande blågrönalger, släkter/arter	64
6.2.4. Algmängd i Vombsjön, indirekt mätt som klorofyll a.....	64
6.2.5. Algtoxicitet i vertikalled.....	65
6.2.6. Vertikal ljustillgång.....	65
6.2.7. Algmängd i Vombverket, indirekt mätt som klorofyll a.....	65
6.2.8. Toxicitet relaterat till vattenvolym.....	67
6.2.9. Vattenkemi	67
6.2.10. Mikroskopisk analys av renvattnet.....	67
6.2.11. HPLC-analyser utförda vid Helsingfors universitet	67
6.2.11.1. Algernas toxininnehåll.....	67
6.2.11.2. Vattenlösta algtoxiner	69
6.2.13. HPLC-analyser utförda vid University of Dundee.....	70
6.2.13.1. Algernas toxininnehåll.....	70
6.2.13.2. Vattenlösta algtoxiner.....	72
7. Diskussion	75
7.1. Rapportförfattarens diskussion av resultaten.....	75
7.2. Christine Edwards och Geoff Codds diskussion.....	78

8. Avslutande synpunkter	79
8.1. Toxiska blågrönalger och vattenrening.....	79
8.2. Vilka finns i riskzonen?.....	80
8.3. Vad kan dricksvattenkonsumenter drabbas av?.....	80
8.4. Blågrönalgbloomning - orsak okänd?	81
8.5. Sjörestaurering - ett avancerat företag!	82
8.5.1 Sjörestaurering genom muddring?.....	82
8.5.2. Reduktion av algbiomassa genom utfiskning?	82
8.5.3. Slutord.....	83
9. Referenser	84
Bilagor	90
1. Finjasjön. Mätresultat.....	90
1.1. Algtoxicitet, klorofyll a, förekommande blågrönalger, pH och temperatur	90
1.2. Vattenkemi 1987-1991.....	92
1.3. Algtoxicitet och ammoniumkväve 1988-1991	93
1.4. Algtoxicitet och fosfat-fosfor 1988-1991.....	94
1.5. Algtoxicitet och pH 1988-1991.....	95
2. Galgbackens infiltrationsdammar 1989. Vattenkemi.	96
3. Vombsjön. Mätresultat.	97
3.1. Procentuell fördelning av blågrönalger.....	97
3.2. Klorofyll a i djupled.....	98
3.3. Ljusmätning.....	99
3.4. Klorofyll a	100
3.5. Totalfosfor, ammonium-, nitrat- och totalkväve	101
3.6. Temperatur och fosfatfosfor	102
3.7. Totaljärn, koppar, pH och COD.....	103
4. Ordförklaringar	104
5. Blågröna alger nämnda i rapporten.....	105

1. GIFTALGER I SÖTVATTEN

1.1. En historisk återblick

Det är nära 2400 år sedan Sokrates tvingades tömma giftbägaren med odört, *Conium maculatum*, och därmed gick till historien som världens äldsta belagda exempel på växtförgiftning (Lindeberg, 1982).

Men ännu äldre historiska källor vittnar om att människan långt tidigare kände till växtgifters verkan. I den egyptiska örtaboken Papyrus Ebers, från 1550 före Kristus, presenteras 800 recept på olika droger, exempelvis med bolmört, *Hyoscyamus niger*, som en ingrediens. 350 år senare, 1200 före Kristus, fick egyptierna och deras farao Ramses II uppleva en giftkatastrof av historiska mått (Lindeberg, 1982).



11-23

Figur 1.1. En målning av E. Bernard som visar den första av plågorna i Egypten då vattnet i Nilen förvandlades till blod. Händelsen beskrivs i Andra Mosebok.

Och Mose och Aron gjorde som Herren hade befällt. Han lyfte upp staven och slog vattnet i Nijlfloden inför faraos och hans tjänares ögon. Då förvandlades allt vatten i floden till blod. Och fiskarna i floden dog, och floden blev stinkande, så att egyptierna inte kunde dricka vatten från floden, och blodet var över hela Egyptens land.

Den första av plågorna i Egypten, från Andra Mosebok 7: 20-21, anses vara världens äldsta beskrivning av algförgiftning, (teologen och botanikern Birger. I. Ohlsson, pers. medd.) Den beskrivna algblomningen anses vara orsakad av ögonflagellaten *Euglena sanguinea* som genom sitt röda pigment kan göra vatten blodfärgat. Denna algart förekommer i tropikerna där den kan utveckla blodfärgade vattenblomningar, speciellt i kväverika och grunda vattendrag som i Okavangoflodens delta i Botswana (Aiken, 1986) och i vattendrag i Nepal (B. Hickel, pers. medd.).

1878 inträffade en omfattande boskapsdöd i Australien som rapporterades av den mångsidige vetenskapsmannen Georg Francis, (Francis, 1878). Detta är det första dokumenterade fallet av däggdjursdöd orsakad av blågrönalgförgiftning. Blågrön algen i fråga var *Nodularia spumigena*. (Samtliga nämnda blågröna alger i rapporten finns förtecknade med auktor i Bil. 5).

Under 1900-talet har vattendrag världen över utsatts för en omfattande närings-tillförsel vilket har resulterat i ökad förekomst av växtplankton och blomningar av blågröna alger. Det är endast ett fåtal blågrönalgsfamiljerna som tenderar att dominera vid algblomningar; *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Microcystis*, *Nodularia* och *Oscillatoria*. Dessa familjerna har emellertid ytterligare en egenskap gemensamt. De hör samtidigt till de enstaka blågrönalgsfamiljerna som är kända för att producera gifter.

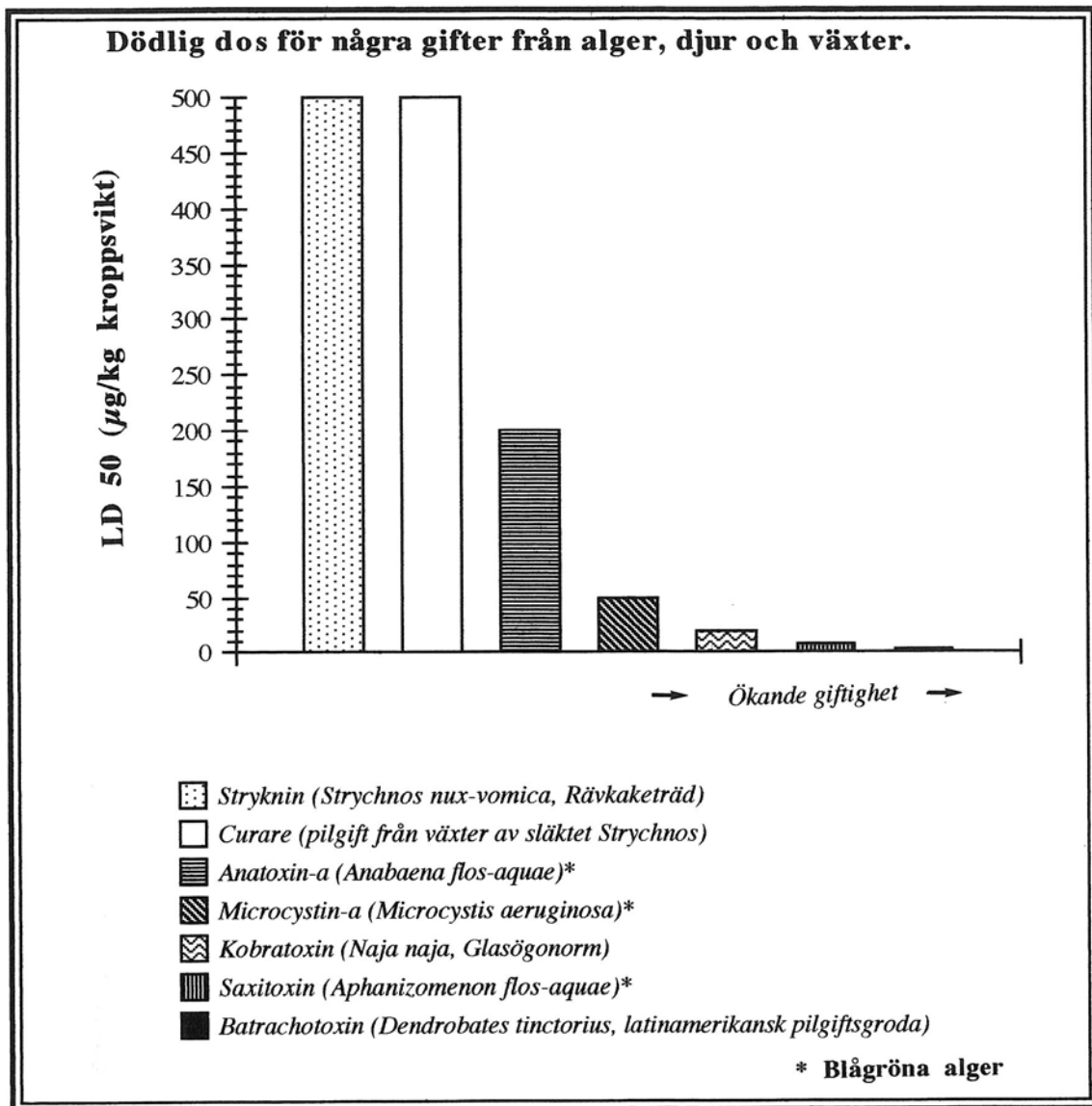


Figur 1.2. Lake Windermere i det engelska Lake District, Cumbria, har lockat författare och konstnärer. Vid denna sjö hämtade de engelska poeterna Samuel Coleridge och William Wordsworth inspiration. Liksom många andra sjöar i England har Lake Windermere eutrofierats. I juli 1990 varnades allmänheten via denna skylt på Lake Windermere's strand sedan flera hundar dött av algförgiftning. Foto: Birger I. Ohlsson.

Blågrönalgerna var tidigt i jordens historia de dominerande organismerna. Som fotosyntetiserande organismer bildade de syre till atmosfären och skapade på så sätt förutsättningar för utveckling av vegetation och djurliv. De har emellertid stor ekologisk betydelse även i vår tid. De är utbredda över hela världen, i luft, vatten och jord, också i de mest extrema miljöer som öknar, polarområden och varma källor. Men trots att blågrönalger finns i ett brett spektrum av olika miljöer verkar det som om rapporter om giftighet enbart förekommer hos ett fåtal planktonfamiljerna som huvudsakligen lever i sötvatten och i bräckt vatten. Kunskapen om giftiga algblomningar i sötvatten är huvudsakligen begränsad till blågrönalger.

Trots att det var mer än hundra år sedan sambandet mellan kreatursdöd och blågrönalgförgiftning upptäcktes dröjde det ända till 1980-talet innan vetenskapsmännen lyckades kartlägga den kemiska strukturen och den sannolika verkningsmekanismen hos de vanligast förekommande blågrönalggifterna.

Men fastän den kemiska strukturen och de toxikologiska egenskaperna är utredda hos åtskilliga blågrönalgtoxin är orsaken till och deras egen fördel med giftproduktionen ännu inte känd.



Figur 1.3. Dödlig dos, LD₅₀, för några biologiska gifter. Gifter producerade av blågröna alger är starkare än både rävgiften stryknin och pilgiften curare.

1.2. Alggifter i sötvatten

Under 1980-talet har stora framsteg gjorts gällande identifikation och karakterisering av olika blågrönalgtoxiner. De gifter som produceras av blågrönalger i sötvatten delas in i tre kategorier:

- * nervgifter
- * levergifter
- * lipopolysackarid-(LPS)-endotoxiner

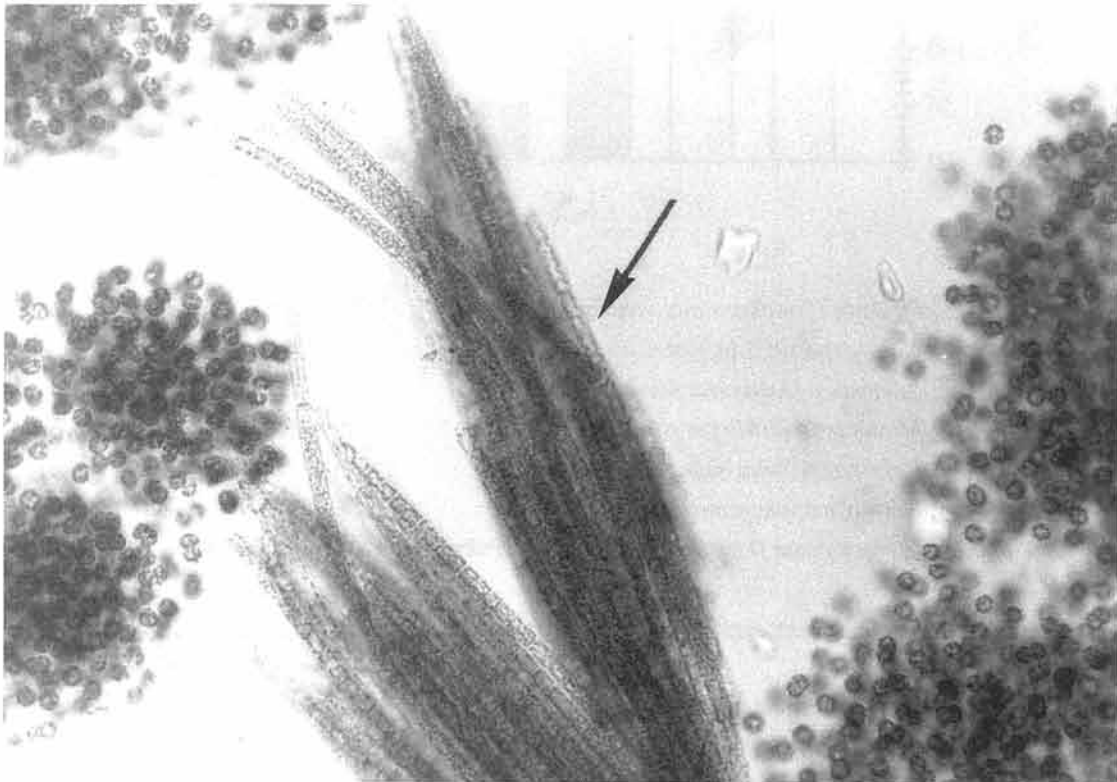
Dessa toxiner har beskrivits i åtskilliga publikationer av bland andra: Olson, 1952; Ingram & Prescott, 1954; Gentile, 1971; Moore, 1977; Gorham & Carmichael, 1979; Carmichael & Mahmood, 1984; Skulberg et al., 1984; Carmichael et al., 1985; Codd & Poon, 1988.

1.2.1. Nervgifter

Nervgifterna blockerar nervcellsfunktionen, framför allt andningen. Kemiskt sett är de alkaloider, liksom giftet i bolmört, drogen som förgiftade Hamlets far i Shakespeare-dramat.

Bland alkaloiderna finns de starkaste gifter som vi överhuvudtaget känner till. Neurotoxiska algbloomingar har rapporterats från Nordamerika (Gorham, 1964; Sasner et al., 1984), Australien (Falconer et al., 1985), Finland (Hindersson, 1933) och Sverige (Mattsson & Willén, 1985). *Anabaena*, *Aphanizomenon* och *Oscillatoria* är tre blågrönalgläkten bland vilka produktion av nervgift har rapporterats.

Det tidigast karakteriserade nervgiftet från blågrönalger var *anatoxin-a*, producerat av *Anabaena flos-aquae*, med ett LD₅₀ värde på 200 µg/kg kroppsvikt. Flera olika toxiner från *Anabaena* har dock rapporterats. Anatoxin-a är en potent blockerare av förbindelserna mellan muskler och nerver. Anatoxin-a(S) är en inhibitor av acetylcholinesteras (ett enzym som är betydelsefullt för neurotransmissionen), Mahmood & Carmichael, 1986a, 1987; Cook et al., 1989.



Figur 1.4. *Aphanizomenon flos-aquae* från Pildammarna i Malmö. Algprovet insamlades i augusti, 1980, i samband med en omfattande fisk- och anddöd. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Neurotoxiska blomningar av *Anabaena* har orsakat ett stort antal förgiftningar av djur i Finland (Hindersson, 1933), Australien (May & McBarron, 1973), Kanada (Howard & Berry, 1933) och USA (Deem & Thorp, 1939).

Juni 1992 dog två hundar efter att ha druckit av vattnet i sjön Roxen utanför Linköping. Sjövattnet innehöll celler av *Anabaena sp.* som vid mustest visades innehålla nervgift (Östgötacorrespondenten 920710). Dessa hundar uppvisade symptom typiska för förgiftning med nervgift från blågrönalger: andningsförlamning, diarrningar, salivproduktion, vinglande gång och krampanfall (Roger Björk, Linköpings Miljö- och Hälsoskyddskontor, pers. medd.).

Blågrönalgen *Aphanizomenon flos-aquae* producerar nervgifter kallade *aphantoxin*. Tidiga studier av dessa toxiner visade att de påminde om de gifter som produceras av marina dinoflagellater, Paralytic Shellfish Poisons, PSP (Sawyer et al., 1968). Senare studier (Alam et al., 1978) har avslöjat att det fanns mer än en neurotoxisk komponent

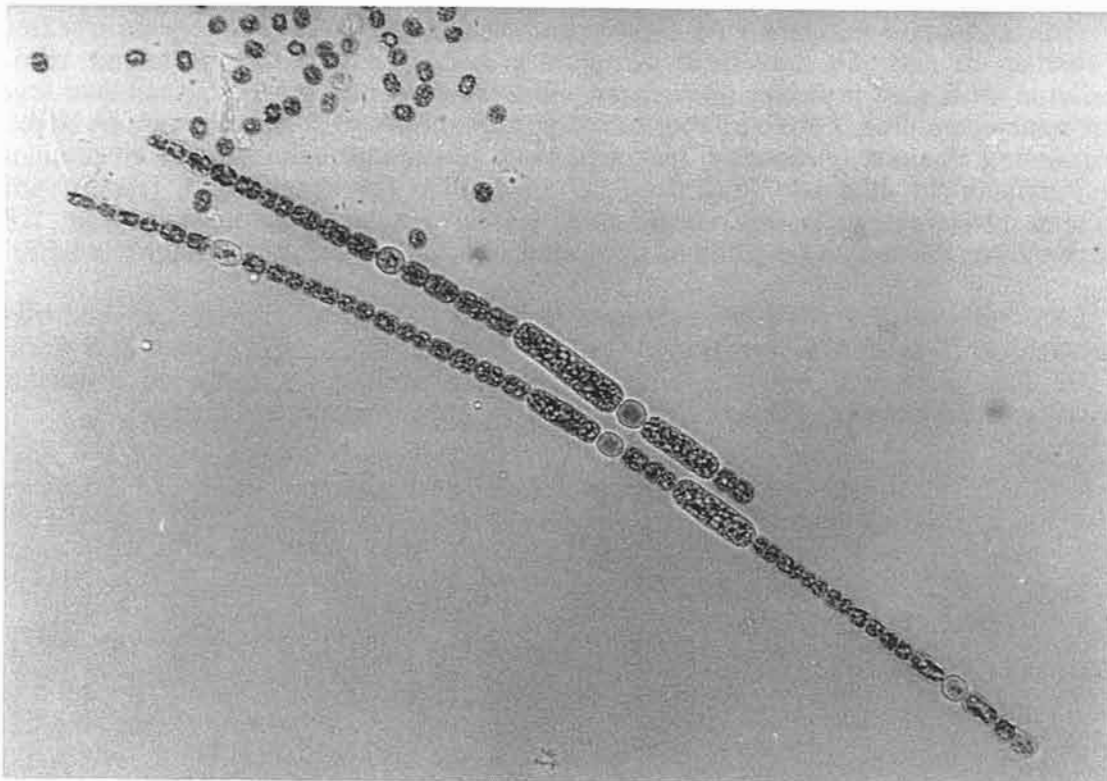
Aphantoxin har orsakat däggdjursdöd genom andningsförlamning. Giftet blockerar natriumkanalerna i exitabla membran (Alam et al., 1973; Adelman et al., 1982).

Edward Spiers, 1986, nämner i *Chemical Warfare* saxitoxin som ett biologiskt producerat gift som klassas som kemiskt stridsmedel.

1.2.2. Levergifter

Levergifter i blågrönalger, *microcystiner* och *nodularin*, orsakar skador på leverceller och leverfunktioner. Kemiskt sett är de cykliska peptider. Liknande typ av levergift finns även i andra organismer, till exempel i lömsk flugsvamp, *Amanitha phalloides*, som producerar peptidtoxinet *phalloidin*.

De levertoxiner, microcystiner, som hittills har isolerats från blågrönalgläktena *Anabaena*, *Microcystis* och *Oscillatoria* har karakteriserats som heptapeptider. Till dags dato har den kemiska strukturen hos ett fyrtiotal olika microcystiner karakteriserats (Krishnamurthy et al., 1985; Carmichael, 1988; Watanabe et al., 1981; Amman, 1984).



Figur 1.5. *Anabaena heterospora* från Habo dammar, Lomma. Förutom att *Anabaena* visats producera nervgift finns det även rapporter om att samma släkte producerar levergift. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Det enda pentapeptid toxin som har isolerats från blågrönalger är *nodularinet*, producerat av *Nodularia spumigena*. Denna brackvattensalg sattes i samband med nio hundars död i södra Östersjön; Gotland, Blekinge och Skåne 1982 (Lind et al., 1983). Samtliga hundar insjuknade inom ett dygn efter bad i havsvatten, blommande med *Nodularia spumigena*. Sjukdomsbilden var likartad för samtliga hundar: kräkningar, leverskada och njurskada.

LD₅₀-värdena för microcystinerna varierar mellan 40-1000 µg/kg kroppsvikt. Toxicitets-studier med microcystiner har utförts på möss, råttor, marsvin, kaniner, kycklingar, ankor och lamm. (Fitch et al., 1934; Wheeler et al., 1942; Heaney, 1971; Foxall & Sasner, 1981).

Studier med olika typer av celler har visat att microcystinerna specifikt påverkar levercellerna (Eriksson et al., 1987). Runnegar och Falconer (1981) har visat att toxinet transporteras till levercellerna via ett transportsystem för gallsyror på levercellernas plasmamembran.

Dessutom har microcystin och nodularin nyligen upptäckts vara tumör-promotorer genom en specifikt inhiberande effekt på protein fosfataser hos däggdjur (Mackintosh et al., 1990, Falconer, 1991; Codd, 1992).

Levertoxiska algblomningar har rapporterats från Europa, Afrika, Australien, Nord- och Sydamerika och Nya Zeeland (Elleman et al., 1978; Krishnamurthy et al., 1985; Carmichael et al., 1985; Mattsson & Willén, 1986; Rinehart et al., 1988; Carmichael, 1989 och Harada et al., 1990).

1.2.3. Lipopolysackarid toxin, LPS

Gramnegativa bakterier producerar lipopolysackarider, (LPS), som del av yttre lagret av cellväggen (Brock, 1984). Dessa LPS är vanligtvis toxiska.

De kallas endotoxin eftersom de i regel är cellbundna och frigörs i stora mängder endast när cellen lyses.

När endotoxin injiceras i ett försöksdjur orsakar det olika fysiologiska effekter. Feber är ett nästintill universellt symptom eftersom LPS toxinet stimulerar värdcellerna att frigöra proteiner, *pyrogen*, vilka påverkar den del av hjärnan som styr kroppstemperaturen. Förutom feber kan försöksdjuret utveckla diarré, erfara en snabb minskning i antalet lymfocyter, leukocyter och blodplättar och inträda i ett allmänt inflammatoriskt tillstånd. Stora doser av LPS toxin kan orsaka död, framför allt genom blödningschock och vävnadsdöd. Kemiska studier under de senaste två decennierna har kunnat fastställa en detaljerad struktur hos åtskilliga bakteriella LPS.

LPS-endotoxin har påträffats och karakteriserats i isolat och blomningar med blågröna alger (Stanier & Cohen-Bazire, 1977; Weckesser et al., 1979; Keleti & Sykora, 1982; Raziuddin et al, 1983). LPS från blågrönalger misstänks, fastän de är mindre toxiska än *Salmonella* LPS, ha orsakat utbrott av magtarmkatarr hos människor.

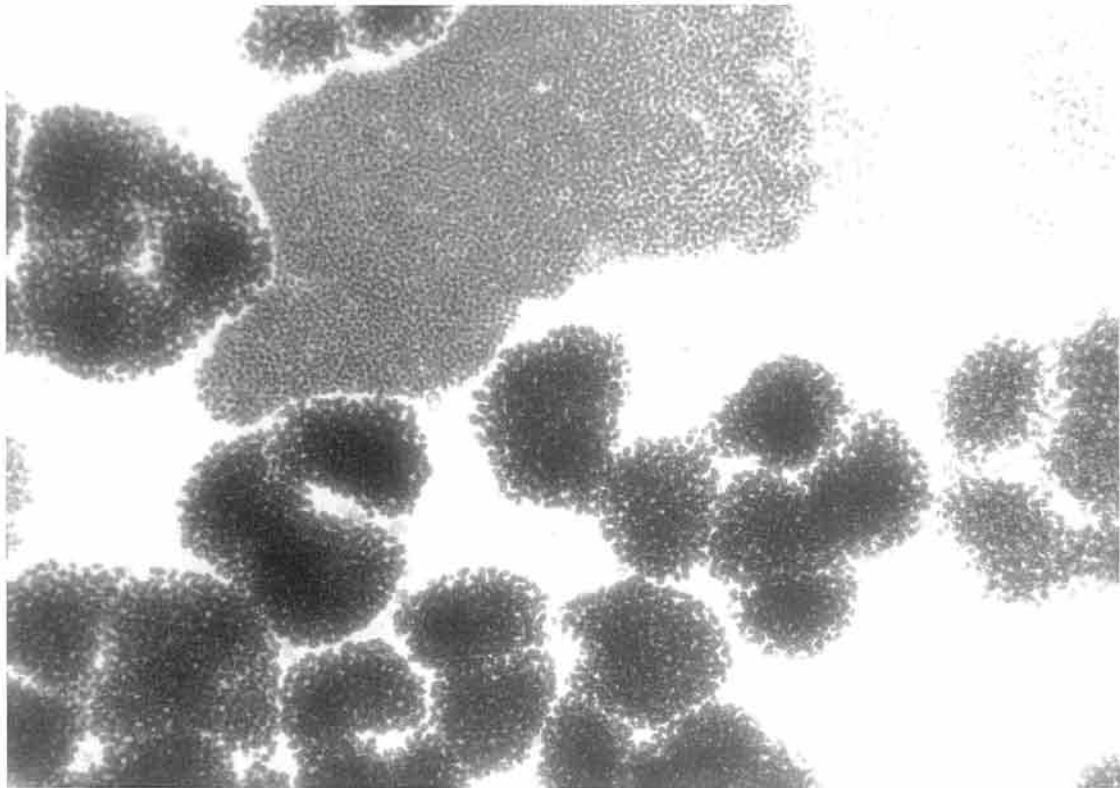


Bild 1.6. *Microcystis aeruginosa* (svarta kolonier) och *Microcystis flos-aquae* (den grå, stora kolonin). Lipopolysackarid endotoxin har isolerats från *Microcystis aeruginosa*. Dessa toxin visades ha kemiska och biologiska karakteristika som överensstämde med generella egenskaper hos endotoxiner. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Raziuddin et al, 1983, undersökte LPS isolerade från *Microcystis aeruginosa*. De fann att kemiska och biologiska karakteristika hos LPS från *Microcystis aeruginosa* stämmer överens med generella egenskaper hos LPS endotoxin. 1,0-1,2 mg LPS/kg kroppsvikt från *Microcystis aeruginosa* har visats vara dödlig vid injektion i möss. De framhäver dock att det *inte* är LPS-innehållet i *Microcystis aeruginosa* som orsakar den höga giftighet som karakteriserar denna algart. Det är nämligen i huvudsak dess peptidtoxin, microcystinet, som orsakar den. Dödlig dos, (LD50), för microcystinerna varierar mellan 40 och 1000 µg/kg vid injektion i möss.

1.3. Algblomning och näringsrika ytvatten i Sverige

Statens Veterinärmedicinska Anstalt, SVA, sände 1985 ut en cirkulärskrivelse till länsstyrelser och miljö- och hälsoskyddsförvaltningar i södra och mellersta Sverige. Dessa ombads att skicka in algprov från blommande sjöar till SVA (Fig.1.7). Av de insända proven, 43 stycken från 27 olika sjöar, visades 53% vara toxiska (Mattsson & Willén, 1986).

Följande sammanställning baseras på uppgifter som SVA skickat ut till kommuner och länsstyrelser, 1985-1987. Tabellen redovisar de svenska sjöar vars algblomningar funnits vara toxiska under denna period. Bakgrundsmaterialet är Mattsson och Willéns; *Toxinbildande blågröna alger i svenska insjöar 1985* (Naturvårdsverkets rapport 3096) samt två skrivelser från SVA: *Vattenblommande och toxinbildande alger*, 870601 respektive *Vattenblomning av blågrönalger och deras toxicitet*, 871109.



Figur 1.7. Bejron Lundstedt, Hässleholms energiverks- och gatuchef går med alghåven vid Finjasjöns strand, maj 1991. Den intensiva massutvecklingen av blågrönalger är orsaken till att Hässleholms kommun har startat ett restaureringsprojekt för att åter få Finjasjön badbar. Foto: Heléne Annadotter.

1.3.1. Algtoxicitet i några svenska vattendrag, 1985-1987

Följande tabell är ett resultat av frivilligt insända algprov till SVA från svenska kommuner och ger alltså inte någon fullständig bild över förekommande algtoxicitet i svenska ytvatten.

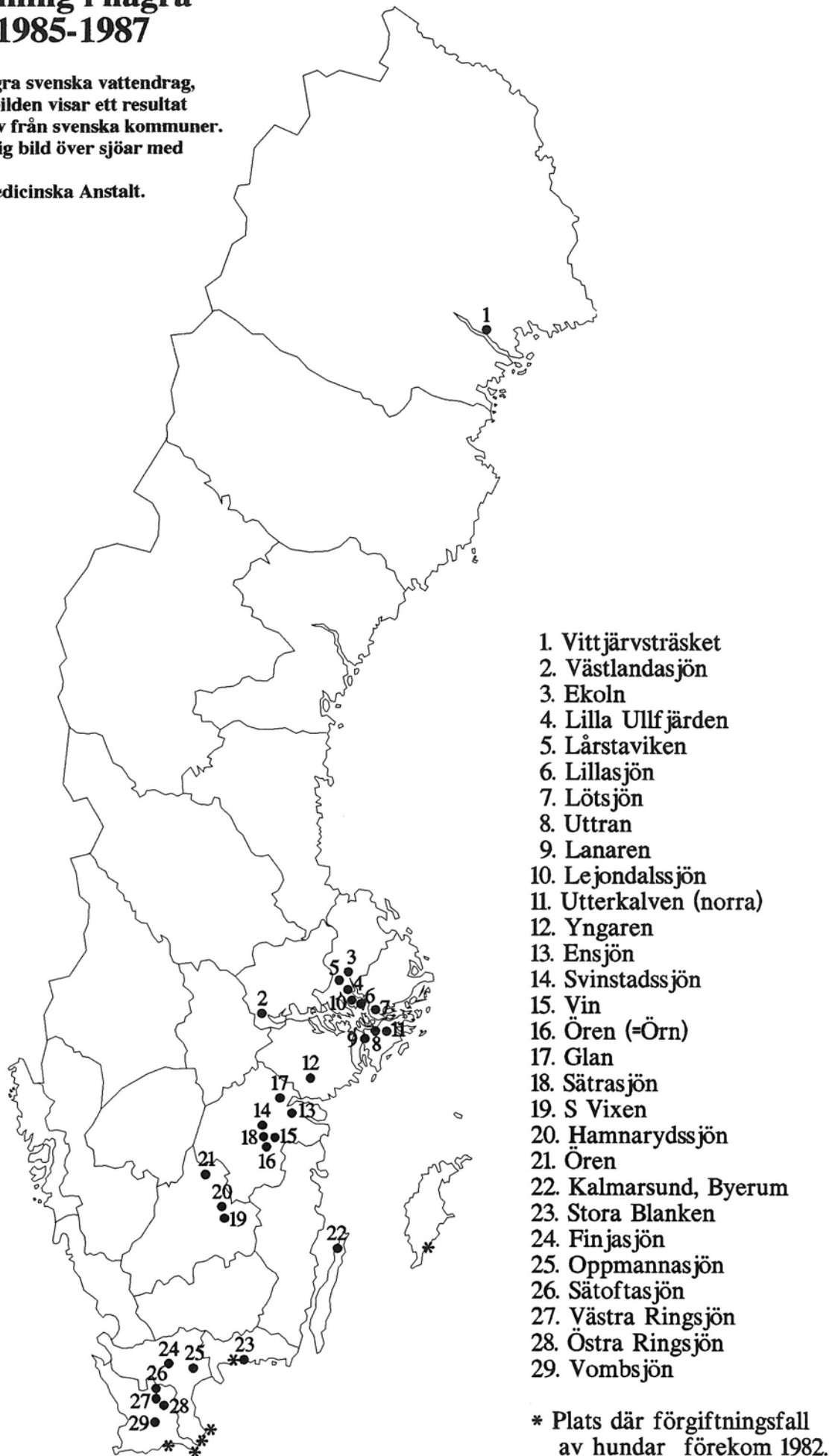
Nr	Sjö/Kommun	Dominerande blågrönalg	Datum
1	Vittjärvsträsket, Boden	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	860828
2	Västlandasjön, Köping	<i>Microcystis wesenbergii</i>	870813
3	Ekoln, Uppsala	<i>Microcystis aeruginosa</i>	850823
4	Lilla Ullfjärden, Håbo	<i>Oscillatoria agardhii</i>	870429
5	Lårstaviken, Uppsala	<i>Microcystis aeruginosa</i>	850823
6	Lillsjön, Stockholm	<i>Oscillatoria agardhii</i>	850904
7	Lötsjön, Sundbyberg	<i>Woronichinia naegliana</i>	850718
8	Uttran, Botkyrka	<i>Anabaena flos-aquae</i>	850820
9	Lanaren, Södertälje	<i>Microcystis wesenbergii</i>	860716
10	Lejondalssjön, Uppl.-Bro	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	870924
11	Utterkalven, Botkyrka	<i>Anabaena circinalis</i>	870730
12	Yngaren, Nyköping	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	860716
13	Ensjön, Norrköping	<i>Microcystis wesenbergii</i>	850810
14	Svinstadssjön, Linköping	<i>Microcystis aeruginosa</i>	860909
15	Vin, Åtvidaberg	<i>Oscillatoria agardhii</i>	850418
16	Ören, (= Örn), Åtvidaberg	<i>Oscillatoria agardhii</i>	850426
17	Glan, Norrköping	<i>Microcystis viridis</i>	860820
18	Sättrasjön, Linköping	<i>Oscillatoria agardhii</i>	860804
19	Södra Vixen, Eksjö	<i>Anabaena flos-aquae</i>	850715
20	Hamnarydssjön, Nässjö	<i>Anabaena flos-aquae</i>	860717
21	Ören, Gränna	<i>Anabaena flos-aquae</i>	870903
22	Kalmarsund, Byerum	<i>Nodularia spumigena</i>	860709
23	Stora Blanken, Ronneby	<i>Anabaena solitaria</i>	850808
24	Finjasjön, Hässleholm	<i>Microcystis viridis</i>	870716
25	Oppmannasjön, Kristianstad	<i>Microcystis wesenbergii</i>	870723
26	Sätoftasjön, Höör	<i>Microcystis viridis</i>	860724
27	Västra Ringsjön, Eslöv	<i>Microcystis wesenbergii</i>	850826
28	Östra Ringsjön, Hörby	<i>Microcystis viridis</i>	860702
29	Vombsjön, Lund	<i>Microcystis aeruginosa</i>	860721

Figur 1.8. Algtoxicitet i svenska vattendrag 1985-1987. Källa: Statens Veterinärmedicinska Anstalt.

Toxisk algblomning i några svenska sjöar, 1985-1987

Figur 1.9. Algtoxicitet i några svenska vattendrag, 1985-1987. Observera att bilden visar ett resultat av frivilligt insända algprov från svenska kommuner. Det är inte någon fullständig bild över sjöar med toxisk algblomning.

Källa: Statens Veterinärmedicinska Anstalt.



Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

En sammanställning av toxiska och icke-toxiska algblomningar har gjorts av Torbjörn Willén, Limnologiska institutionen i Uppsala och Roland Mattsson, Statens Veterinärmedicinska Anstalt. (Fig. 1.10). Kartan visar misstänkt förekomst av toxinbildande blågrönalger och bygger på analyser 1981-1988. (Willén, 1989).

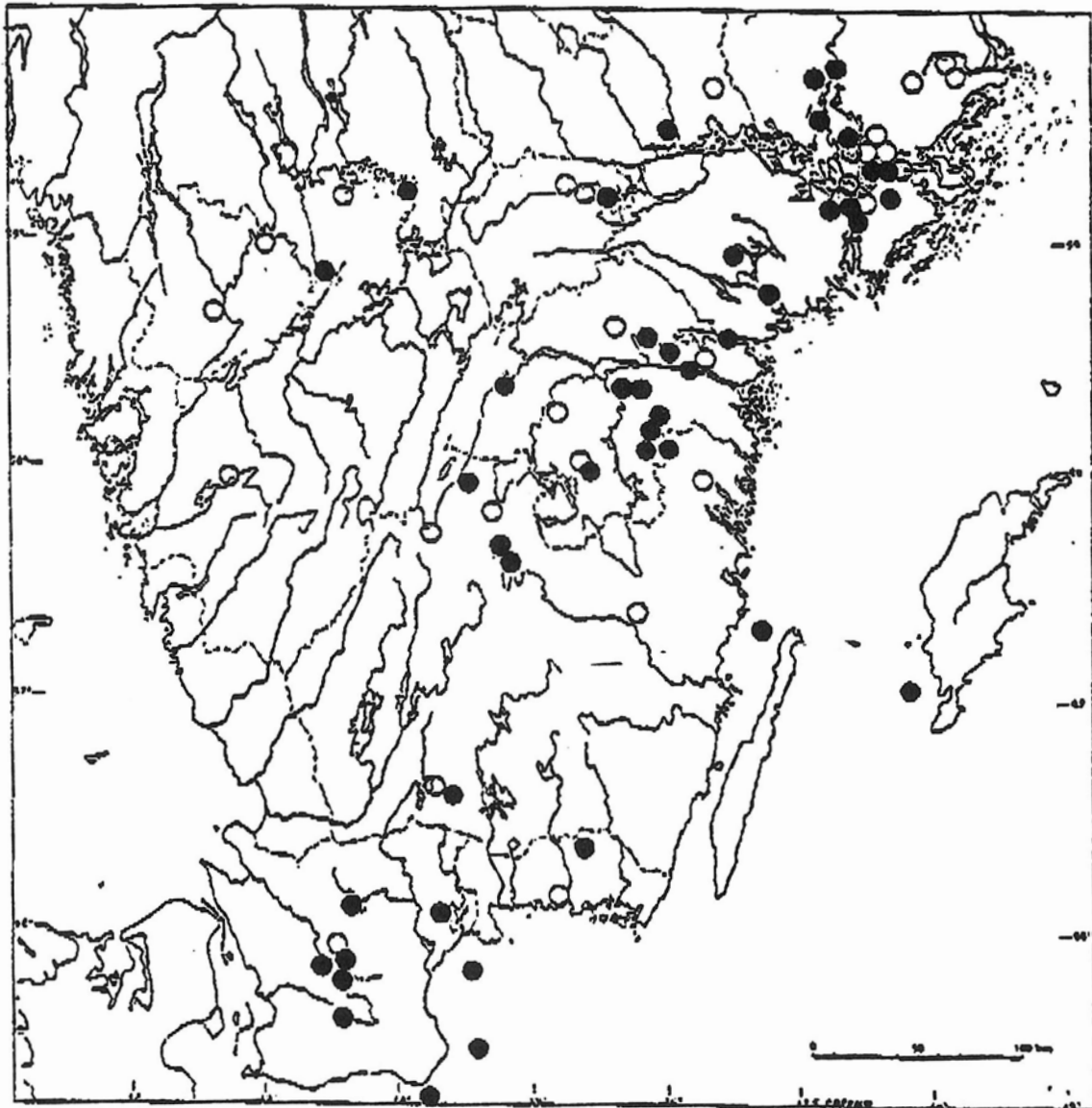
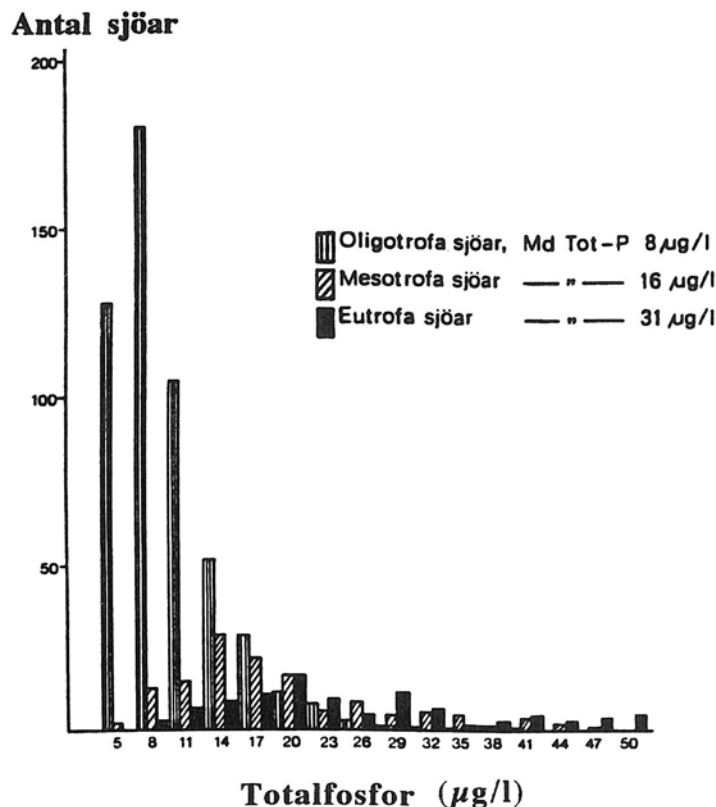


Fig.1.10. Algblomningar i Sverige, 1981-1988 som testats för toxicitet. Fylld cirkel anger förekomst av algtoxin medan ofylld cirkel markerar massutveckling av blågrönalger som ej innehöll toxiner vid analystillfället. Litteraturuppgifter ligger till grund för tre markeringar i Östersjön. Källa: *Torbjörn Willén och Roland Mattsson*.

Utbredningen av övergödda vattendrag och sjöar i Sverige berörs i Sveriges Nationalatlas, 1991, och i rapporten *Hur mår Sverige?*, bilaga A till regeringens miljöproposition 1990/91:90. Inom tätbebyggda eller uppodlade delar av vårt land visar flertalet sjöar och vattendrag mer eller mindre uttalade symptom på övergödning. I jordbruksområdena i Syd- och Mellansverige är höga eller mycket höga fosforhalter allmänt förekommande i sjöar och vattendrag. Övergödning av vattendrag är ett lokalt problem i de svenska skogslänen. De största fosforkällorna i Götaland och Svealand är kommunala reningsverk, jordbruk och avlopp i glesbebyggelse. I Norrland är skogsmarken den största enskilda fosforkällan (Regeringens proposition 1990/91:90).

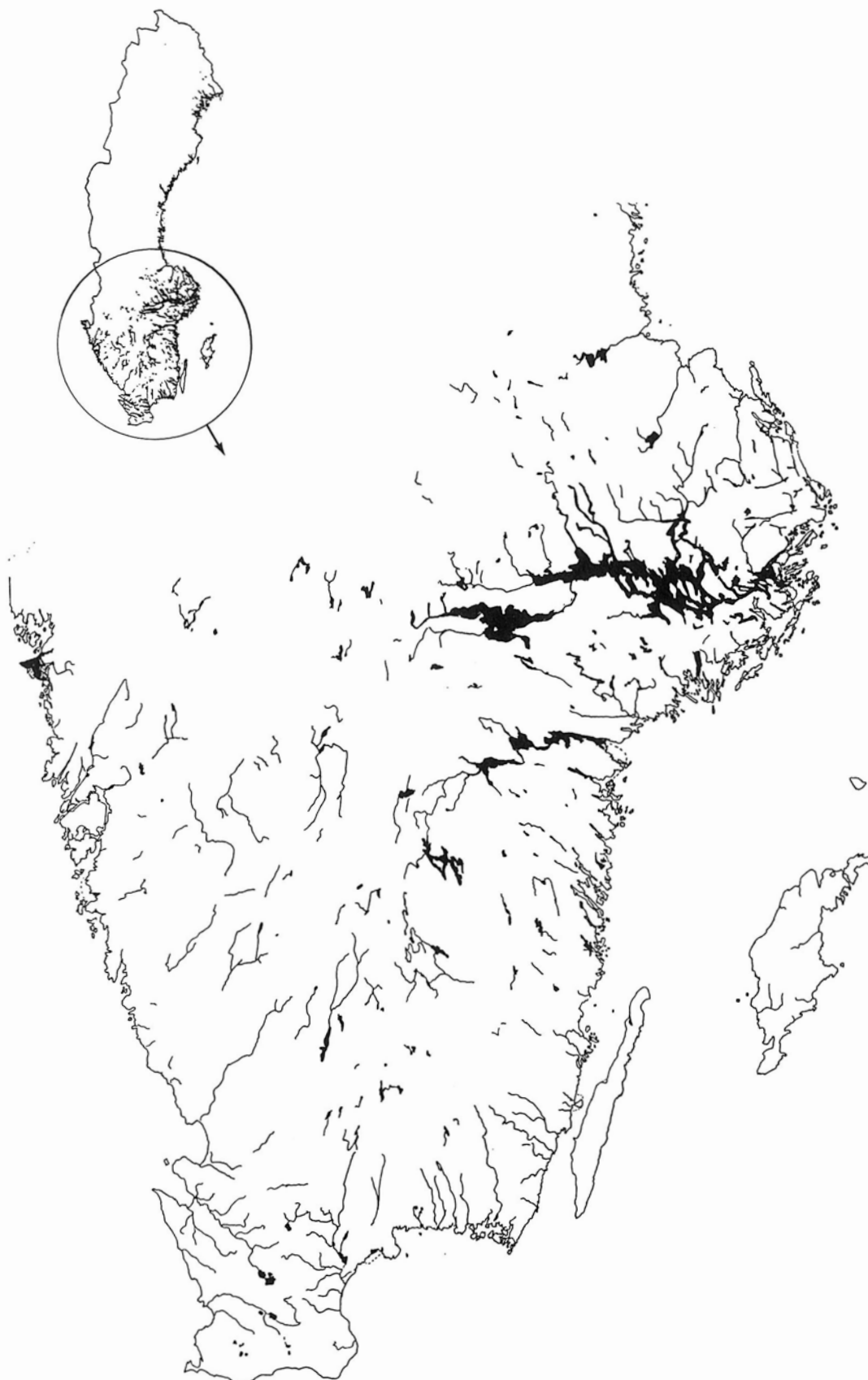
Wiederholm föreslog, 1989, att klassificering av näringstillstånd skall ske på basis av vattnets halt av totalfosfor. Totalfosfor är den parameter som rekommenderas i recipientkontroll. Han föreslog vidare att ett vattendrag med en totalfosforhalt på 25-50 $\mu\text{g/l}$ klassas som näringsrikt tillstånd och vatten med totalfosforhalter överstigande 50 $\mu\text{g/l}$ som mycket näringsrikt tillstånd.

Rosén, 1981, fann efter en inventering av 1250 svenska sjöar att växtplanktonbiomassan ökar snabbt vid totalfosforhalter överstigande 20 $\mu\text{g/l}$. Medianvärdet för totalfosfor var 31 $\mu\text{g/l}$ för de sjöar som klassades som eutrofa (=näringsrika, högproduktiva), 16 $\mu\text{g/l}$ för mesotrofa (=måttligt näringsrika) sjöar och 8 $\mu\text{g/l}$ för oligotrofa (=näringsfattiga, lågproduktiva) sjöar (Fig. 1.11).



Figur 1.11. Sjötypernas fördelning i förhållande till totalfosforhalten vid Roséns inventering av 1250 svenska sjöar. Källa: Rosén, Tusen sjöar, 1981.

I figur 1.12 finns näringsrika vattendrag och sjöar i Sverige inritade (källa; Svensk Nationalatlas, Miljön, 1991). De har klassats som näringsrika på grund av att totalfosforhalterna i dessa vatten överstiger 25 $\mu\text{g/l}$. Tillgången på fosfor är i allmänhet avgörande för algers tillväxtförmåga i sötvatten (Svensk Nationalatlas, 1991). Fosforkoncentrationen i sjöar bör, "under inga omständigheter" överskrida 25 μg totalfosfor/l om man vill undvika massutveckling av blågrönalger, Wiederholm et al, 1983. Detta riktvärde avser den genomsnittliga totalfosforhalten under året.



Figur 1.12. Näringsrika ytvatten i Sverige. Samtliga sjöar och åar har klassats som näringsrika eller mycket näringsrika. Totalfosforhalten i dessa överstiger $25 \mu\text{g}$ totalfosfor/l. Källa: *Miljön, Svensk Nationalatlas, 1991.*

Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

2. SJUKDOMAR ASSOCIERADE MED BLÅGRÖNA ALGER

Detta kapitel syftar till att ge en uppfattning om den nuvarande kunskapsnivån när det gäller blågrönalgförgiftning av människor. I de fall som beskrivs här finns ett mer eller mindre starkt samband mellan sjukdom hos människor och blågrönalger. Beträffande en del av de beskrivna sjukdomsutbrotten har utredarna i första hand sökt efter andra förklaringar än blågrönalgförgiftning. När varken bakterier eller virus har spårats har en förekomst av blågrönalger i dricksvattentäkt eller badsjö upptäckts eller diskuterats som en möjlig förklaring till symptomen.

2.1. Sjukdomar i samband med rekreation i ytvatten

2.1.1. Hudinflammationer

Enligt rapporter från flera författare har klåda och hudutslag förekommit bland människor som badat i vattendrag med blågrönalgförekomst (Cohen & Reif, 1953; Carmichael et al., 1985; Codd & Bell, 1985). Det har emellertid förmodats att dessa hudinflammationer troligtvis beror på allergi mot algerna snarare än en direkt toxisk påverkan.

En kraftig algblooming med *Nodularia spumigena* vid Skanör-Falsterbo 1975 orsakade klåda och hudirritationer hos badande. Dessa sökte hjälp för sina besvär vid Malmö Allmänna Sjukhus (Stig Cronberg, docent i infektionssjukdomar, pers. medd.).



Figur 2.1. Bräckvattensalgen *Nodularia spumigena*, insamlad i Studentviken, Karlskona, 17 juli 1992. Samma alg orsakade klåda och hudinflammationer hos badande vid Skanör-Falsterbo, 1975. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

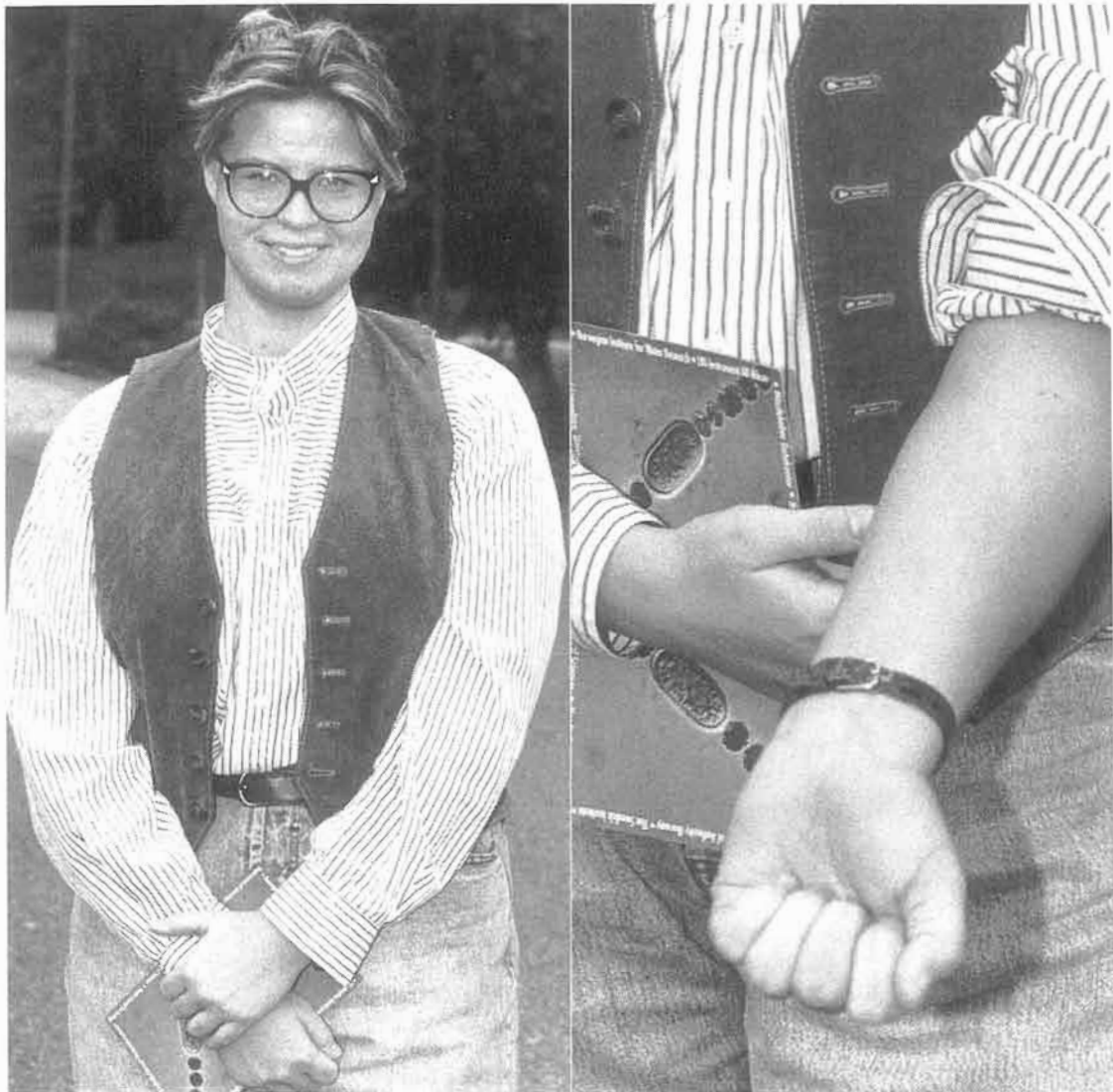
Cohen och Reif beskrev 1953 ett fall där en sexårig flicka utvecklade utslag med rodnad, knottorr och blåsbildning på de delar av kroppen som inte var täckta med baddräkt och endast efter bad i en viss sjö. I denna uppträdde massförekomst av *Anabaena sp.* En ingående medicinsk undersökning visade att hudinflammationen var en allergisk reaktion på grund av känslighet mot *Anabaena*-cellerna vid hudkontakt.

Hudinflammationer orsakade av *Aphanizomenon sp.* har rapporterats av algforskare i Prag (Schwimmer & Schwimmer, 1968).

Intensiv klåda och rodnad har rapporterats i samband med bad i Finjasjön, Hässleholm, då algsammansättningen bestod av *Oscillatoria agardhii*, *Microcystis viridis*, *Microcystis aeruginosa* och *Microcystis wesenbergii*.

På 1950-talet började blågrönalgbloomingar uppträda i Finjasjön. En kvinna som drev strandcafé vid sjön sedan 1939 noterade då att vissa människor fick hudinflammationer efter bad och hon misstänkte alltså redan på 1950-talet att det berodde på vattnet (Nanna Lökvist, pers. medd.).

Det är dock **inte generellt** att badande i blågrönalgbloominge sjöar drabbas av klåda och hudinflammationer utan det är en del människor som reagerar med dessa symptom.



Figur 2.2. Jonna Stone doppade sig i Finjasjön i maj 1990 i samband med att hon provade på att vindsurfa. Sjön utmärktes då av en massutveckling av *Oscillatoria agardhii*, *Microcystis viridis*, *Microcystis aeruginosa* och *Microcystis wesenbergii*. Trots att Jonna duschade strax efter doppet drabbades hon av intensiv klåda över hela kroppen. För att testa sambandet mellan klådan och vattnet stack hon ner ena armen i sjövattnet nästa gång hon kom till sjön. En ihållande klåda på den armen var tillräckligt för att avskräcka Jonna från nya vindsurfingsövningar i Finjasjön. Foto: Kim Johansen.

2.1.2. Hösnuveliknande symptom

Flera fallstudier rapporterar om återkommande hösnuveliknande symptom som snuva, nästäppa, bindhinnekatarr (röda, kliande ögon), astma och nässelfeber efter bad i blågrönalgblomande sjöar. Sambandet mellan dessa besvär och blågrönalgläkterna *Microcystis* och *Oscillatoria* beskrevs så tidigt som 1949 (Heise, 1949). Heise påpekade att en del av patienterna som drabbades av hösnuva efter bad i blågrönalgsjöar *inte* var vanliga hösnuveallergiker. En del av Heises patienter visade positiva reaktioner vid hudtest med extrakt från *Microcystis* och *Oscillatoria* (Heise, 1951).

Hösnuveliknande symptom i samband med bad har även rapporterats från Finjasjön. En man, som badat i sjön sedan 1930-talet började få besvär efter simturer på 1950-talet. Uppkomsten av dessa symptom sammanföll med att blågrönalger börjat massutvecklas i sjön. Efter varje bad fick han ont i bihålorna, svårt att andas genom näsan samt var snuvig och täppt. Besvären brukade dock gå över efter en dag (Lars-Åke Larsson, pers. medd.). Mannen som är lantbrukare och kan arbeta med hö utan några problem är, såvitt han vet och i likhet med de patienter som Heise undersökte, i övrigt inte allergisk mot någonting. Liknande symptom har även rapporterats av tre män som åkt vattenskidor på Finjasjön sedan 1970-talet. Kort efter vattenskidåkningen, 5 minuter - 1 timme, drabbas de av symptom som ögonklåda, snuva och halsont, besvär som vanligtvis går över efter en dag (Jörgen Svensson pers. medd.).



Figur 2.3. Lantbrukare Lars-Åke Larsson har alltid bott vid Finjasjön där han badat sedan 1930-talet. När Finjasjön på 1950-talet drabbades av kraftiga blågrönalgbloomingar började Lars-Åke få hösnuveliknande besvär efter bad. Foto: Heléne Annadotter.

2.1.3. Magtarmkatarr

Magtarmkatarr som en följd av bad i blågrönalgblomande sjöar inträffade 1959 i den kanadensiska provinsen Saskatchewan. Förgiftningsfallen har presenterats i en synnerligen väldokumenterad rapport av Dillenberg, 1960.

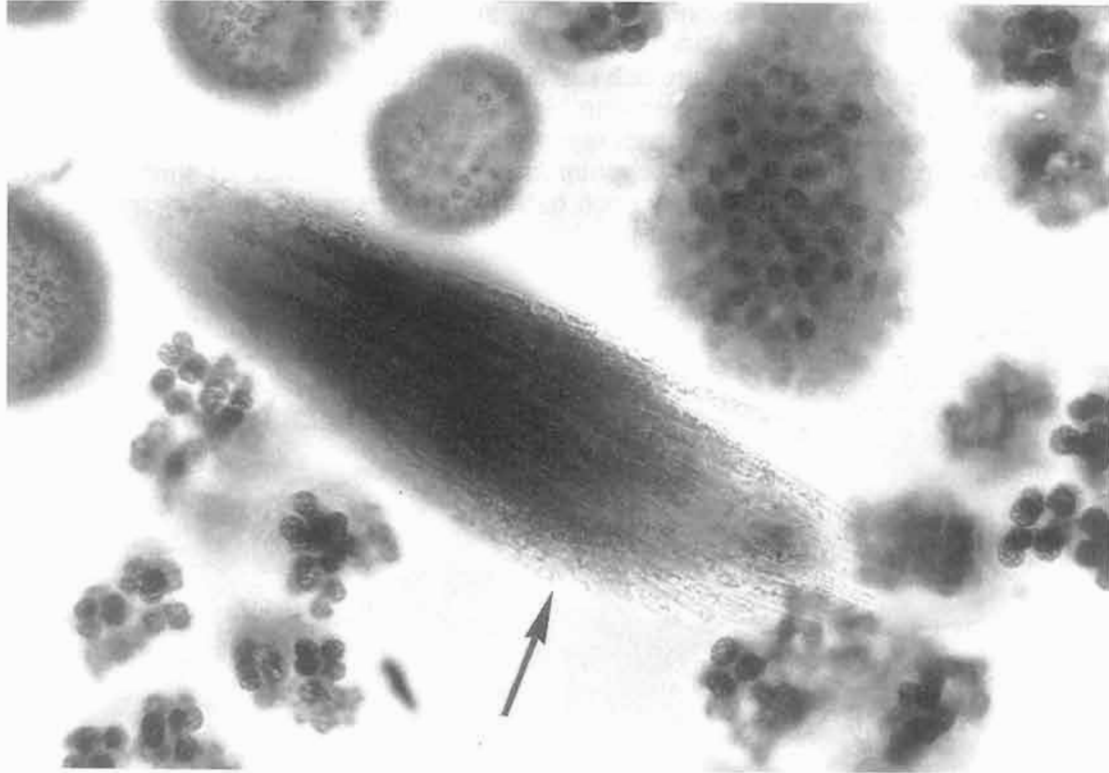
I slutet av juni 1959 utfärdades varningar för blågrönalgbloomingar i TV, radio och press. Orsaken var att ett antal hundar och gäss förgiftats till döds efter att ha simmat i Echo Lake, norr om provinsens huvudstad Regina. Vattnet i Echo Lake var då grönfärgat och ytan täckt av ett algsjikt. Efter en omfattande undersökning av bland annat de döda hundarnas maginnehåll samt mustester på algerna var det uppenbart att djuren dött av blågrönalgerna *Microcystis sp.* och *Anabaena sp.* Trots varningarna i massmedia

Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

lyckades man inte fullständigt förhindra algförgiftning av människor i Saskatchewan den sommaren.

10 juli drabbades en turist av huvudvärk, illamående, kräkningar och diarré efter bad i Gull Lake. Den kliniska diagnosen var tarmkatarr eller amöbadysenteri men ingen annan sjukdomsalstrande organism än *Microcystis sp.* kunde spåras i patientens avföring.

Två dagar senare, 12 juli, drabbades tio barn av kräkningar och diarré efter bad i en annan sjö, Long Lake. När barnen badade i sjön hade ytan varit täckt med alger och samma dag dog två kor efter att ha druckit av vattnet i en annan del av sjön. Celler av *Anabaena sp.* hittades i de sjuka barnens avföring.



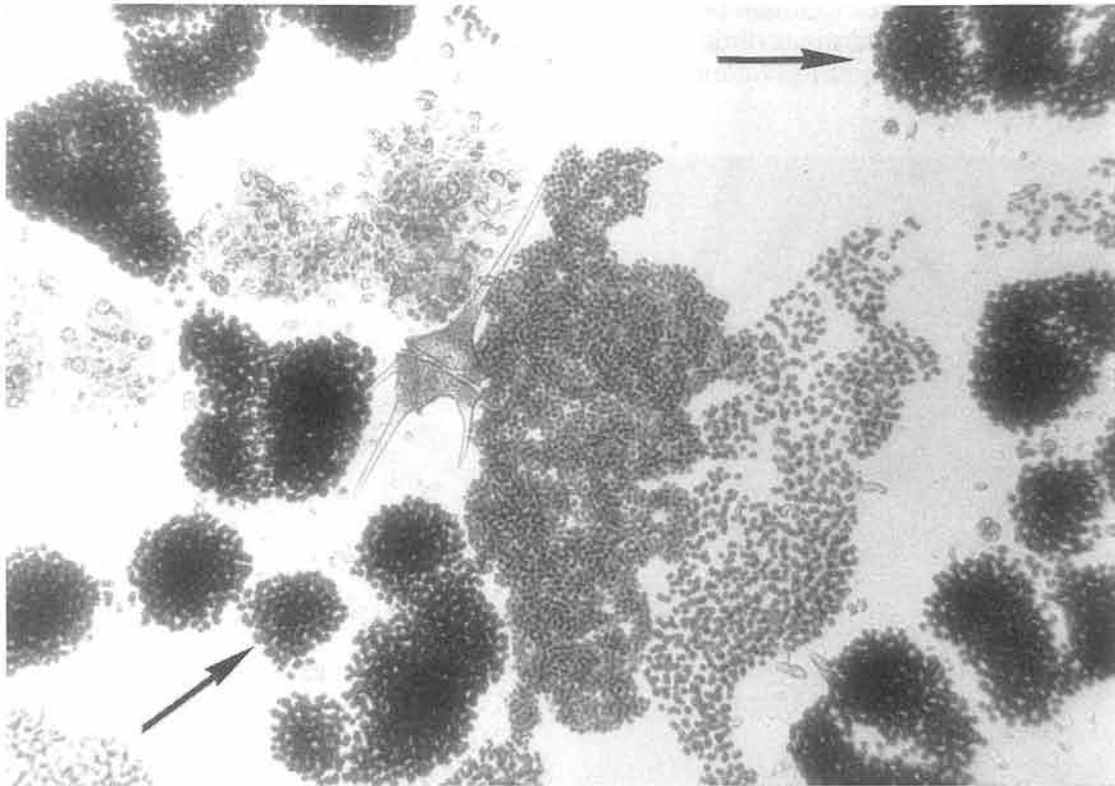
Figur 2.4. *Aphanizomenon klebhanii* från Vombsjön, 19 september 1992. *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis* och *Oscillatoria* har orsakat magtarmkatarr hos människor. Celler av *Aphanizomenon* hittades i både spyor och avföring hos en pojke som fallit ner i en sjö och svalt sjövattnet. Pojken drabbades av magsmärtor, diarré, feber och illamående. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Trots de allmänna varningarna om giftalger i Saskatchewan den sommaren inträffade ytterligare förgiftningsfall. En läkare sökte sig den 3 augusti till Echo Lake för att koppla av efter en svettig arbetsdag. Han valde ut en strand av sjön där algbloomingen inte verkade så kraftig. Efter att ha halkat på trampolinen störtade han ner i vattnet på ett sätt som han inte planerat. I rena överraskningen svalde han en halv pint, cirka 3 dl, sjövattnet. Med dysmak i munnen åkte han hem för att sova men vaknade tre timmar senare med krampartade magsmärtor och illamående. Han kräktes då i två-tre timmar. Fem timmar efter inmundigandet av den halva pinten sjövattnet fick han en attack av smärtsam diarré. Följande dag hade han feber, dundrande huvudvärk, led- och muskelsmärta samt var allmänt svag. Laboratorieanalys av hans slemmiga och gröna avföring visade på innehåll av *Microcystis sp.* och *Anabaena sp.* men ej av patogena bakterier eller virus.

Artikelförfattaren Dr. Dillenbergs egen son bidrog till den fjärde dokumenterade algförgiftningen genom att "falla ner i en sjö och svälja sjövattnet". Dillenberg junior drabbades av samma symptom som den läkare som halkade ner i Echo Lake. Såväl sonens spyor som avföring innehöll celler av blågrönalgsläktet *Aphanizomenon* (Schwimmer & Schwimmer, 1968).

2.1.4. Lunginflammation

Ett betydligt allvarligare fall av algförgiftning rapporterades av Dillenberg då en tolvårig pojke var nära döden efter att ha simmat i en sjö med *Microcystis aeruginosa*. Pojken drabbades mycket plötsligt av feber, andningssvårigheter, pneumonit (en form av lunginflammation), värk i hela kroppen och coma. Dillenberg misstänkte att den plötsliga attacken var orsakad av ett ytterst potent alggift (Schwimmer & Schwimmer, 1968). Ett liknande fall där förekomsten av toxiska *Microcystis aeruginosa* bekräftades genom HPLC-analys rapporterades från England, 1989 (Turner et al., 1990).



Figur 2.5. Blomning av blågröna alger innehållande bland andra *Microcystis aeruginosa* (utpekad). Toxiska *Microcystis aeruginosa* blommade i ett engelskt vattendrag, Rudyard Reservoir, 1989, samtidigt som brittiska armén tränade eskimåsvängar där i kanot. Blågrönalgen misstänks vara orsak till att ett tiotal av rekryterna förgiftades. Två av dem fick vårdas på sjukhus under en veckas tid. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Toxiska *Microcystis aeruginosa* utpekades som en möjlig orsak till förgiftning av två 16-åriga rekryter, september 1989. Dessa fördes till sjukhus efter att ha tränat eskimåsvängar med kanot i Rudyard Reservoir, ett vattendrag i England som vid den tidpunkten blommade av toxiska *Microcystis aeruginosa*. Båda hade fått i sig sjövattnet under övningarna. De uppvisade symptom som feber, buksmärter, kräkningar, halsont och blåsor runt munnen. Lungröntgen visade lunginflammation. De tillfrisknade efter en veckas sjukhusvistelse. De två rekryternas sjukdomsbild har ingående beskrivits i en artikel i British Medical Journal, *Pneumonia associated with contact with cyanobacteria* (Turner et al., 1990).

Efter de två rekryternas insjuknande fick ytterligare åtta av deras kamrater, som också deltagit i kanotövningarna, söka läkarvård för symptom som kunde bero på blågrönalgförgiftning. Dessa var kräkningar, diarré, magsmärter, halsont, huvudvärk, torrhosta och blåsor runt munnen. Artikelförfattarna har antagit att toxiska *Microcystis* orsakade förgiftningen på följande grunder:

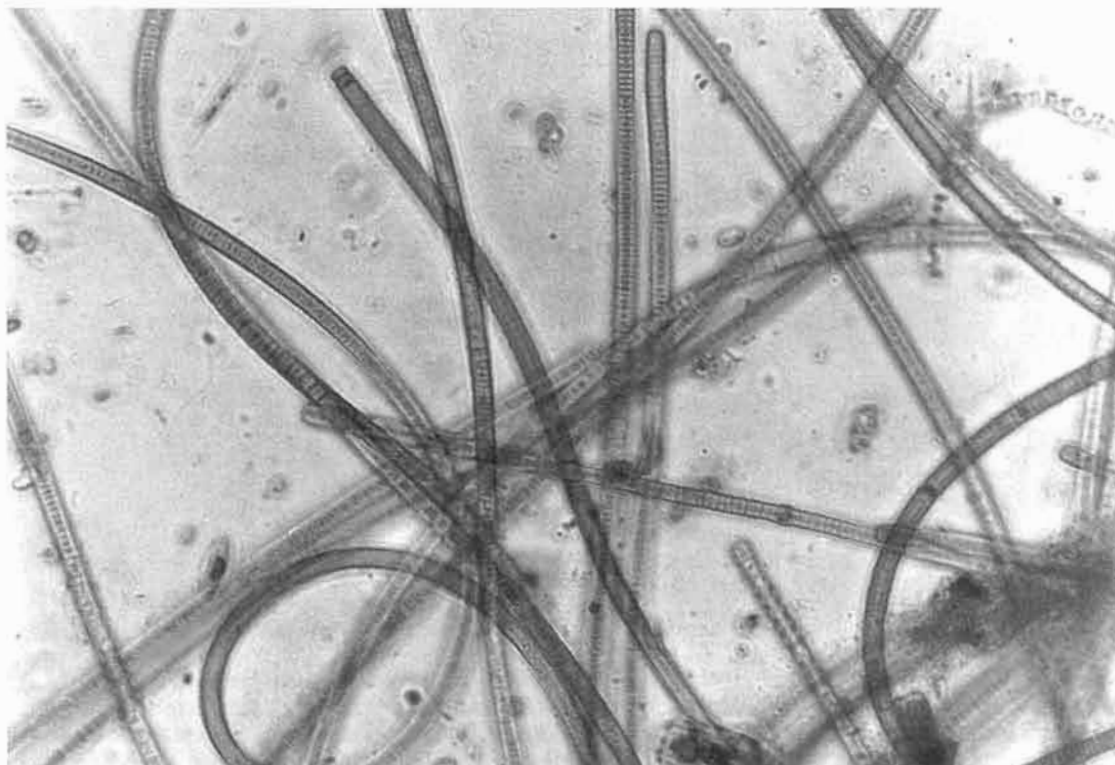
- * Vattendraget utmärktes av en mycket kraftig algblomning med toxiska *Microcystis aeruginosa*.
- * De insjuknade rekryterna hade fått sjövattnet i sig.
- * Inte hos någon av patienterna kunde man påvisa antikroppsstegring tydande på att lunginflammationen skulle vara orsakad av bakterier eller virus.

2.2. Sjukdomsutbrott orsakade av dricksvatten

2.2.1. Magtarmkatarr

2.2.1.1. London, 1842

Det tidigast dokumenterade fallet av blågrönalgförgiftning av människa rapporterades i London 1842 (Farre, 1844; Schwimmer & Schwimmer, 1968). En 35-årig kvinna rapporterades lida av matsmältningsproblem samt svåra smärtor i tarmregionen under en 12 timmars period. Spår av blågrönalgen *Oscillatoria sp.* noterades som det enda anmärkningsvärda i tarminnehållet. Blågrönalgerna antogs härstamma från stadens vattenledningsvatten.



Figur 2.6. Förekomst av *Oscillatoria* celler i Londons dricksvatten misstänktes 1842 vara orsaken till magtarmkatarr hos människa. *Oscillatoria sancta* (bilden) samlades in i en skånsk kräftdamm, juli 1992, och visades vara levertoxisk. Mikrofoto: Heléne Annadotter.

2.2.1.2. Ohio- och Potomac flodernas dalgångar

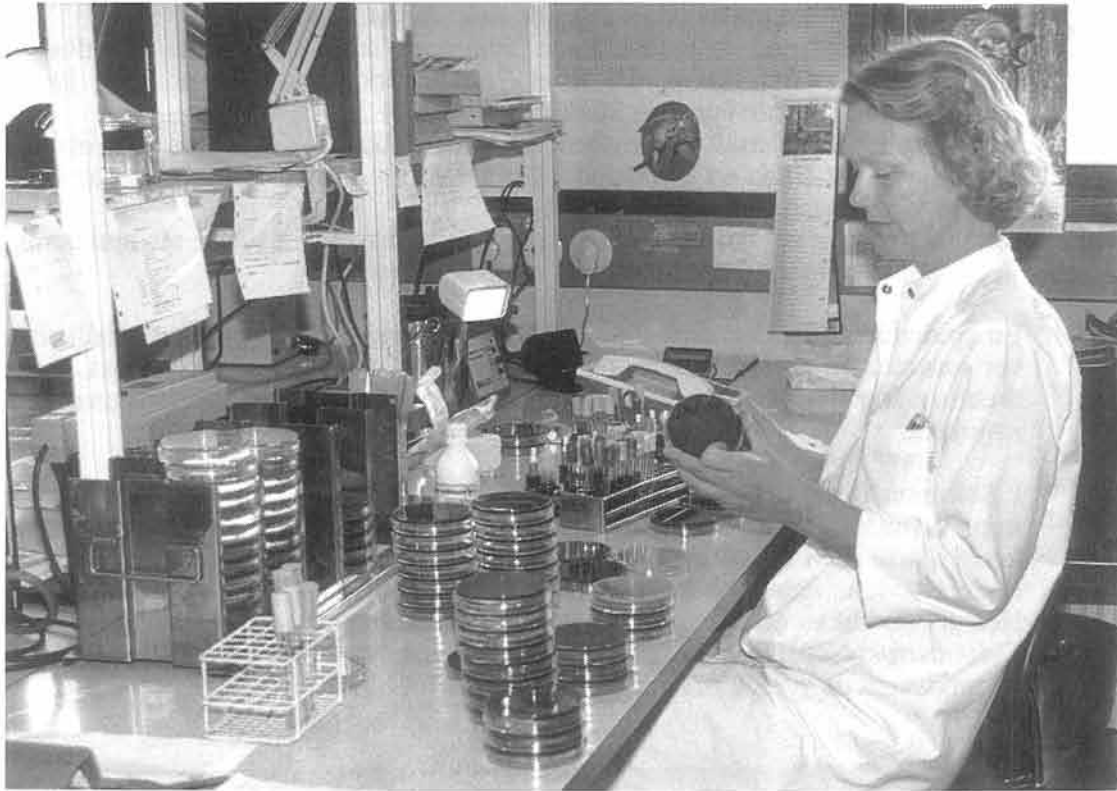
En epidemisk magtarmkatarr uppträdde 1930-1931 i dalgångarna till Ohio- och Potomacfloderna, USA. I staden Charleston drabbades 5000-8000 människor av en lindrig form av magtarmkatarr som sammanföll med den period då algblomningen i råvattenreservoaren var som kraftigast. Liknande epidemier uppträdde samtidigt i de omgivande samhällena som tog sitt dricksvatten från samma reservoar. Ett oräkneligt stort antal människor drabbades under dessa två år som också utmärktes av kraftig torka. Det gjordes ingen utförlig undersökning av orsaken till utbrotten men möjligheten att de skulle vara orsakade av bakterier uteslöts på grund av att den uppträdande magtarmkatarren var generellt lindrig och temporär (Dillenberg, 1960).

2.2.1.3. Epidemi bland vita barn i Harare, Zimbabwe

Studier från Zimbabwe (Zilberg, 1966; Marshall, 1991) rapporterade om omfattande utbrott av magtarmkatarr hos vita barn i huvudstaden Harare under vintermånaderna 1960 - 1968. Intensivt sökande efter orsakande bakterie gav inget resultat och utredande medicinsk personal pekade så småningom på ett möjligt samband mellan de årligen återkommande epidemierna och den kraftiga förekomsten av blågröna alger i Harares dricksvattenreservoar Lake Chivero (tidigare kallad Lake

Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

McIlwaine) under vintermånaderna. Lake Chivero har länge varit recipient för behandlat avloppsvatten. Marshall, 1991 fann ett samband mellan antalet fall av magtarmkatarr och förekomsten av blågröna alger i sjön. Dominerande arter var *Microcystis aeruginosa* och *Anabaena flos-aquae*.



Figur 2.8. Trots intensivt sökande efter sjukdomsalstrande bakterier kunde inte läkarna i Harare finna något som förklarade de årligen återkommande epidemierna av magtarmkatarr hos barnen. Det bakteriologiska laboratoriet på bilden finns dock inte i Harare utan på Svelab i Kristianstad med laboratorieassistent Kerstin Frodigh i aktion. Foto: Kim Johansen.

2.2.1.4. Epidemin i Seawickley, Pennsylvania, 1975

I augusti 1975 bröt en epidemi av magtarmkatarr ut bland cirka 5000 dricksvattenkonsumenter i Seawickley, Pennsylvania. Omfattande mikrobiologiska och kemiska analyser av avföringsprov från patienterna samt prov på dricksvattnet ledde inte till att man kunde påvisa någon orsak. En undersökning av vattensystemet avslöjade emellertid en ansamling av blågrönalgen *Schizothrix calciola* (Lippy & Erb, 1976). Så långt som en månad efter sjukdomsutbrotten var vattnet i råvattentäkten fortfarande kontaminerat med *Schizothrix calciola* som fanns i en koncentration av 400 000 celler/ml. En jämförelsevis hög koncentration av lipopolysackarid endotoxin, (LPS) på 2500 ng/ml, ledde till spekulationer om ett möjligt samband mellan patienternas konsumtion av LPS med härkomst från *Schizothrix calciola* och den rapporterade epidemin. Under normala förhållanden var koncentrationen av *Schizothrix calciola* mycket lägre, 0-1200 celler/ml. Den motsvarande LPS koncentrationen brukade variera mellan 25 och 250 ng/l.

Som en direkt konsekvens av detta lät Kelti och Sykora, forskare vid universitet i Pittsburg, Pennsylvania, undersöka LPS innehållet i de vanligaste blommande blågrönalgerna i dricksvattenreservoarer (Keleti *et al.*, 1979; Keleti & Sykora, 1982). De undersökte LPS från *Schizothrix calciola*, *Anabaena flos-aquae*, *Anabaena cylindrica*, *Oscillatoria tenuis* och *Oscillatoria brevis*.

Undersökningen har visat att den biologiska aktiviteten (giftigheten) för LPS från blågröna alger generellt var lägre än LPS från gramnegativa bakterier. *Inte desto mindre anser de att blågrönalgbloomingar kan utgöra en avsevärd källa för LPS endotoxin i vattentäkter.* Deras antagande bekräftas av DiLuzio & Friedmann, 1973, som upptäckte att kontaminering av endotoxin är vanligt i dricksvatten, speciellt om råvattnet kommer från en ytvattentäkt.

2.2.2. Hepatit (Leverinflammation)

2.2.2.1. Palm Island mysteriet, 1979

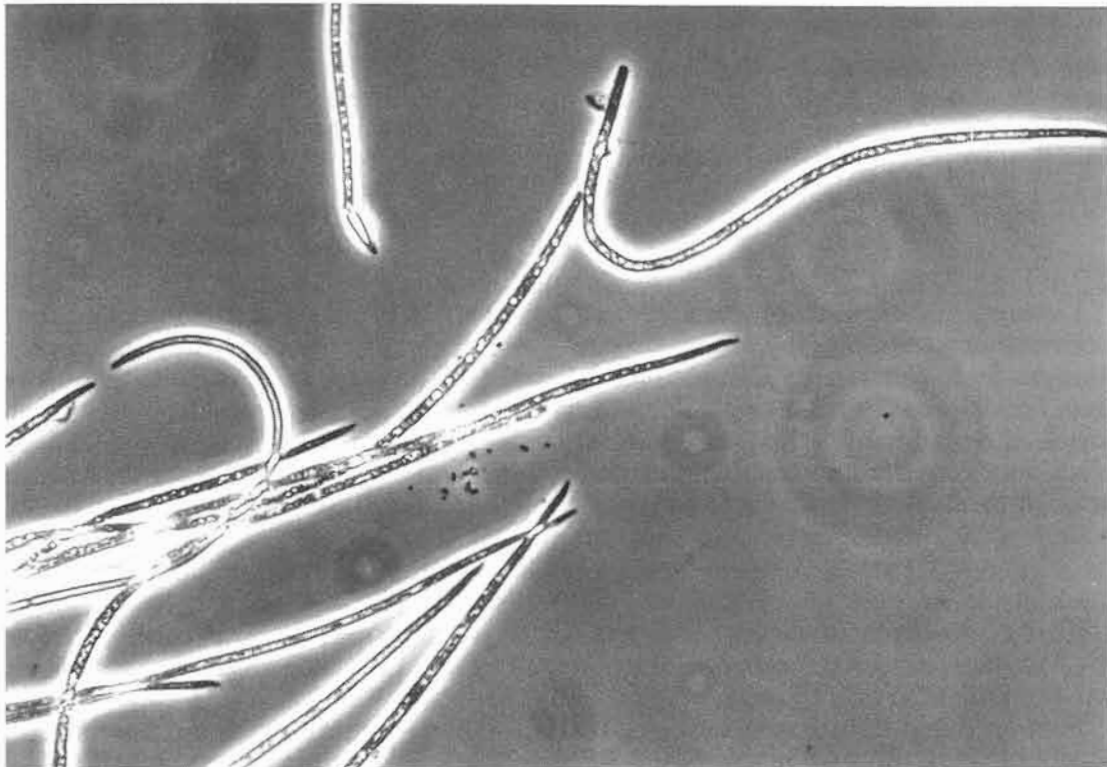
1979 skedde ett sjukdomsutbrott hos aboriginer, australiska urinnevånare, på Palm Island i den australiska staten Queensland. 139 barn (genomsnittsålder 8 år) och 10 vuxna insjuknade. Majoriteten av de insjuknade fick vårdas på sjukhus.

Sjukdomen började med hepatitliknande symptom som illamående, aptitlöshet, kräkningar, ömmande och förstörd lever, huvudvärk, magsmärtor och feber. Sjukdomstiden varade mellan fyra och 26 dagar (Byth, 1980).

Epidemin förblev emellertid ett mysterium till en början. Trots en omfattande provtagning i syfte att finna en bakteriell eller viral orsak fann man inget samband mellan sjukdomsbilden och laboratorieresultaten.

Ett australiskt forskarlag hävdade emellertid, (Hawkins et al, 1985) att sjukdomsutbrotten, på följande grunder, varit orsakad av toxiska alger:

- * En epidemiologisk undersökning av händelsen avslöjade att enbart hushåll som var anslutna till dricksvattennätet från en viss damm, Solomon Dam, hade drabbats. Ingen i omgivningen som var anknuten till andra vattenreservoarer hade insjuknat.
- * I Solomon Dam isolerades blågrönalgen *Cylindrospermopsis raciborskii*, en tropisk vattenblommande art. Denna var inte tidigare känd för att tillhöra de toxiska arterna. Test på möss visade emellertid att algen var starkt levertoxisk. Både Hawkins och hans kolleger samt läkare vid Queensland Department of Health (Bourke et al., 1986) ansåg, på basis av den giftverkan som *Cylindrospermopsis raciborskii* visat vid mustest, att denna giftalg varit kapabel att producera de symptom som iakttagits på Palm Island.



Figur 2.9. *Cylindrospermopsis raciborskii* från Lago Paranoà, Brasilia, 24 november 1977. Denna tropiska blågrönalg massutvecklades i en dricksvattenreservoar på Palm Island, Australien. I samband med en epidemi av hepatit hos dricksvattenkonsumenterna visades algblomningen vara starkt levertoxisk och misstänks ha orsakat epidemin som drabbade 149 personer. Foto: Gertrud Cronberg.

Några dagar innan sjukdomsutbrottet hade algblomningen i dricksvattenreservoaren uppmärksammas och i syfte att få bukt med algerna behandlades dammen med kopparsulfat. Kopparsulfat förstör blågrönalgcellernas membran vilket dock medför att giftet inne i cellerna frigörs till och löses ut i vattnet.

Debattens vågor har dock svallat höga runt Palm Island mysteriet och det har diskuterats i de australiska medicinska facktidningarna om giftalgen eller koppardoserna i vattnet har orsakat sjukdomsutbrottet (Bourke et al., 1986; Prociv et al., 1986; Runnegar & Jackson, 1986). Mustest av *Cylindrospermopsis raciborskii* i den aktuella dricksvattenreservoaren visade dock att den starkt levertoxiska blågrönalgen utgjorde en hälsorisk då den påträffades i stora mängder i råvattnet. Palm Island mysteriet visar emellertid på nödvändigheten av att undersöka algtoxicitet vid blomningar av blågrönalger i dricksvattenreservoarer.

2.2.2.2. Armidale, Australien, 1981

En retrospektiv studie över leverenzymresultat hos sjukhuspatienter i Armidale, Australien, 1981 har utförts av australiska forskare (Falconer et al., 1983). Studien avser den period då stadens dricksvattenreservoar, Malpas Dam, utvecklade en kraftig algblomning med levertoxiska *Microcystis aeruginosa*. Samma vetenskapsmäns tidigare forskning på området inkluderade bland annat en studie där icke dödliga doser av microcystin i möss under flera veckors tid hade resulterat i levercellskador. Falconer och hans kolleger drog då som slutsats att det var möjligt att människor också kunde påverkas av små doser microcystin vilket sannolikt skulle orsaka skador på levercellerna. En dylik leverskada skulle kunna upptäckas genom bestämning av leverenzymprover, vilket var rutin vid diagnos av hepatit och andra leversjukdomar.

Forskarna menade att det troligtvis hade funnits vattenlösta microcystiner i dricksvattnet i samband med blomningen av den levertoxiska *Microcystis aeruginosa* i råvattentäkten. De baserade sin slutsats på antagandet att algcellerna sannolikt hade skadats i samband med transporten genom vattenverket så att microcystinet lösts i vattnet. Dricksvattenreservoaren hade dessutom kopparsulfatbehandlats vilket orsakar cellysning så att toxinet kan lösas i vattnet. Då varken flockning eller filtrering i vattenverk eliminerar vattenlöst microcystin kunde man således förvänta sig att det skulle finnas i dricksvattnet.



Figur 2.10. Under perioden med levertoxiska blågrönalger i staden Armidale's dricksvattentäkt fanns en statistiskt signifikant skillnad i leverstatus mellan stadsborna och landsbygdsborna. De senare drack vatten från egna brunnar. Klin-kem laboratoriet på bilden finns dock inte i Armidale utan på Hässleholms sjukhus där laboratorieassistent Gunnel Ängquist övervakar analyserna av leverenzymmer. Foto: Kim Johansen.

Forskarna undersökte resultat av leverenzymprover hos patienter i Armidale och jämförde med patienter från den omgivande landsbygden. De senare fick dricksvatten från annat håll. Forskarna fann att ett speciellt leverenzym, gamma glutamyl transferas, (GT), var signifikant högre hos Armidale-patienterna jämfört med de från landsbygden. Den signifikanta skillnaden sammanföll med den toxiska algbloomingen i Armidalepatienternas råvattentäkt. De förhöjda GT-värdena hos Armidale-patienterna förekom inte under perioden före och efter den toxiska blomningen.

Mot denna bakgrund drog forskarna slutsatsen att de toxiska algerna i råvattentäkten hade orsakat de förhöjda GT-värdena som hade observerats hos den dricksvattenkonsumerande befolkningen i Armidale.

2.2.3. Feberreaktioner i samband med haemodialys

2.2.3.1. Washington, D. C. 1974

Sommaren 1974 uppmärksammades ett antal feberattacker hos patienter på ett dialyscentrum i en förort till Washington, D. C., USA. Utbrotten skedde mellan 24 juli och 19 augusti (Hindman et al., 1975).

23 av 70 patienter fick frossa, feber och blodtrycksfall. Muskelsmärter, illamående och kräkningar i samband med feberattacken noterades dessutom hos en del av patienterna. Symptomen inträffade i allmänhet mellan 80 minuter och 4 timmar efter dialys.

Infektion kunde inte konstateras hos någon av de insjuknade dialyspatienterna men däremot fann man att dialysvätskan var kontaminerad av höga halter lipopolysackarid endotoxin. I dialyssystemet fanns dock bara låga halter av gramnegativa bakterier, ett faktum som inte kunde förklara de höga endotoxinhalterna i dialysvätskan.

Det höga endotoxin-innehållet i dialysvätskan spårades till kranvattnet, vilket hade använts vid preparering av dialysvätskan.



Figur 2.11. Det fanns ett samband mellan feberattackerna hos dialyspatienter på en privat klinik i Washington D. C., 1974, och endotoxinkontaminering av dialysvätskan som i sin tur var preparerad av kranvattnet. De förhöjda halterna av endotoxin i kranvattnet förklarades med en massutveckling av växtplankton i dricksvattentäkten. Tage Brännström och Ingalill Persson (bilden) hör dock inte till dialyskliniken i Washington D.C. utan till Hässleholms sjukhus. Foto: Kim Johansen.

Undersökningen fortsatte på vattenverket i syfte att hitta någon förklaring till de höga endotoxinhalterna i kranvattnet. Det visade sig att sommaren 1974 hade varit exceptionellt torr med mycket låga flöden i Potomac River från vilken råvattnet togs. De låga flödena sammanföll med en ökning av mängden växtplankton i floden. Den ovanligt höga algmängden under juli-augusti sammanföll med feberattackerna hos dialyspatienterna. Endotoxin är kända som feberframkallande substanser, kapabla att producera otvetydiga feberreaktioner efter intravenösa doser på 1 ng/kg kroppsvikt (Greisman et al., 1973).

2.2.4. Feberattacker efter inandning av vattenånga

2.2.4.1. Rapporterade fall i Finland och Sverige

1975-1980 förekom en gåtfull febersjukdom i Hässleholmstrakten, Malmö-Lunda området samt i industrisamhället Linnavuori, Finland. En likartad sjukdomsbild har beskrivits från de olika platserna. Gemensamt för de drabbade är att sjukdomen har brutit ut några timmar efter att patienten andats in vattenånga.

Oförklarlig badrumssjuka Ingen anledning till panik

– Det finns ingen som helst anledning till panik, säger hälsovårdsinspektör Charles Wadbro om den mystiska "badrumssjuka" som nu tycks ha drabbat Hässleholm.

Hittills känner man till åtta fall där personer fått en kortvarig influensaliknande febersjukdom efter att ha kommit i långvarig beröring, exempelvis vid bad, med vatten från det kommunala vattenledningsnätet.

Nu vill hälsovårdskontoret väldigt gärna komma i kontakt med andra som eventuellt har märkt samma symptom. Detta för att kunna göra en så noggrann kartläggning som möjligt, eftersom man ännu inte vet vad som orsakar den märkliga sjukdomen.

För ungefär ett år sedan hemsökte en liknande sjukdom Malmö och Lund. Trots omfattande undersökningar kom man aldrig på orsakerna. Nu ser det alltså ut som om samma sjukdom drabbat Hässleholm. Symptomen är exakt de samma. Efter badrumsbesöket uppträder, redan efter några timmar, frossa som sedan övergår i hög feber – 39–40 grader. Med febern kommer också hosta, och i vissa fall värk i lederna. Symptomen påminner alltså starkt om influensa, men skillnaden är bara att "badrumssjukan" har ett betydligt snabbare sjukdomsförlopp. Redan efter ett dygn är symptomen i stort sett borta.

Vattenprover har tagits vid den kommunala vattentäkten i Hässleholm, och de undersöks nu vid infektionskliniken i Lund av läkarna Karin Ganrot-Norlin och Ingrid Atterholm.

– Det lär dröja innan vi kan lämna några besked, säger Ingrid Atterholm till Norra Skåne.

– Om vi kan lämna några alls. Vi har ännu inte kunnat klargöra orsakerna till sjukan i Malmö och Lund.

En teori är att det kan förekomma vissa kemiska reaktioner i vattnet, som då en del, överkänsliga, personer skulle reagera på.

Några fel på vattnets kvalitet ska det i alla fall inte behöva vara, framhåller man från gatukontoret.

Där har man varit i kontakt med infektionskliniken i Lund för att diskutera eventuella förändringar i vattendistributionen. Några sådana ansågs emellertid inte nödvändiga. De prover som är

gjorda visar att vattnet i Hässleholm är av god kvalitet och uppfyller alla krav som kan ställas.

På infektionskliniken tror man inte heller det är någon risk för spridning av sjukdomen.

– Bara de som vet med sig att de är särskilt känsliga bör avstå från bad den närmaste tiden.

Man räknar också med att den mystiska sjukdomen försvinner ganska snabbt. I Malmö och Lund försvann den lika snabbt som den dök upp. I Hässleholm är dock de åtta fall man känner till spridda över en relativt lång period. Från november förra året och fram till nu.

Det finns också, enligt vad NSk erfarit, personer i Hässleholm som fått ungefär samma symptom efter att ha badat i badhuset.

– Jag tror inte där finns något samband, säger Charles Wadbro.

– I de fallen kan det vara överkänslighet mot klor.

Norra Skåne 77-04-01

Figur 2.12. Det var inget aprilskämt att vissa hässleholmare fick feber efter långvarig vistelse i badrummet. Artikeln fanns i Hässleholms lokaltidning, Norra Skåne, 77-04-01.

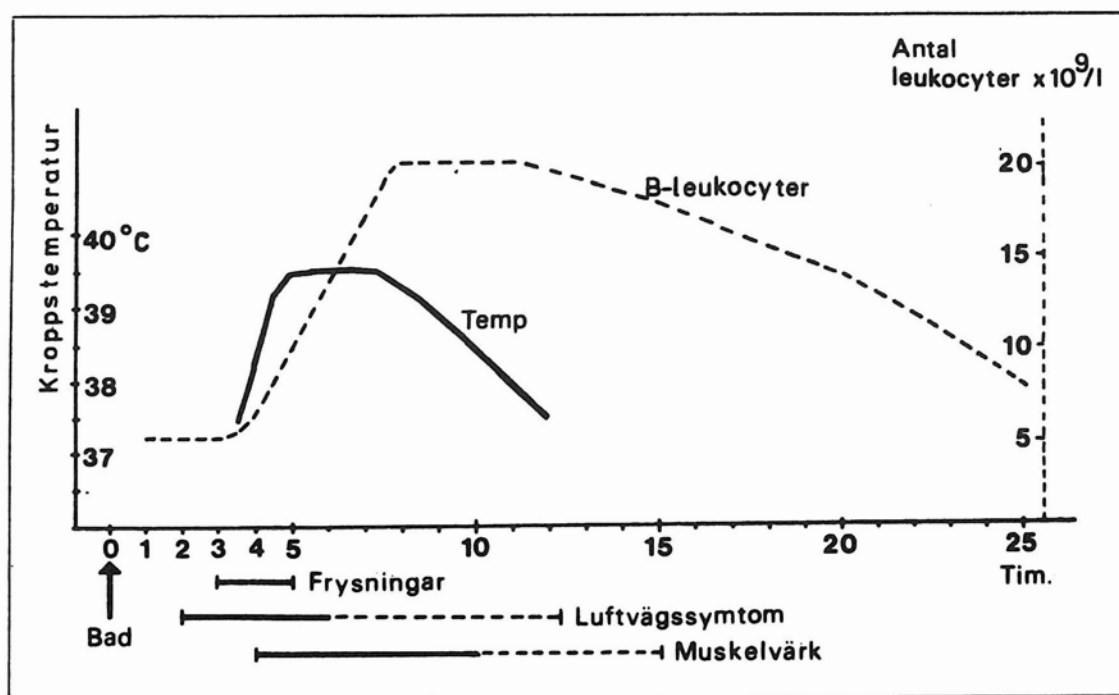
Symptomen uppträdde några timmar efter varmbad i kar, efter dusch eller efter vistelse i ett badrum där badkaret var fyllt med varmvatten. Mellan 1,5 och 6 timmar efter badet fick patienterna intensiva frysningar under 1-2 timmar vilka följdes av feber. Rethosta, led- och muskelsvärk, huvudvärk, trötthet och sjukdomskänsla var symptom som förekom i samband med febern. (Atterholm et al, 1978; , Muittari et al, 1980a).

Insjuknanden i feber efter bad rapporterades i Sverige redan 1950 och sedan dess har badfebern rapporterats från 22 svenska orter av vilka de flesta finns i Skåne.

Malmö-Lunda området. Under vintern 1975-76, framför allt under januari-februari, undersöktes 56 patienter vid infektionskliniken i Lund. Samtliga hade ådragit sig feberattacker i samband med varmbad. Efter dessa utbrott slutade åtskilliga av de drabbade att bada karbad för gott. Av de som fortsatt bada rapporterade 17 personer (där samtliga hade mer än en attack) återfall under vintern 1979-1980. (Atterholm et al., 1978, Atterholm pers. medd.).

Hässleholm. Vintern 1976-1977 rapporterades ett trettiotal fall av den gåtfulla badfebern från Hässleholm. Enligt lokaltidningen Norra Skåne hade dessutom personer som badat på Hässleholms badhus drabbats av samma symptom. 1979 rapporterades återfall av en person ((Atterholm et al., 1978, Atterholm pers. medd.).

Linnavuori. I augusti 1978 utbröt en badfeberepidemi i det lilla finska industrisamhället. Av en befolkning på 1000 personer rapporterades ett hundratal ha drabbats av badfeber i samband med bastu, dusch eller varmbad. Härifrån rapporterades även insjuknanden efter disk och klädttvätt (Muittari et al, 1980a).



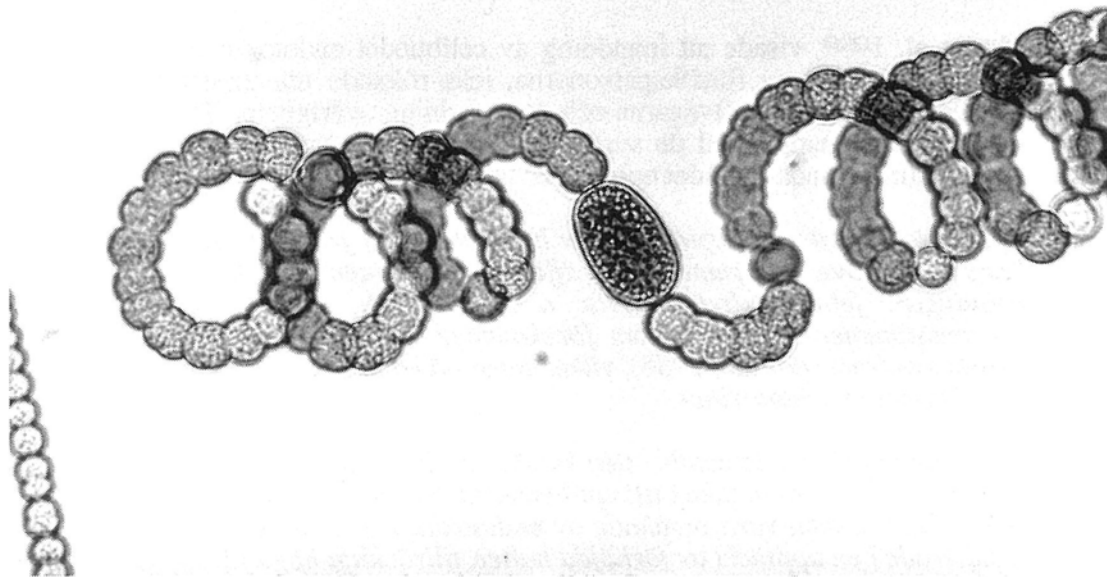
Figur 2.13. Typisk symptombild vid feberattack efter bad. Källa: Atterholm et al, 1978.

I de drabbade områdena upptäcktes ett samband mellan kranvattnet från det kommunala reningsverket och sjukdomen. På samtliga orter startades undersökningar i syfte att finna en orsak i kranvattnet. Men trots intensiva undersökningar av vattnet kunde gåtan med den mystiska badfebern inte lösas. Förekomst av termofila bakterier, mykobakterier och svamp kunde ej påvisas i det sjukdomsframkallande kranvattnet. Gemensamt för samtliga drabbade orter är att symptomen endast har framträtt i samband med användning av hett vatten men inte med kallt vatten. Symptomen ansågs ha orsakats av inandning av någon substans i vattnet eftersom bad med gasmask inte gav några symptom.

Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

Gemensamt för de drabbade orterna var att deras kranvatten ursprungligen togs från ytvattentäkter.

I rapporten om badfebern i Linnavuori omnämns att vattnet i råvattentäkten, en liten grund sjö, i augusti 1978 plötsligt hade blivit blågrönt och utvecklat en unken lukt. En undersökning har visat att sjövattnet blommade av *Anabaena sp.* Sjövattnets förändring till blågrönt i augusti sammanföll med de första utbrotten av badvattenfebern. Efter snabbfiltreringen klorerades vattnet innan det distribuerades till konsumenterna.



Figur 2.14. *Anabaena spiroides* var. *crassa* från Östra Ringsjön, 1991. Badfeberutbrotten i Linnavuori, Finland, sammanföll med en plötsligt uppkommen massutveckling av blågrönalgen *Anabaena sp.* Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

Badfeberpatienterna i Malmö-Lunda området använde kranvatten som kom från Vombsjön. Vid tiden för sjukdomsutbrotten förekom kraftig algbloomning i Vombsjön, sensommar och höst, vilken dominerades av den potentiellt toxiska blågrönalgen *Oscillatoria agardhii* (Gertrud Cronberg, pers. medd.).

Det sker en fördröjning på cirka två-tre månader innan det vatten som tas in i Vombverket från sjön skickas ut till dricksvattenkonsumenterna. Sjövattnet filtreras genom ett 45 μm filter och infiltreras genom ett sand- och gruslager. Det tas sedan upp som artificiellt grundvatten innan det kloreras och skickas ut till konsumenterna.

Hässleholms råvattentäkt Finjasjön är, liksom Vombsjön, en näringsrik sjö med årligen återkommande blågrönalgbloomningar. Vid tiden för badvattenfebern dominerades Finjasjöns algbloomningar av *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis aeruginosa* och *Microcystis viridis* (Gertrud Cronberg, pers. medd.). Ytvatten från Finjasjön filtreras genom ett 55 μm filter och ett snabbfilter innan det infiltreras genom en 30 meter hög grusås. Infiltrationen tar cirka en månad innan det pumpas upp som artificiellt grundvatten och skickas ut på nätet.

I samband med badvattenfebern i Hässleholm togs diverse analyser på dricksvattnet. Några dokument om dessa analysresultat har, trots intensivt letande, inte gått att finna. Förre laboratoriechefen Mats Lindh och miljö- och hälsoskyddschefen Charles Wadbro minns dock att man misstänkte förekomst av gramnegativa bakterier som orsak till badvattenfebern. Enligt Lindh och Wadbro togs det prov men man fann emellertid inga mängder av gramnegativa bakterier som kunde förklara epidemin.

Förutom från Hässleholm och Malmö-Lunda området har ett tiotal fall av badfeber 1969-1973 rapporterats från Helsingborg och Landskrona. Under den perioden fick dessa städer sitt dricksvatten från Ringsjön. I början av 1970-talet förekom årliga blå-

Heléne Annadotter: Algtoxiner i dricksvatten.

grönalgbloomingar i Ringsjön som dominerades av *Microcystis aeruginosa* och *Aphanizomenon sp.* (Cronberg, 1983) och som vid den tiden misstänktes vara orsak till att betesdjur dog efter att ha druckit av vattnet i Östra Ringsjön under algbloomingperioden (Willén, 1981).

I Finland utfördes en uppföljande studie (Muittari et al, 1980b) som analyserade endotoxininnehållet i kranvattnet hos de familjer i Linnavuori som hade insjuknat. Kranvatten från en närliggande stad, Nokia, användes som kontroll. Koncentrationen av endotoxin i Nokia-vattnet var 0.04 µg/ml medan halterna i kranvattnet och sjövattnet i Linnavuori varierade mellan 0.2-1.0 µg/ml. Enligt resultat från undersökningar där försökspersoner inandats rent endotoxin (Rylander et al., 1989) torde denna koncentration vara tillräcklig för att framkalla de observerade symptomen. Den sänkning av diffusionskapaciteten som Muittari et al observerade, och som tyder på att en toxisk alveolit utvecklats har senare påvisats efter en akut inandning av endotoxiner (Herbert et al., 1992).

Rylander et al, 1989, visade att inandning av cellbundet endotoxin orsakade feberreaktioner hos majoriteten av försökspersonerna, icke-rökande univeristetsstudenter. 52% rapporterade irritation i luftvägarna och 44% andningssvårigheter. De rapporterade symptomen överensstämmer med de symptom som förknippas med badvattenfebern i Hässleholm, Malmö-Lunda området och Linnavuori.

- * *Vi har dokumenterade epidemier av badvattenfeber från tre olika platser. Det finns en god överensstämmelse beträffande symptomen vilka har beskrivits som fryningar, feber, luftvägsbesvär och led- och muskelvärk. Symptomen överensstämmer med dem som förekommer vid så kallad organiskt damm toxiskt syndrom (doPico, 1986), vilket beror på en toxisk alveolit och förorsakas bland annat av endotoxiner.*
- * *I samband med sjukdomsutbrotten kunde inte berörda läkare och hälsoskyddsmyndigheter påvisa orsaken till epidemierna. Symptomen misstänktes dock i det finska fallet kunna vara orsakade av endotoxin. Detta undersöktes därför och resulterade i en upptäckt av förhöjda halter, tillräckligt höga för att kunna ge de beskrivna symptomen.*
- * *Blågröna alger har visats producera lipopolysackarid endotoxin (Stainer och Cohen-Bazire, 1977; Weckesser et al., 1979; Keleti och Sykora, 1982) vars kemiska och biologiska karakteristika överensstämmer med bakteriellt lipopolysackarid endotoxin, Raziuddin et al, 1983, och inandning av lipopolysackarid endotoxin hos människor har visats ge de symptom som beskrivs som badvattenfeber (Muittari et al, 1980b; Rylander et al, 1989). Fältundersökningar i USA har visat god korrelation mellan endotoxinhalt och algkoncentration i ytvatten, Carmichael, 1981.*
- * *Det faktum att inte bara gramnegativa bakterier utan även blågröna alger producerar endotoxin bör beaktas i framtida utredningar om nya badfeberutbrott skulle förekomma. Det är dock ett faktum att råvattentäkterna till samtliga drabbade samhällen, Vombsjön, Finjasjön och Järvenjärvi i Linnavuori var utpräglade blågrönalgsjöar.*
- * *Epidemierna har uppträtt säsongsmässigt och det finns ett starkt direkt eller indirekt samband mellan rapporterade badvattenfeberutbrott och alg-blooming.*
- * *I det fall att nya utbrott av oförklarlig badvattenfeber skulle förekomma rekommenderas att inblandade läkare och miljö- och hälsoskyddsmyndigheter på ett tidigt stadium tar ut prov på kranvatten och råvatten för analys av lipopolysackarid endotoxin, gramnegativa bakterier och blågrönalger samt även noterar dricksattenreservoarens status med avseende på blågrönalginnehåll.*

2.2.5. Giftalgekatastrofen i Australien 1991

Övergödning av vattendrag i kombination med torra orsakade november 1991 i Australien världens hittills allvarligaste giftalgekatastrof. En stor del av Australiens viktigaste flodsystem, floden Darling med bifloder, förklarades som katastrofområde. Värst drabbat var delstaten New South Wales, Australiens folkrikaste stat, men även de angränsande staterna Queensland och South Australia invaderades av *Anabaena circinalis* som producerade både levergifter och nervgifter. En mer än 140 mil lång sträcka av floden Darling drabbades av omfattande toxisk blågrönalgblooming och på kort tid spred sig giftalger till bifloder, sjöar och dammar.

Invånare i samhällen längs Darlingfloden och dess biflod Barwon drabbades av magtarmkatarrar och hudirritationer, symptom som ansågs orsakade av giftalger.

En speciell fond för naturkatastrofer bidrog med hälften av kostnaderna för aktivt kol filter till de drabbade kommunernas vattenverk. En omfattande brunnsborring startades längs floden så att boskapen skulle kunna få dricksvatten. En del av boskapen hade dock redan hunnit dö av giftalger innan detta kom igång.

Trots att jordbrukare lovades statliga krediter för att installera nya filter i sina vattenledningar fanns det desperata lantbrukare som inte hade råd att ta det lån på 500 dollar (=1850 SEK) som det kostade att rena sitt vatten. De tvingades, trots vetskapen om hälsoriskerna, att konsumera det alginfektade flodvattnet.

Armén sattes in för att transportera rent vatten till de mest isolerade katastrofområdena. (The Advertiser, 2 dec, 1991; The Sydney Morning Herald, 3 dec, 1991).

The Advertiser

No. 4137 38 pages Adelaide, Monday, December 2, 1991 69 cents Price

The Sydney Morning Herald

Tuesday, December 3, 1991

Algae fear: Towns face evacuation

ATFORD: Australian towns face the prospect of evacuation if a toxic blue-green algal bloom spreads to the Darling River, the state's most important water source.

AUSTRALIA'S WATER CRISIS

The state government has warned that the Darling River, which flows through the heart of the state, could be contaminated by a toxic blue-green algal bloom. The state's most important water source, the Darling River, is the only one of its kind in the world. It is the only river in the world that flows through a desert.

South Australian alert
The state government has warned that the Darling River, which flows through the heart of the state, could be contaminated by a toxic blue-green algal bloom. The state's most important water source, the Darling River, is the only one of its kind in the world. It is the only river in the world that flows through a desert.

3 The Sydney Morning Herald Tuesday, November 26, 1991

Task force formed to tackle toxic algal bloom

ATFORD: A task force has been set up to tackle the problem of a toxic blue-green algal bloom in the Darling River. The task force, which is headed by the state's health minister, will be responsible for coordinating the state's response to the algal bloom. The task force will also be responsible for coordinating the state's response to the algal bloom.

Algae threat among world's worst

ATFORD: The world's most toxic blue-green algal bloom is spreading through the Darling River, the state's most important water source. The algal bloom is the most toxic ever recorded in Australia. It is the most toxic ever recorded in Australia.

River algae blamed for illness

ATFORD: The state government has warned that the Darling River, which flows through the heart of the state, could be contaminated by a toxic blue-green algal bloom. The state's most important water source, the Darling River, is the only one of its kind in the world. It is the only river in the world that flows through a desert.

Figur.2.14. Stora delar av Australien förklarades som katastrofområde på grund av den giftiga blågrönalgbloomingen i floden Darling i november 1991.

3. RENING AV ALGKONTAMINERAT VATTEN

3.1. Reningsförsök i laboratorieskala med intakta algceller

En laboratoriestudie (Tideström och Rennerfelt, 1989) har undersökt reningseffekten av vatten innehållande toxiska, intakta blågrönalgceller där alggiftet ej varit löst i vattnet. De har undersökt effekterna av kemisk fällning och sandfiltrering. Beträffande dessa reningsmetoder fann de att reduktionen av toxiciteten motsvarade minskningen i halten suspenderade partiklar i vattnet.

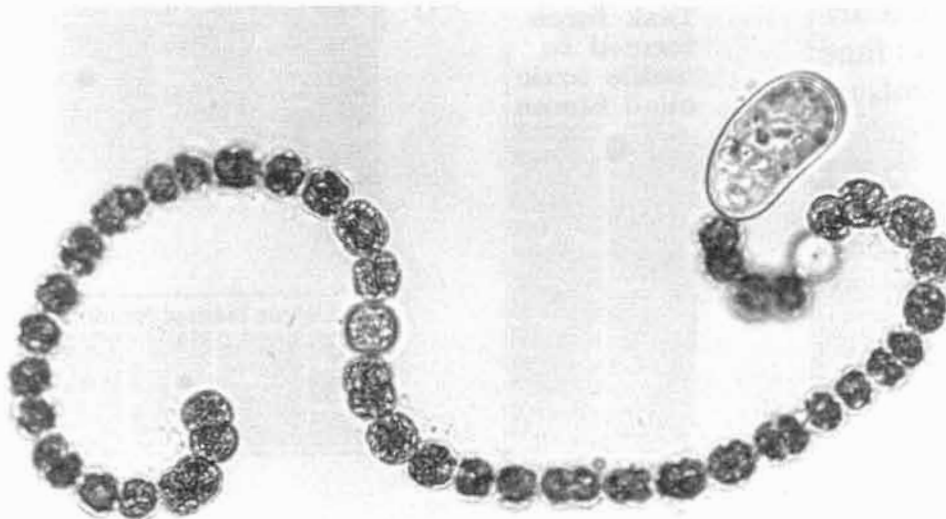
Vid sandfiltrering med spolningsintervall på cirka ett dygn skedde inget påvisbart läckage av cellbundet algtoxin till vattenfasen. Däremot fann de att cellbundet algtoxin, som efter kemisk fällning avskiljs tillsammans med sedimenteringssteget, kan läcka ut i vattnet ifall slammet under två veckors tid ligger kvar i sedimenteringsbassängen.

Tideström och Rennerfelt drog som slutsats av sina laborieförsök att toxiska, intakta algceller kan avlägsnas ur råvatten med konventionell vattenreningsteknik som kemisk fällning och sandfiltrering.

3.2. Reningsförsök med vattenlöst algtoxin

3.2.1. Laboriestudier

En finsk studie, Kejjola et al., 1988, har i laborief- och pilotskala undersökt olika vattenreningprocessers förmåga att eliminera vattenlöst blågrönalgtoxin.



Figur 3.1. *Anabaena flos-aquae* från Vombsjön. Neurotoxin från denna art absorberades till 96% i laborieförsök med aktivt kol men däremot inte alls med konventionella reningsmetoder som flockning, snabbfiltrering och klorering. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

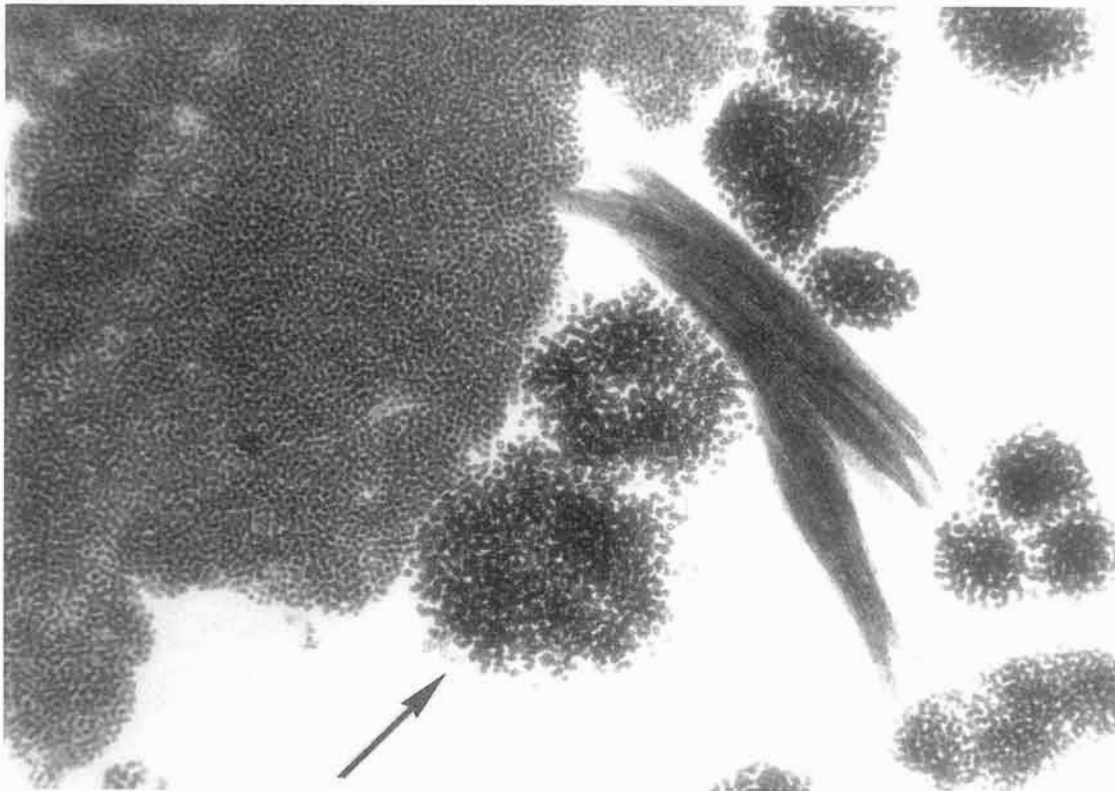
Effektiviteten i algtoxinreducering med de ytvattenreningsprocesser som tillämpas i Finland undersöktes i laboratorieskala. Följande reningstekniker undersöktes:

- * Flockning med aluminiumsulfat samt järnklorid
- * Snabbfiltrering (genom sand)
- * Klorering
- * Ozonbehandling
- * Aktivt kolfiltrering

Laboratorieförsöken visade att konventionella reningsprocesser som flockning, snabbfiltrering och klorering inte eliminerade de vattenlösta algtoxinerna. I studien användes levertoxin från *Microcystis aeruginosa* och *Oscillatoria agardhii* samt neurotoxin från *Anabaena flos-aquae*.

Däremot eliminerades toxinerna effektivt med aktivt kol. Det skedde en fullständig reduktion av levertoxinerna medan neurotoxinet reducerades med cirka 95%. Ozonbehandling med en dos på 1.0 mg O₃/l visades också eliminera algtoxinerna effektivt. 100% av levertoxinerna eliminerades och 96% av neurotoxinet. Försök med lägre ozondoser gav lägre grad av reduktion.

Klorering, utan kombination med aktivt kolfiltrering eller ozonbehandling, orsakade, vid doser av 1 mg/l, lysering av toxiska algceller vilket medförde att algtoxinerna löstes i vattnet. (Lahti och Hiisvirta, 1992).



Figur 3.2. *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* och *Aphanizomenon flos-aquae*. Levertoxin från *Microcystis aeruginosa* (markerad med pil) absorberades till 100% med aktivt kol i en laboratoriestudie. Konventionell vattenrening som flockning, snabbfiltrering och klorering eliminerade däremot inte toxinet. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

En annan laboratoriestudie (Hoffmann, 1976) kom fram till liknande resultat som den finska, nämligen att konventionella vattenreningsprocesser som flockning, snabbfiltrering och klorering inte kunde eliminera vattenlösta algtoxin.

Han undersökte också eliminerings-effekten med olika mängd aktivt kol. Först vid en koncentration av 800 mg aktivt kol/l skedde en påtaglig eliminering av en toxinmängd på 8 mg/l.

3.2.2. Undersökning i pilotskala

Studier i pilotskala bekräftade resultaten från laboratorieförsöken (Keijola et al., 1988). Toxin-koncentrationen var 15 µg toxin/l före reningsstegen. Inte heller i denna undersökning skedde någon eliminering av algtoxiner med konventionella vattenreningsprocesser.

Med en dos av aktivt kol på 20 mg/l eliminerades 90% av algtoxinerna. Doser på 100 och 200 mg aktivt kol/l eliminerade toxinet fullständigt.

Ozonbehandling (1-1,5 mg O₃/l) eliminerade algtoxinerna med 90%.

3.2.3. Experiment med långsamfilter

Vatten med lösta algtoxiner fick perkolera genom sandfilter (diameter 14 cm, höjd 24 cm) fyllda med sand från ett långsamfilter i drift. (Keijola et al., 1988). Förekomst av mikrobiologisk biofilm bekräftades genom mikroskopisk undersökning. Vattennivån ovanför filterna var cirka 15 cm och filtreringshastigheten 8,5 cm/h. Reduktionen av algtoxinerna varierade mellan 29% (Oscillatoriatoxin) och 86% (Microcystistoxin). Det skedde således en viss reduktion av vattenlösta blågrönalgtoxiner under långsamfiltreringen. Forskargruppen kommenterade sina resultat med följande:

Denna metod är dock osäker eftersom olika filter har olika biofilmer och således varierar deras förmåga att eliminera toxin. Ytterligare undersökningar med långsamfilter och längre filtreringstider är nödvändiga innan slutsatser kan dras beträffande biologiska filters effektivitet för algtoxineliminering.



Figur 3.3. En infiltrationsdamm på Galgbackens vattenverk i Hässleholm. För att få en uppfattning om vattenlösta algtoxiner bryts ner i långsamfilter utförde finska forskare perkolationsstudier med 24 cm höga sandfilter. Trots att de uppmätte en viss reduktion ansåg de att man behövde studera algtoxiners nedbrytning genom långsamfilter i drift innan man kunde dra slutgiltiga slutsatser om biologiska filters effektivitet i det här avseendet. Foto: Kim Johansen.

3.3. Reningseffekter för alger och algtoxiner med direktfiltrering

3.3.1. En studie vid ett vattenverk i Norge

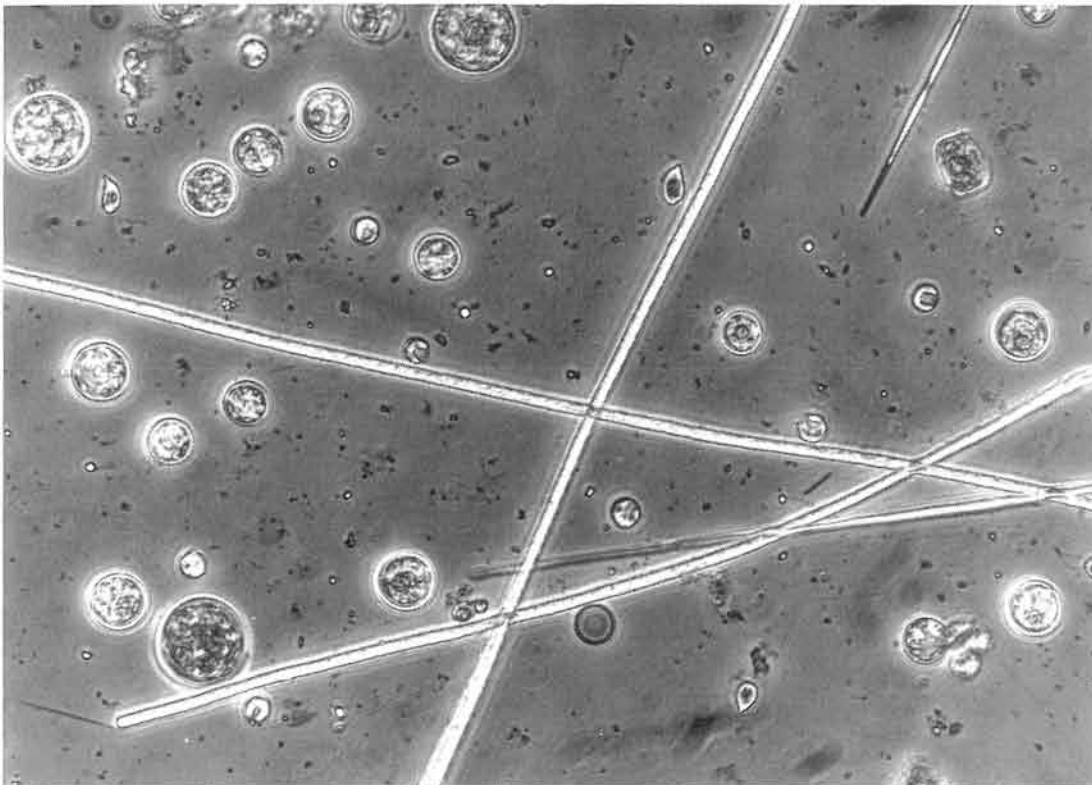
Akersvannet, en mycket näringsrik sjö i sydöstra Norge, används som reservvattentäkt till Vestfold interkommunale vannverk. Följande undersökning utfördes i augusti 1986 i syfte att mäta reningseffekten avseende algceller och algtoxin (Ohren, 1986). När studien utfördes användes inte Akersvannet som vattentäkt (vattenverkschef Sverre Mollatt, pers. medd.) och det renade vattnet distribuerades inte till dricksvattenkonsumenterna.

Periodvis har stora mängder av den toxiska blågrönalgen *Microcystis aeruginosa* förekommit i Akersvannet. Vattenintaget i sjön ligger på sju meters djup, cirka 1,5 meter över botten. Reningsprocessen i vattenverket är en två-media direktfiltrering med sand och antracit. Under försöket användes aluminiumsulfat och Magnafloc LT-20 som huvud- respektive hjälpkoagulant. Vidare användes koldioxid för justering av pH till optimala flockningsbetingelser. Reningseffekten avseende klorofyll a, ett indirekt mått på algmängden, var som bäst 98% och som sämst 88%. Den högsta klorofyll a halt som uppmättes i det filtrerade vattnet var 1,8 µg/l. Reningsprocessen med avseende på innehåll av *Microcystis aeruginosa* mättes i antal microcystisceller/l. I detta avseende varierade reningseffekten mellan 99,95% (9 celler/ml) och 97,5% (270 celler/ml).

Innehållet av levertoxinet *microcystin-a* varierade i det filtrerade vattnet mellan 0,3 och 1,3 µg/l vilket innebar en reningseffekt på 93-98%.

I denna studie var toxinet som passerade reningprocessen till en viss del löst i vattnet. Artikelförfattaren menade att direktfiltreringen utsätter algerna för starka, fysiska påfrestningar. Men: "Om toxinet är upplöst i vattnet innan det når filtret eller om påfrestningarna från filtermediet i någon grad bidrar till att frigöra toxinet medan algerna ackumuleras i filtermediet är inte undersökt" (citat Ohren).

Trots en minst 93% rening av blågrönalggiftet kunde giftmängder i det renade vattnet uppgå till 1,3 µg/l. Dödlig dos av microcystin-a är 50 µg/kg kroppsvikt. Det innebär att den giftmängd som fanns i 0,8 liter av det renade vattnet var dödlig dos för en 20 grams mus.



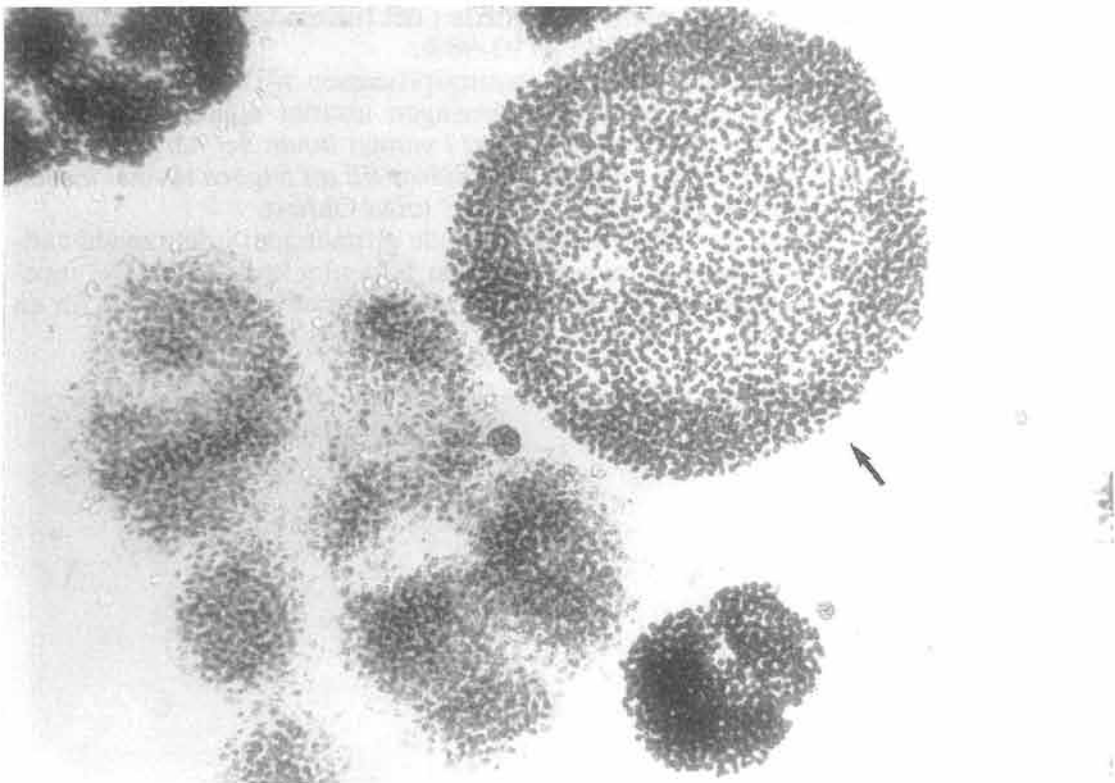
Figur 3.4. *Oscillatoria agardhii*, en blågrönalg som bildar trådformiga kolonier. Trådarna är 5,5 µm breda och tenderar, liksom andra trådformiga alger, att lägga sig i strömningsriktningen i vattenledningar. Av den anledningen kan de lätt slinka igenom en mikrosil med 45 µm stora maskor. Foto: Gertrud Cronberg.

3.4. Undersökning av algförekomst i fyra finska vattenverk

Denna undersökning utfördes 1991 av Liisa Lepistö, Kirsti Lahti och Jorma Niemi vid Vatten- och Miljöstyrelsen, Finland, samt Michael Färdig vid Mikrobiologiska institutionen, Helsingfors universitet. Arbetet presenterades vid XIIth International Symposium on Cyanophyte Research som hölls i Sjöarp, Blekinge, augusti 1992. En sammanfattning av studien finns publicerad i symposiets abstraktsamling.

Olika vattenreningsprocessers effektivitet avseende algreduktion undersöktes i fyra finska vattenverk sommaren och hösten 1991. De använda vattenreningsprocesserna var antingen snabbfiltrering och desinficering eller flockning, snabbfiltrering och desinficering. Aktivt kolfiltrering användes i tre av de fyra vattenverken.

Reduktionen av totala algiomassan varierade från 78% till 99,9% medan reduktionen av blågrönalgiomassan under samma period varierade mellan 12% och 99,9%. Förekomsten av små blågrönalgceller var större i det behandlade vattnet än i råvattnet. De flesta av dessa härstammade från söndertrasade blågrönalgekolonier. De trådformiga *Oscillatoria agardhii* passerade också lätt genom vattenreningsprocessen.



Figur 3.5. Kolonier av *Microcystis flos-aquae* (utmärkt med pil) och *Microcystis aeruginosa*. Förekomsten av enskilda blågrönalgceller var större i det behandlade vattnet än i råvattnet beroende på att kolonierna trasades sönder i vattenreningsprocessen. De enskilda cellerna av *Microcystis aeruginosa* är 5 μm i diameter och kan, liksom *Oscillatoria*-kolonier, passera en 45 μm mikosil. Mikrofoto: Gertrud Cronberg.

4. UNDERSÖKNING AV GIFTALGER I VATTENVERK

4.1. Hässleholms vattenverk

4.1.1. Giftiga blågrönalger i dricksvattentäkten

En artikel i tidningen Ny Teknik (1987:6) berättade om hur svenska internatskollelever blivit sjuka av sitt dricksvatten. Deras symptom; magont, huvudvärk, synrubbingar och klåda efter dusch sattes i samband med förekomst av blågrönalger i dricksvattnet. Av tre förekommande blågrönalgararter misstänktes *Aphanizomenon flos-aquae* vara orsaken till skolelevernas besvär. Denna blågrönalg kan nämligen producera nervgifter, *aphantoxin*. Dödlig dos av ett aphantoxin, *saxitoxinet*, är 9 µg/kg kroppsvikt, och lägre än dödlig dos av kobratoxin som är 20 µg/kg kroppsvikt.

ny teknik • teknisk tidskrift 1987:6

Efter förgiftningen på Säbyholmsskolan

Nu kräver forskarna obligatoriska algtest

Nu kräver forskare obligatoriska algtest av dricksvatten som tas från blommande sjöar och dammar.

Anledningen är en ökning av de mycket farliga gifter blågröna alger kan producera. Och de har ökat under senare år. Ett exempel på människor som drabbats är eleverna på Säbyholm. De blev sjuka av sitt dricksvatten.

Hela hösten 1986 kände sig internateleverna på trädgårdsskolan i Säbyholm norr om Stockholm dåliga. De hade ont i magen, huvudvärk och kände sig oförklarligt trötta. Några drabbades av synrubbingar, en del flickor fick menstruationsrubbingar. Många besvärades av hudutslag, som klådde intensivt efter duschen.

Eleverna misstänkte kranvattent som togs direkt från Mälaren och bara silades genom ett sandfilter. Skolskötarskan var av samma mening. Hon hade sett samma sjukdomssymptom hos tidigare

elever. Rektorn ville ge andra förklaringar än i det längsta.

Smutsigt vatten

Men algforskaren och i f professor i limnologi, Torbjörn Willén, gav eleverna rätt. Han analyserade vattnet och såg att det var mycket smutsigt och kryllade av ohälsosamma organismer.

Bland annat fann han tre arter blågröna alger.

Hade eleverna drabbats av algförgiftning? Många av deras symptom stämde med kända förgiftningsfall.

Misstanken finns, men den går förmodligen aldrig att leda i bevis. När vattenproverna togs i december förra året, var den eventuella giftsången över. Det fanns alger i vattnet men inga alggifter. De blodprover som togs på en del elever och skolpersonal visade heller inget onormalt. Torbjörn Willén pekar också på den rikliga förekomsten av en kiselalg i vattnet. Den kan vara orsak till en del av elevernas besvär.

Dålig rening

Att det fanns blågröna alger i vattnet visade att Säbyholmssko-

lans vattenrening var dålig. (Idag tar skolan vatten från annat håll.) En normal rening med sandfilter och aluminiumfällning ska utstänga alger.

Men själva alggiftet går inte att filtrera bort på vanligt sätt. Till det behövs ett så kallat aktivt kolfilter.

Detta oroar forskarna. Kolfilter finns nämligen inte ens vid alla större vattenverk.

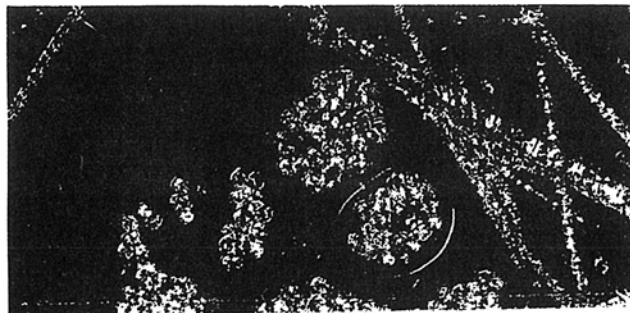
Torbjörn Willén vill inte slå på storlarmet.

De stora vattenverken tar sitt vatten på djup, där alger inte finns. Men när man en

Blågröna alger

extremt farliga

**Värre än
kobragift**



Figur 4.1. En artikel om algförgiftning skapade oro på Hässleholms gatukontor eftersom man visste att det fanns blågröna alger i råvattentäkten. Artikeln fanns i Ny Teknik 1987:6.

Artikeln i Ny Teknik lästes med stort intresse av bland andra Bo Örtenberg och Percy Petersson som då var gatuchef respektive driftschef vid Hässleholms gatukontor. Artikeln gjorde dem rejält oroliga. Blågrönalgblooming var nämligen inte bara ett problem som förekom i Mälaren. Sedan början av 1980-talet var Hässleholms gatukontor engagerat i ett sjörestaureringsprojekt i syfte att få bort blågrönalgbloomingen i kommunens största sjö, Finjasjön. Ett algprov från Finjasjön som 1983 av Hässleholms Miljö- och Hälso- och sjukvårdskontor skickats till Norsk institutt for vannforskning, NIVA, hade dessutom varit svagt toxiskt.

Finjasjön är dricksvattenreservoar till Galgbackens vattenverk i Hässleholm. Förutom sjövattnet utgörs råvattnet även av grundvatten från Vinslövslätten. Både sjövattnet och grundvattnet renas med konstgjord infiltration genom en grusås under cirka en månad. Sedan 1950-talet har Finjasjön drabbats av årliga blågrönalgbloomingar som har tilltagit i omfattning fram till 1980-talet.

Sommaren 1987 var Finjasjöns ytvatten ånyo grönt av blågröna alger. Hässleholms kommun lät då skicka in algprov till Statens Veterinärmedicinska Anstalt för att få algerna undersökta med avseende på toxicitet. Tre prov, från juli, augusti och september, var samtliga levertoxiska och bestod till nära 100% av blågrönalgsläktet *Microcystis*.



Figur 4.2. 1987 blev det förbjudet att bada i Hässleholms dricksvattentäkt Finjasjön. Däremot fortsatte man att ta sitt dricksvatten därifrån under de perioder då algbloomingen inte var så kraftig. Men under dessa perioder kunde algerna trots allt vara giftiga. Foto: *Heléne Annadotter*.

Följande år, 1988, fortsatte man från kommunalt håll att skicka in algprov för giftanalys. Två prov, från maj och juni, var levertoxiska medan två prov, från juli och augusti, inte var giftiga.

Vattenintaget till Galgbackens vattenverk är placerat i Almaån, cirka 1,5 kilometer nedströms sjöns utlopp. Eftersom sjöns ytvatten flyter ut i ån innehåller åvattnet avsevärda algmängder. På högsommaren, när halten av alger är som högst, stoppas råvattenintaget i Almaån av tekniska skäl. Den stora mängden alger sätter nämligen igen filterna i vattenverket.

1987 stoppades vattenintaget från Almaån den 22:e juli och 1988 den tredje juni. En jämförelse med datumen från algprovtagningarna visar att det både under 1987 och 1988 togs in råvatten från Finjasjön under en period då alger innehöll levergift.

4.1.2. Badförbud i Hässleholms dricksvattentäkt

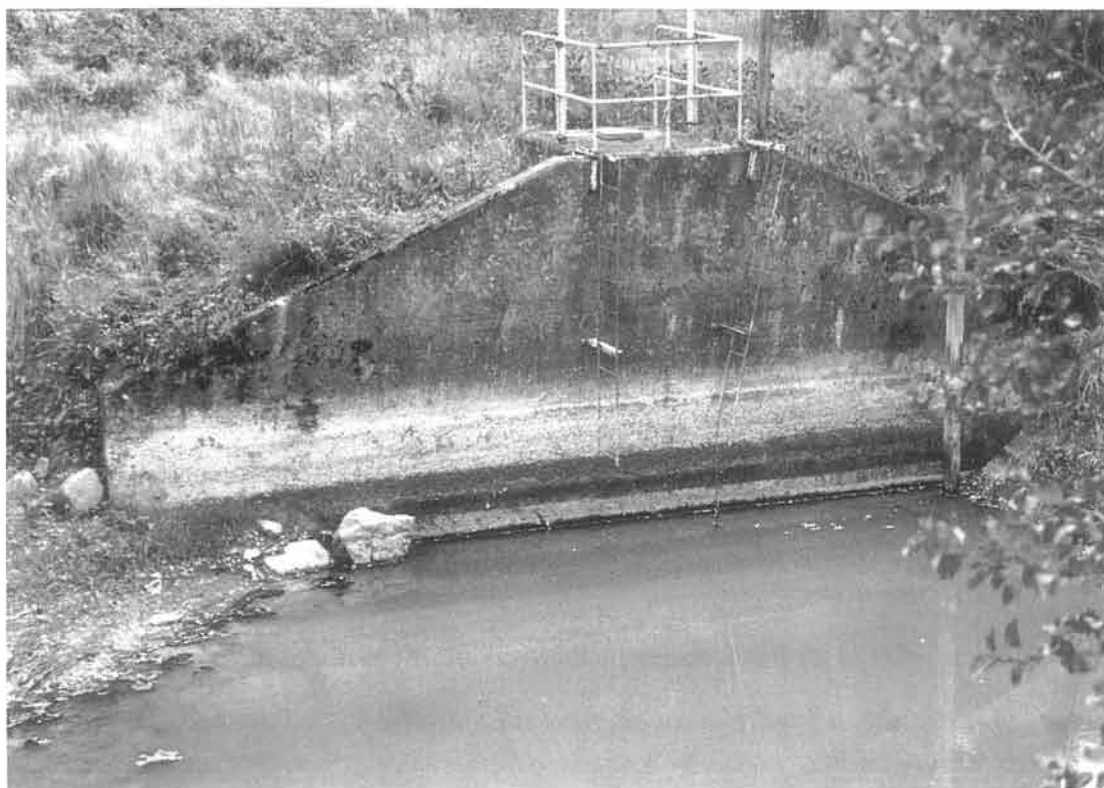
Badförbud utfärdades i Finjasjön då alger 1987 visades innehålla levergift. Det blev alltså förbjudet att bada i det råvattnet som man producerade dricksvatten av.

För att få perspektiv på situationen utfördes en litteraturstudie i ämnet algtoxiner och vattenrening. Den brännande frågan var huruvida dessa toxiner försvinner under vattenreningsprocessen. Man fann då följande:

Vad som händer då dricksvatten bereds av råvatten innehållande toxiska blågrönalger var tidigare inte undersökt i ett vattenverk i drift. Några undersökningar i laboratorie-

och pilotskala hade emellertid utförts av finska, svenska och sydafrikanska forskare. Deras resultat visade att vattenreningsprocesser som klorering och flockning inte kunde eliminera vattenlösta alggifter i någon större utsträckning. De fann däremot att behandling med aktivt kol och ozontillsats kunde, som tidigare redovisats, eliminera de vattenlösta alggifterna effektivt. De hade också undersökt huruvida vattenlösta toxiner eliminerades i långsamfilter och funnit att en viss eliminering av vattenlösta toxiner kunde ske. De poängterade dock att olika sandfilter kan ha olika biofilmer och därför en varierande förmåga att eliminera toxiner.

Vid vattenintaget till Galgbackens vattenverk i Hässleholm passerar vattnet genom en mikrosil där det finns en risk att algerna skadas så att deras toxinnehåll töms i vattnet. Samma risk bedömdes kunna föreligga då vattnet silas genom snabbfiltret i vattenverket. 70-80% av algerna uppskattades fångas upp i snabbfiltret men resten fördes vidare till infiltrationsdammarna där de kan massutvecklas under gynnsamma betingelser som värme och sol. De alger som förs vidare till eller bildas i infiltrationsdammarna sedimenterar till botten när de bryts ner och bildar ett lager av döda celler. Här fanns ytterligare en risk för utläckage av algtoxin till vattnet. Vad som sedan händer under infiltrationen genom grusåsen gick ej att förutsäga. Om eventuella algtoxiner bröts ner eller ej under infiltrationen var ovisst.



Figur 4.3. Vattenintaget i Finjasjöns avflöde Almaån, oktober 1992. Det togs dock inte in vatten från Almaån vid fotograferingstillfället. Foto: Kim Johansen.

Det fanns ett antal publicerade studier där sambandet mellan toxiska blågrönalger och ohälsa hos dricksvattenkonsumenter belystes. I sydaustraliska staden Armidale hade forskare påvisat förhöjda leverenzymvärden hos dricksvattenkonsumenter i samband med en toxisk blågrönalgblooming 1981. De förhöjda leverenzymvärdena indikerade toxisk leverskada och forskarna drog slutsatsen att de toxiska algerna i dricksvattenreservoaren var orsaken till konsumenternas försämrade leverstatus. Algbloomingen hade dominerats av *Microcystis aeruginosa*. Samma algart hade även dominerat vid de toxiska blomningarna i Finjasjön 1988. Levertoxiska blågröna alger har också misstänkts vara orsaken till ett utbrott av hepatit på Palm Island i Queensland, Australien, 1979, där 139 barn och 10 vuxna drabbades.

Dessutom studerades ett antal artiklar om mystiska magtarmkatarr epidemier som uppträtt i samband med blågrönalgblooming i dricksvattentäker och där inga bakte-

rieprovn kunnat förklara sjukdomsutbrotten. I kapitel två finns en detaljerad beskrivning av bland annat nämnda sjukdomsutbrott.

Rapporterade algförgiftningar hos människor kombinerat med en generell brist på kunskap om alggifters nedbrytning i vattenreningsprocesser var orsaken till att Hässleholms gatukontor ville undersöka vad som händer i de olika vattenrenings-stegen om råvattnet innehåller toxiska blågrönalger. Undersökningen startades 1989 och följande år, 1990 erhöll Hässleholms gatukontor anslag från VA-Forsk för att fullfölja undersökningen. I VA-FORSK projektet inkluderades även en undersökning av Vombverket och Vombsjön.

4.2. Vombverket

Vombsjön är en näringsrik sjö i södra Skåne som förser Malmö och Lund med flera kommuner med dricksvatten. Sedan 1940-talet har sjön uppvisat årliga blågrönalgbloomingar. Det enda alggiftsprov som tagits i Vombsjön innan denna undersökning togs i juli 1986 av Lunds Miljö- och Hälsoskyddsförvaltning. Mustest visade att provet var toxiskt och graden av toxicitet betecknades med 3+. Detta är den högsta grad av toxicitet som anges vid mustest vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt. 3+ betyder att en mus på 20 g dör inom 180 minuter av en dos frystorkad algmassa på 5 mg.

På uppdrag av VA-Forsk projektet lät docent Gertrud Cronberg utföra en kvantitativ analys av Vombsjöns algsamhälle på ett prov tagit i augusti 1990. Analysen visade på en dominans av potentiellt toxinproducerande blågrönalger. Mot denna bakgrund föreslogs en undersökning av Vombsjön och Vombverket som en parallell undersökning till studien av Finjasjön och Galgbackens vattenverk.

4.3. Frågeställningar

Undersökningarna hoppades kunna ge svar på ett stort antal frågor där följande var de mest centrala:

- * *I vilken utsträckning förekommer giftig algblomning i dricksvattenreservoarerna?*
- * *Varierar förekomsten av de giftiga algerna med djupet?*
- * *Finns det något samband mellan kemiska, biologiska och fysikaliska parametrar och algtoxicitet?*
- * *Hur mycket alger förekommer i vattenverkens olika reningssteg?*
- * *Sker det någon frigörelse av alggiftet till sjövattnet? I vilket skede sker i så fall denna?*
- * *Sker det någon frigörelse av alggift till råvattnet i samband med reningsprocessen?*
- * *Sker det en nedbrytning av vattenlöst alggift i samband med infiltrationsprocessen?*
- * *Kan algceller passera infiltrationsprocessen och spåras i renvattnet?*