



O-91126

# Bærum vannverk

Befaringsundersøkelse  
med tanke på å avdekke årsak til  
LUKT- og SMAKSPROBLEMER

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.: O-91126
Undernummer:
Løpenummer: 2678
Begrenset distribusjon: FRI

Rapportens tittel: <b>BÆRUM VANNVERK</b> Befaringsundersøkelse med tanke på å avdekke årsak til lukt- og smaksproblemer.	Dato: 20.9. 1991
	Faggruppe: Vassdrag
Forfatter (e):  Dag Berge	Geografisk område: Akershus
	Antall sider:      Opplag: 21                      50

Oppdragsgiver: Bærum kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------	----------------------------------

**Ekstrakt:**

Det er foretatt en befaringsundersøkelse ved Bærum Vannverks anlegg ved Aurevatn, samt til innsjøer og elver i nedbørfeltet for om mulig å avdekke årsak til lukt- og smaksproblemer som oppsto i juli-august 1990. Ingen klar årsak er funnet. Rapporten diskuterer de ulike årsaker som kan ha bidratt, hvor særlig vekt er lagt på kilden. Hvis problemene henstammer fra kilden, vil de opptre sjelden, neppe oftere enn en gang hvert 5.-10. år, og da i en periode på et par måneder sommerstid.

4 emneord, norske

1. Drikkevann
2. Lukt- og smaksproblemer
3. Vannkilde
4. Vannbehandling
5. Aurevatn

4 emneord, engelske

1. Drinking water
2. Odour- and taste problems
3. Water reservoir
4. Water treatment
5. Lake Aurevatn

Prosjektleder

*Dag Berge*

For administrasjonen

*Rainer J. Lidtenthaler*

ISBN 82-577-1990-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-91126

**BÆRUM VANNVERK**

**BEFARINGSUNDERSØKELSE MED TANKE PÅ Å AVDEKKE ÅRSÅK TIL  
LUKT- OG SMAKSPROBLEMER**

NIVA Oslo 20/9-91

Saksbehandler: Dag Berge

## FORORD

Rapporten oppsummerer mulige årsaker til lukt- og smaksproblemer som oppstod ved Aurevatn vannverk i Bærum 1990, en antydning om forventet hyppighet av slike fenomener i fremtiden, samt hvilke forholdsregler og tiltak som kan være aktuelle for å kunne håndtere slike episoder i fremtiden.

Den 15. august 1991 ble det foretatt en befaring til vannverket og innsjøene i nedbørfeltet hvor det ble tatt ut diverse prøver på ulike steder til hjelp ved vurderingene. På befaringen inngikk det et diskusjonsmøte med ulike eksperter på lukt-, smak og vannbehandling. Følgende personer deltok:

Dag Norum	Bærum kommune
Kaj Johansen	"
Jens Arne Ohren	Samfunnsteknikk A/S
Hans Utkilen	Folkehelse
Wenche Fonahn	"
May Frøshaug	"
Jan August Myhrstad	Veritas Miljøplan A/S
Dag Berge	NIVA

Bærum kommune ved Dag Norum er oppdragsgiver for undersøkelsen. NIVA ved Dag Berge har hatt ansvar for sammenstilling av vurderingene etter at ovennevnte gruppe har hatt rapportutkast til høring. Hans Utkilen har deltatt i den endelige sammenstillingen.

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

1	GENERELLE ÅRSAKER TIL LUKT- OG SMAKSPROBLEMER	1
2	MULIGE ÅRSAKER TIL LUKT OG SMAK I DRIKKEVANN FRA AUREVATN	2
2.1	Faglig diskusjon forut for befaringsundersøkelse	2
3	BEFARINGSUNDERSØKELSE	5
3.1	Luktregistrering	6
3.2	Fysisk-kjemiske observasjoner	7
3.3	Biologiske undersøkelsesresultater	9
3.4	Testkjøring uten ozonering og ammoniakktilsetning	10
4	FORELØPIG KONKLUSJON	11
4.1	Aurevatn som vannkilde	11
4.2	Antatt årsak til lukten i juli/august 1990	11
4.3	Tiltak	13
5	VEDLEGG - PRIMÆRDATA	14

## 1 GENERELLE ÅRSAKER TIL LUKT- OG SMAKSPROBLEMER

At det lukter og smaker vondt av drikkevannet kan ha mange årsaker. Noen ganger skyldes det råvannet og henstammer da fra uheldige forhold i vannkilden. Dette kan komme av utslipp som har gitt luktkontaminering, f.eks. er det nokså mange tilfeller av at mindre jord- og borebrønner er blitt ødelagt som følge av øljesøl i nedslagsfeltet. I oksygenfattig grunnvann kan f.eks. sulfid gi lukt av råtne egg. Høyt kalkinnhold kan også gi grunnvann en emmen smak.

I større overflatevannkilder som innsjøer kan lukt og smaksproblemer oppstå som følge av aktivitet av organismer som alger, bakterier og sopp i selve innsjøen, men kan også oppstå som følge av tilrenning fra nedbørfeltet. Humusholdig overflatevann (gulbrunt myrvann) vil alltid lukte litt myr, som er å regne som karakterlukten til mosen *Sphagnum* sp. hvis vekst og akkumulering, danner myren. På ettersommeren og ettervinteren kan intrusjon av oksygenfattig og jernholdig grunnvann gi lukt- og smaksproblemer i dypvannet i små innsjøer.

Bakterie-, alge- og soppbegrøinger på sedimentoverflaten kan også gi luktproblemer.

Lukt og smak kan imidlertid også oppstå i drikkevannsnettet som følge av organiske stoffer dannet ved mikrobiologisk nedbrytning i slamavsetninger.

Ved klorering kan lukt- og smaksintensiteter forsterkes. Dette er særlig tilfelle hvis man setter til klorgass uten ammoniakk. Kloramin, som man får i sistnevnte tilfelle, har mindre tilbøyelighet til å gi luktfosterking enn klorgass alene. Selv kloramin kan imidlertid gi luktfosterking hvis de rette organiske forbindelsene er til stede, eller man får dannet uønskede kloraminer. Dosenes størrelse av klor og ammoniakk, og forholdet mellom dem, har også betydning for grad av lukt og smak.

## 2 MULIGE ÅRSAKER TIL LUKT OG SMAK I DRIKKEVANN FRA AUREVATN

### 2.1 Faglig diskusjon forut for befaringsundersøkelse

Lukt- og smaksproblemene meldte seg fra midten av juli til ut august 1990 og avstedkom et betydelig antall klager fra abonnenter. Det ble konstatert geosmin i vannet ut fra vannverket, men det har trolig også vært andre luktkomponenter til stede. I tilsvarende periode i 1991 har det ikke vært observert luktp problemer.

Den 15. august 1991 arrangerte Bærum kommune et "lukt- og smaks" møte med etterfølgende befaringsundersøkelser for å legge opp et løp som kunne avklare årsak og forventet fremtidig omfang av lukt- og smaksproblemene ved Aurevatn vannverk. Møtet hadde deltakere fra Bærum kommune (Dag Norum og Kaj Johansen), Samfunnsteknikk A/S (Jens Arne Ohren), Folkehelse (Hans Utkilen og Wenche Fonahn og May Frøshaug), Veritas Miljøplan A/S (Jan August Myhrstad) og NIVA (Dag Berge).

Først fortalte Norum og Johansen om hendelsesforløpet. I tillegg til det ovennevnte ble det nevnt at ozon-anlegget var koplet ut fra november 1989 pga. oppbygging og drift av forsøksanlegg for direktefiltrering. Noe luktp problem oppstod imidlertid ikke før i juli 1990. I den perioden det luktet og smakte hos abonnente (juli-august), ble vannet kun desinfisert med klor og pH-justert med kalk. Ammoniakk ble ikke tilsatt. Silanlegget ble heller ikke benyttet i denne perioden.

I perioden etter dette ble ozon-anlegget slått på igjen. Da forsvant lukt- og smaksplagene. Det var litt uklart om det hadde luktet spesielt kraftig av råvannet i den angjeldende periode eller ikke, noe som dessverre ikke ble systematisk sjekket. Det var enkelte som mente at dette ikke hadde luktet noe spesielt. Ute på nettet var det ingen tvil om at det hadde luktet helt spesielt. Det ble ved flere anledninger i perioden august-oktober påvist små mengder av geosmin både på nettet og i råvannet. I råvannet har konsentrasjonene ligget under luktgrensa.

Etter en lang diskusjon stod man igjen med 4 mulige årsaker:

- 1) Vannblomst av Anabaena sp.
- 2) Alge- eller bakteriesjikt i sprangsjiktet.
- 3) Lukt oppstått på nettet som følge av klorering uten ammoniakktilsetning.
- 4) Bentisk begroing av mikroorganismer.

#### 1) Vannblomst av Anabaena sp.

Sommeren 1990 var usedvanlig varm og tørr. I slike perioder, når bl.a. tilløpsbekkene til en innsjø tørker ut, oppstår ofte midlertidig nitratmangel i overflatelagene (det algeproduserende sjikt). Etter hvert som algene vokser tar de opp næring. Når de dør, synker de og næringen blir med til bunns. I slike tørre perioder, særlig hvis det er varmt, blir det grunnlag for fremvekst av nitrogenfikserende blågrønnalger, særlig vanlig er Anabaena sp. i upåvirkede innsjøer. Vannblomst av denne slekten ble observert i mange innsjøer på Østlandet i juli-august 1990. Vannblomst vil si at algene flyter opp og blir liggende som en hinne omtrent som blomsterstøv. F.eks. i Farrisvannet i Vestfold som forsyner ca 200000 mennesker, var det en langvarig kraftig vannblomst som dannet grunnlag for en masse avisskriverier. Denne forekomsten viste seg å danne geosminliknende lukt. Slik vannblomst ble også observert flere steder i Nordmarka. Dette er et naturlig fenomen, som imidlertid øker i omfang og hyppighet hvis innsjøene er påvirket av næringssalttilførsel.

Aktivt voksende Anabaena lukter normalt ikke geosmin, men nærmere som persille. Når en Anabaena populasjon blir gammel, flyter den gjerne opp og danner vannblomst. Algene blir da angrepet av bakterier og sopp. Særlig bakterier av slektene aktinomyceter og streptomyces, samt soppfamilien fusarium er kjent for å lage lukt. De to første er særlig kjent for å danne geosmin (jordlukt) og mugglukt (2-metylisoborneol). Når man studerer en gammel blågrønnalgebestand, finner man nærmest alltid at den er infisert med aktinomyceter. Anabaena vannblomsten i Farrisvannet 1990 (A. lemmermanni) luktet klart geosmin. Hvorvidt det er algene selv som lukter, eller om det er de angripende sopper og bakterier, er noe uklart.

Vindaktivitet vil blande vannblomsten ned i vannet, dog ikke lenger enn til sprangsjiktet. I enden av innsjøer kan dette ligge nokså dypt som følge av at overflatevannet stues opp ved pålandsvind. I Aurevatn ligger termoklinen så dypt som følge av bl.a. tappingen, at en vannblomst som lukter lett kan blandes ned til vanninntaket. Det er mye mulig at lukten som oppstod i 1990 hadde sin årsak i vannblomst fra Anabaena, men det finnes ikke noe data som kan bekrefte det.



Det finnes en rekke andre alger enn Anabaena som utvikler lukt, som f.eks. Oscillatoria (geosmin), Uroglena og Hydrurus (tranlukt), Synura, Ulvella og Goniostomum (fiskelukt), mm.

## 2) Alge- eller bakteriesjikt i sprangsjiktet.

Den andre mest sannsynlige måten det oppstår lukt i innsjø- vannkilder er at det oppstår et sjikt alger eller bakterier i sprangsjiktområdet. Oscillatoria bestanden i Mjøsa i 1976 levde hovedsaklig i sprangsjiktområdet. Etterhvert som man tapper fra dypvannet vil sprangsjiktet bevege seg nedover og til slutt ligge i nivå med drikkevannsinntaket. Utover ettersommeren vil dessuten sprangsjiktet presses nedover selv uten tapping av naturlige årsaker som følge av avkjøling og vind.

Problemene med fiskelukt i Oppegårdtjernet (Frogn vannverk) hadde trolig sin årsak i en bestand av Goniostomum som opptrådte i sprangsjiktet. Goniostomum er en nokså ny innvandrer i norsk flora. Den finnes særlig i myrvannspregede skogssjøer i Østfold og østre deler av Akershus. Den ser ut til å være på vandring, men har ennå ikke vist seg noe særlig vest for Oslofjorden.

Grunnen til at det er spesielt gunstig for fremvekst av organismer i sprangsjiktet er at det der skjer en opphopning (kødannelse) av sedimenterende partikler ved at de møter kaldere, mer viskøst vann. Dyreplankton og bakterier har derfor tendens til å samle seg der. I tillegg gjør sprangsjiktet direkte kontakt med nedenforliggende dypvann (hypolimnion) at organismene der får tilgang på tilgjengelig næring. Dette medfører at det ofte er ansamling av alger der. For eksempel er blågrønnalgen Oscillatoria en art som ofte står i sprangsjiktet og lager lukt og smak. Skjer det intrusjon av jernholdig grunnvann i hypolimnion, noe som ofte skjer i oppdemte myrtjern, kan det i sprangsjiktet oppstå populasjoner av jernbakterier. Jern kan også frigjøres til hypolimnion fra sedimentet ved at oksygenmangel fører til reduksjon av treverdig jern til toverdig. Er hypolimnion oksygenfri, kan det også oppstå sjikt av svovelbakterier i termoklinområdet.

## 3) Lukt oppstått på nettet som følge av klorering uten ammoniakktilsetning.

I den angjeldende periode var ozoneringsanlegget ute av drift, noe det hadde vært fra november 1989 som følge av testkjøring av pilotrenseanleggene. Ammoniakkdoseringsanlegget og mikrosilene (40 um) var også ute av drift i perioden. I enkelte tilfeller kan dosering av klor uten samtidig å dosere ammoniakk, gi betydelig luktfosterking. Slikt kan komme av f.eks. ansamlinger av organisk materiale enkelte steder på nettet hvis lukt kan forsterkes av høy temperatur og klor. Mangel på siling gir f.eks. mulighet for sedimentasjon av dyreplankton i høyde-

bassenger. Slik sedimentasjon har i enkelte tilfeller vært mistenkt for å skape lukt og smak. Det var i hvertfall ingen tvil om at ozonbehandlingen fjernet lukten. Ozonbehandlingen fører imidlertid til økt begroing og slamdannelse på ledningsnettet, slik at man prøver å komme bort fra denne.

#### 4) Bentisk begroing av mikroorganismer

Både i elver, bekker og innsjøer skjer det vekst av mikroorganismer på bunnsubstratet. I elver og bekker kan algen *Hydrurus foetidus* lage meget sjenerende lukt av harsk tran. Bentisk *Oscillatoria* i rennende vann kan under bestemte perioder lage geosminlukt. Soppen *fusarium* sp. kan danne store illeluktende bevosninger i elver/bekker hvor det er utslipp av lettoksyderbart organisk materiale. Bakterier av slektene *Actionomyceter* og *Streptomyces* kan også lage illeluktende (geosmin) bevosninger. Disse finnes oftest der hvor lettredbrytbart materiale tilføres vannet. Hvis man f.eks. hugger langs en innsjø er det vanlig å gjøre dette om vinteren, og la kvisten ligge igjen på isen. Nåleverk og finere kvist blir liggende under vann i strandsonen og blir bevosst med actinomyceter. Dette kan skape lukt de par første årene etter en slik hugst. I hvilken grad dette har skjedd i Aurevatns nedbørfelt er vi ikke kjent med.

Ekstrem lav vannstand kan også bevirke til at lukt og smak, som henstammer fra bunnlevende mikroorganismer, kommer ut i vannmassene. Den ene måten dette skjer på er at nakne littorale sedimenter eroderes av bølger slik at slam virvles opp. Ekstremt lav vannstand i skogstjern med organiske sedimenter medfører av og til at sedimentkaker flyter opp. Disse kan lukte ille. I organiske sedimenter er det ofte metandannelse. Lav vannstand reduserer trykket og metanbobler kan slippe løs fra sedimentet og virvle lukt- og smaksholdige sediment med seg. Effekten av dette siste skulle man tro ville være kortvarig.

### 3 BEFARINGSUNDERSØKELSE

Med bakgrunn i denne diskusjonen ble det foretatt en befaringsundersøkelse til Aurevann, hvor vanninntaket ligger, og i de nærmeste innsjøene som fører vann til Aurevatn, nemlig Småvatn, Byvatn og Trehørningen. Vi hadde med oss en 5 liters sugekolbe med vid åpning som ble brukt til lukttester. Man ristet da opp et par liter vann kraftig slik at det ble dannet aerosoler og deretter luktet man nede i kolben. Dessuten ble oksygen og temperatur målt fra topp til bunn, samt at siktedypet ble bestemt. I hvert vann tok vi en blandprøve fra overflatesjiktet (epilimnion) og analyserte denne for algemengde og algesamfunnets artssammensetning, samt en del kjemiske komponenter. I

Aurevann ble det i tillegg tatt en rekke prøver fra sprangsjiktområdet (termoklinen) for å se om det kunne være noen organismer der som kunne forårsake luktproblemer.

### 3.1 Luktregistrering

Alle prøvene luktet svakt myrvann, noe av den samme lukten man kjenner når man går i myrlent terreng i skog og fjell. Samme lukten kjenner man i fuktige kjellere, eller fjellhaller. I fjellhallen der råvannet kom inn i vannverket, var det nøyaktig samme lukten. Dette er lukt som man finner i alle skogsvatn på Østlandet. Luktintensiteten var imidlertid langt under nivåer som kunne avstedkomme noen reaksjoner. Det var markert mer lukt i de 5-6 øverste metrene enn dypere nede i vannmassene. Dette gjaldt alle innsjøene, og kan komme av at det varmere overflatevannet avga lettere lukt enn det kaldere dypvannet. Overflatevannet fra Aurevatn luktet noe mer myr enn de andre innsjøene.

I begynnelsen av september ble det tatt ut prøver til geosminanalyse. Resultatene er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Geosminprøver fra utvalgte punkter i Aurevatnvassdraget den 10/9-91 (Analysert på Folkehelse).

Prøvested	Geosmin, ng/l
Tunnel Heggelivatn-Trehørningen.....	<5
Trehørningen, Overflate.....	9
Byvatn, overflate.....	6
Småvatn, overflate.....	7
Aurevatn, overflate.....	7
Aurevatn, 13m's dyp.....	7
ABV, Toverud, lab.....	<5

Alle disse geosminverdiene er under grensa for lukt og smak, som regnes å ligge på ca 10-12 ng/l. Det ble gjort en enkel sensorisk smaks-vurdering av to personer på de samme prøvene. Resultatet var også her at overflatevannet fra Aurevatn hadde en betydelig sterkere myrsmak enn de andre prøvene.

## 3.2 Fysisk-kjemiske observasjoner

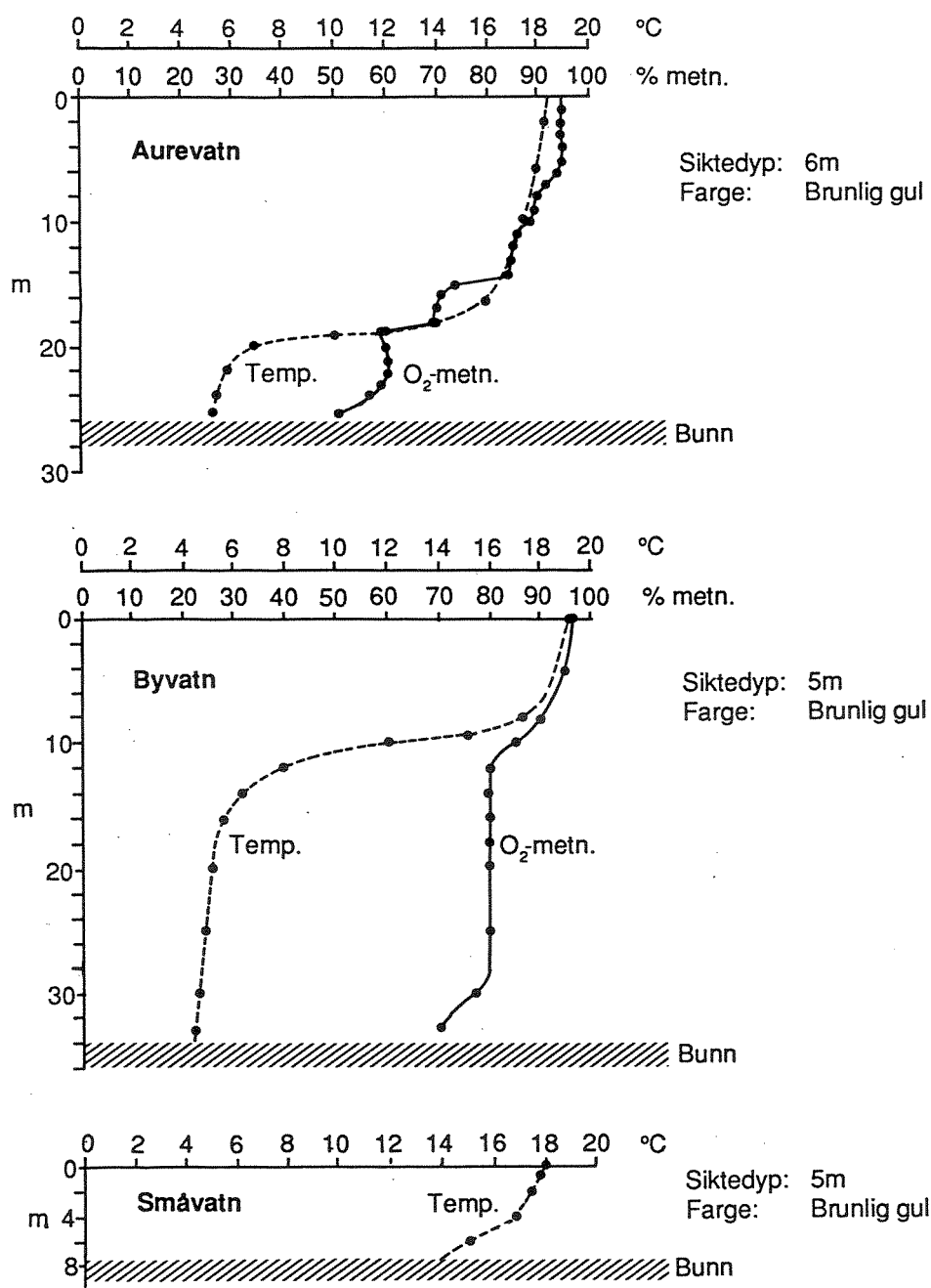


Fig. 1. Oksygen og temperatursjiktning i Aurevatn, Byvatn og Småvatn  
15. august 1991.

Oksygen og temperatursjiktning i Aurevatn, Byvatn og Småvatn observert ved befaringen den 15. august 1991 er vist i fig. 1. De andre dataene er vist i tabell 2.

Innsjøene hadde overflatetemperatur rundt 19<sup>0</sup> C. Småvatn hadde ca 18<sup>0</sup>. Den lille nedgangen kan komme av at Småvatn mates med dypvann fra Byvatn. Byvatn og Aurevatn var lagdelte. Sprangsjiktet, (termoklinen) lå i Byvatn på ca 9-10m, noe som er normalt for innsjøer av denne størrelsen i midten av august. I Aurevatn lå termoklinen på 18m, noe som er langt dypere enn vanlig. Senkingen av termoklinen har sin årsak i uttak av dypvann. Småvatn er en grunn innsjø som ikke får særlig utpreget temperatursjiktning. Maks. dyp som ble funnet under befaringen var i Småvatn 7m, i Aurevatn 26 m og i Byvatn 34 m.

Siktedypet var 5 m i Byvatn og Småvatn, og 6 m i Aurevatn. Fargen var brunlig gul i alle vannene og vitnet om en viss humuspåvirkning (myrvannspåvirkning). Fargeverdiene på observasjonsdagen lå fra 26-29 mgPt/l, mens vannverkets målinger viser maksimalverdier opp i ca 35 mgPt/l, noe som er klart oppe i det området hvor vannet har myrvannslukt og -smakt. Grensen for at man skal kunne merke slik lukt ved "bevisst finsnusing" ligger på ca 20 mgPt/l. De fleste mennesker oppfatter ikke denne lukten som unaturlig eller vond før en kommer opp i fargeverdier på 50-60. Kombinert med klorering kan imidlertid myrvannslukten forsterkes og fordreies til å bli ubehagelig. Folkehelse setter grense for godt drikkevann ved 15 mgPt/l, mellom 15 og 25 mgPt/l karakteriseres som mindre god vannkvalitet. Mer enn 25 mgPt/l er ikke tilrådelig uten videre vannbehandling, heter det.

Både Aurevatn og Byvatn, hvor oksygenforholdene ble undersøkt, viste et oksygenforbruk i dypvannet. Dette er vanlig i innsjøer med myrvannskaraktter, og indikerer altså neppe i dette tilfellet menneskeindusert forurensningspåvirkning. Forbruket skyldes mikrobiell nedbrytning av humusmateriale. Uansett om det er naturlig årsak eller ikke, er det imidlertid uheldig med for stort oksygenforbruk i drikkevannskilder. I hypolimnion i Aurevatn var oksygenmetningen ca 50%, mens i Byvatn lå den på ca 75% den 15. august. Normalt vil ikke høstfullsirkulasjonen i innsjøer som disse inntre før i oktober, dvs. oksygenet vil fortsatt avta i dypvannet. Inntaket i Aurevatn ligger på ca 13-14 m, og var ved prøvetakingstidspunktet kommet opp i epilimnion, og oksygenkonsentrasjonen i inntaksdypet var ca 82% metning. Folkehelse angir i sine normer for drikkevann at råvannet bør ha 70% metning eller mer.

Tabell 2. Noen kjemiske analysedata fra Aurevatn, Småvatn, Byvatn og Trehørningen på befaringdagen 15/8-91 (analysert ved NIVA).

Lokalitet		pH	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mgPt/l	TOC mg/l	Fe ug/l	Mn ug/l	Tot-N ug/l	Tot-P ug/l	NO <sub>3</sub> ug/l	Kla ug/l
Aurevatn	0-9m	6.57	2.75	0.34	26.3	4.80	56	12.6	324	4.0	85	1.88
"	14.5m	6.55	2.77	0.43	29.0	5.24	77	19.8	470	5.0	102	
"	18 m	6.44	2.76	0.48	29.3	5.18	144	80	411	4.0	110	
"	19 m	6.44	2.89	0.35	26.1	4.70	108	46.7	381	4.0	129	
"	20 m	6.39	2.95	0.31	26.3	4.49	51	13.7	377	4.0	168	
Småvatn	0-6m	6.52	2.77	0.35	26.1	4.80	67	22.3	324	4.0	97	2.20
Byvatn	0-10m	6.61	2.65	0.33	27.7	4.81	47	15.7	318	3.0	88	1.84
Trehørningen	0-2m	6.73	2.70	0.28	26.3	4.57	22	22.4	272	4.0	81	2.38

Vannet i vassdraget kan karakteriseres som svakt surt, men har god marging til nivåer der man får forsuringproblemer. Turbiditeten er tilfredstillende lav. Det samme er næringssaltnivået. Innholdet av jern og mangan er imidlertid noe for høyt. En ser at akkurat i termoklinområdet på Aurevatn, skjer det en anrikning av jern og mangan. I de perioder da vanninntaket blir liggende i termoklinområdet, vil vannet karakteriseres som mindre godt drikkevann etter Folkehelse's normer. Anrikningen har sannsynligvis sammenheng med både sedimentasjon som hopes opp der partiklene treffer det mer viskøse hypolimnionvannet, samt fremvekst av kjemo-autotrofe bakterier. Disse skaffer seg energi ved å oksidere redusert jern og mangan som kommer inn i hypolimnion via grunnvannsintrusjon eller utlekking fra sedimentet. Jernoksidende bakterier av slekten *Leptothrix* med kraftig utfelling er tidligere påvist både i råvannet og på ledningsnett ved Aurevannverket.

### 3.3 Biologiske undersøkelsesresultater

For å se om det var tilstede algetyper som kan produsere lukt, ble det tatt algeprøver fra produksjonssjiktet i Aurevatn, Småvatn, Byvatn og Trehørningen. I Aurevatn ble det i tillegg tatt prøver fra termoklinområdet og fra et dyp litt høyere opp der oksygenkurven viste en liten "knekk", noe som kan indikere organismeansamling. Resultatene er gitt i tabell bak i vedlegget. Klorofyllresultatene er gitt tabell 2.

Alle innsjøene hadde lave algemengder som vitnet om ubetydelig nærings-saltpåvirkning fra menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. Artssammensetningen var helt normal for næringsfattige skogssjøer. Ingen typiske "lukt-skapere" ble observert. Gonyostomum semen, en problemalge som finnes i mange humussjøer på østsiden av Oslo fjorden, ble ikke observert. Anabaena sp ble heller ikke påvist, men kim er nokså sikkert tilstede. Vannblomst av Anabaena utvikles svært raskt når de rette betingelser er tilstede. Ved befaringen i august 1991 var det for mye fritt nitrat tilstede i vannmassene til at denne arten skulle få noe konkurransefortrinn framfor andre arter.

Termoklinområdet i Aurevatn inneholdt meget lave algekonsentrasjoner, ca 1/3 av hva som ble funnet i overflatesjiktet. Ingen kjente luktskapere ble observert. Som nevnt over (se også tabell 2), var det en akkumulering av jern i termoklinområdet. Denne gav seg også utslag i en liten turbiditetsøkning, noe som kan indikere at det har vært jernbakterier. Anrikningen av slike organismer i termoklinområdet var imidlertid ikke så stor at det var påfallende i algeprøvene som ble tatt fra de aktuelle dyp ved befaringen i august. På algetelleskjemaet står det "noe mer rusk" på disse prøvene.

### 3.4 Testkjøring uten ozonering og ammoniakktilsetning

For å teste om problemene som oppstod i 1990 kunne komme av at ozoneringsanlegget og ammoniakkdoseringen stod, hvilket det gjorde i angjeldende periode, ble det gjort en hemmelig testkjøring av en ukes varighet (18/8-25/8-91) med utkopling av disse to behandlingstrinn. I motsetning til i 1990 avstedkom ikke dette noen reaksjoner fra abonnenter. Vannverkets ansatte (eksperter) merket heller ikke noe, før de ble gjort oppmerksomme på forholdet. Noen av dem påstod da at de kunne kjenne en viss myrlukt. Alle var imidlertid enige om at lukten ikke var i nærheten av den man hadde i juli/august 1990, hverken i intensitet eller type lukt.

## 4 FORELØPIG KONKLUSJON

### 4.1 Aurevatn som vannkilde

Aurevatn er ikke noen god vannkilde etter dagens normer gitt av Folkehelsen. Den har for høyt humusinnhold, 25-35 mgPt/l, noe som helst burde vært under 15. Dette vil si at man alltid vil ha litt myrvannslukt av råvannet. Klorering av humusholdig vann er generelt vurdert uheldig som følge av at det kan dannes helseskadelige stoffer som f.eks. trihalometaner. Dessuten vil klorering kunne forsterke og forandre myrvannslukten til noe folk finner ubehagelig.

Aurevatn er dessuten for grunn til at man kan ha stabilt høyt oksygeninnhold over 70% metning i hypolimnion. Oksygenreservene i den lille hypolimnion er for små til å kunne motta det organiske regnet av sedimenterende alger og humusmateriale uten at det oppstår betydelig oksygenavtak. Man må altså ha inntaket såpass grunt at man i prinsippet tar vann fra epilimnion det meste av året. Dette er uheldig med hensyn til skjerming mot mikrobiologisk forurensning (bakterier, alger, virus), samt at man får høy temperatur på vannet om sommeren.

### 4.2 Antatt årsak til lukten i juli/august 1990

Det er helt umulig å si noe sikkert om årsaken til luktproblemer som forekom i juli-august 1990 når man ikke gjorde noen undersøkelser i det angjeldende tidsrom. Vi kan derfor bare gjøre hva vi kan kalle kvalifiserte skjønnsbetraktninger.

Myrvannslukt vil det alltid være i Aurevatn. Denne vil være avhengig av innholdet av humus og temperatur. Humusinnholdet vil være størst i flomperioder. Lukten avgis lettest ved høy temperatur. En regntung sommer skulle gi optimale forhold for myrvannslukt. Sommeren 1990 var derimot svært tørr. Det er derfor lite sannsynlig at de spesielle luktproblemene var betinget av humusinnhold eller myrvannslukt.



Det er en liten mulighet for at lukten har oppstått som følge av organismer eller kjemiske forhold som opptrer i termoklinområdet. Det var en tydelig anrikning av jern og mangan her på observasjonsdagen, noe som kan komme av fremvekst av jernoksiderende bakterier. Imidlertid indikerte ikke observasjoner av organismer i hypolimnion at slik vekst forekom i noen nevneverdig grad.

Det er lite sannsynlig at lukten oppstod som følge av stans i ozonering og ammoniakkdosering alene, uten at det samtidig hadde forekommet spesielle forhold på nettet som f.eks. store slamansamlinger og høy temperatur. Testkjøring i august 1991 uten ozonering og ammoniakkdosering gav ingen reaksjoner.

Det langvarige varme tørre været midtsommers 1990 gav mange steder grobunn for vannblomst av blågrønnalger av slekten *Anabaena*, bl. a. observert flere steder i Nordmarka. Vannblomst befenges alltid av bakterier, bl.a. actinomyceter, som er kjent for å lage geosminlukt. I Vestfolds hovedvannkilde, Farrisvatn, oppstod det i samme periode (juli-august 1990) en kraftig *Anabaena*-vannblomst (*A. lemmermanni*). Denne ble undersøkt av NIVA og funnet å gi sterke geosminliknende lukttinntrykk under prøvetakingen. Vanninntakene i Farris ligger imidlertid på ca 40 m dyp, dvs. langt nede i hypolimnion, slik at ingen lukt kom ut på nettet. I Aurevatn ligger vanninntaket i epilimnion i denne perioden og vind vil kunne blande lukten ned til inntaket. Imidlertid vil et slikt fenomen være nokså kortvarig i en såpass næringsfattig innsjø som Aurevatn.

Selv om man ikke har algeobservasjoner fra Aurevatn i den angjeldende periode, er det en viss mulighet for at lukktproblemene kan ha hatt sin årsak i vannblomst av *Anabaena*. Vannblomst av *Anabaena* ser ut som ansamlinger av "blomsterstøv" som ofte ses i forbindelse med gran og furublomstringen i mai-juni. Ser man imidlertid blomsterstøvliknende ansamlinger i bukter og viker etter 1. juli, er det mest sannsynlig vannblomst av *Anabaena*. Hvis dette er årsaken til lukktproblemene, vil de inntre nokså sjelden, anslagsvis hvert 5-10 år.

Organismer som skaper geosminlukt i vann er imidlertid ofte knyttet til bunnsstrater, f.eks. slamoverflater. Oppvirvling av slam vil kunne føre til jordlukt av vannet. Hvis det var spesielt lav vannstand i juli/august 1990, vet vi at det kan slippes ut metan fra organiske sedimenter som følge av trykkfallet. Dette river med seg sediment og gjørmelukt. Likeledes vil lav vannstand føre til at strandnære sedimenter virvles opp av bølger og kan blandes inn i vannet. Opprettholdelse av en noenlunde konstant vannstand burde sikre at dette eventuelt vil inntre svært sjelden.

Storstilt hogst hvor mye hogstavfall blir liggende ute i vannet kan og føre til lukt og smak.

#### 4.3 Tiltak

Generelt kan det sies at det ville vært ønskelig å få kartlagt årsaken til lukten bedre før man foreslår tiltak i kilden. Hvis årsakssammenhengen er slik vi tror den er, vil følgende tiltak i kilden kunne bidra til å redusere omfanget av luktproblemet:

- 1) Bryte sjiktningen i Aurevatn i juli og august ved bobling av hypolimnion. En perforert slange langs dyppenna, ankret opp ca 1 m over bunnen og forbundet med en kompressor på land burde være nok. Blågrønnalger liker ikke turbulens.
- 2) Tappe fra overflatevatn i Byvatn i stedet for fra dypvannet. Dypvann inneholder tilgjengelige næringssalter, mens ved overflateuttak vil man tappe vann som er utarmet på næring av algene i Byvatn.
- 3) Det kan også være et alternativ å legge Aurevannsinntaket mer midt ut i innsjøen da nedpressing av vannblomstholdig overflatevann ved vind er sterkest i endene av innsjøene. Man kan også tenke seg muligheten av å ha et alternativt inntaksdyp, f.eks. et på 20m som kan settes på i perioder med vannblomst. Dette må kombineres med lufting av inntaksvannet da oksygenkonsentrasjonen i 20m's dyp er i laveste laget. Alternativt inntaksdyp har ingen hensikt hvis man velger tiltak 1.

Tiltak i kilden vil imidlertid ikke gi en fullgod garanti for at ikke luktproblemer skal kunne oppstå i fremtiden. Trolig vil imidlertid luktproblemer som har sin årsak i kilden oppstå så sjelden (1-2 mnd hvert 5-10 år) at det vil være tilstrekkelig med kullpulverbehandling forut for fellingen. I tillegg kan man eventuelt også kjøre ozonering i disse kritiske perioder.

**5 VEDLEGG - PRIMÆRDATA**

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Aurevatn (bl.pr. 0-9 m dyp)  
 Volum m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=)	910815
<hr/>		
Cyanophyceae (Blågrønnalger)		
Chroococcus limneticus		.2
Merismopedia tenuissima		19.3
Sum .....		19.5
Chlorophyceae (Grønnalger)		
Crucigeniella rectangularis		.4
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)		1.1
Gyromitus cordiformis		1.3
Monoraphidium dybowskii		.2
Monoraphidium griffithii		5.6
Oocystis submarina v.variabilis		4.9
Quadrigula pfitzeri		4.3
Scourfieldia cordiformis		.1
Sum .....		17.9
Chrysophyceae (Gullalger)		
Bitrichia chodatii		.3
Chromulina sp.		.7
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		.1
Craspedomonader		2.2
Cyster av chrysophyceer		.3
Dinobryon borgei		1.7
Dinobryon sociale v.americanum		.8
Kephyrion boreale		.2
Mallomonas cf.crassisquama		2.3
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		10.7
-Pseudokephyrion entzii		.4
Små chrysomonader (<7)		24.6
Stichogloea doederleinii		.7
Store chrysomonader (>7)		11.2
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		.3
Ubest.chrysophyceer		.6
Sum .....		56.9
Cryptophyceae		
Cryptomonas marssonii		3.2
Katablepharis ovalis		.4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)		2.0
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		7.3
Ubest.cryptomonade (1=6-8) Chro.acuta ?		1.0
Sum .....		13.8
Dinophyceae (Fureflagellater)		
Gymnodinium cf.albulum		.5
Gymnodinium sp. (1=14-16)		.7
Peridinium inconspicuum		7.5
Sum .....		8.8
My-alger		
Sum .....		12.1
<hr/>		
Total .....		128.9
<hr/>		

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Aurevatn (14.5 m dyp)  
Volum 3/3

GRUPPER/ARTER	Date=>	910815
-----		
Cyanophyceae (Blågrønnalger)		
Merismopedia tenuissima		.4
Sum .....		.4
Chlorophyceae (Grønnalger)		
Monoraphidium dybowskii		.7
Monoraphidium griffithii		3.2
Oocystis submarina v.variabilis		2.3
Sum .....		6.2
Chrysophyceae (Gullalger)		
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		.1
Craspedomonader		2.8
Mallomonas cf.craassisquama		.2
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		5.8
Pseudokephyrion entzii		.1
Små chrysomonader (<7)		5.9
Store chrysomonader (>7)		2.6
Sum .....		17.5
Cryptophyceae		
Cryptomonas marssonii		3.2
Cryptomonas spp. (1=24-28)		1.2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)		.3
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		1.3
Ubest.cryptomonade (1=6-8) Chro.acuta ?		.5
Sum .....		6.5
Dinophyceae (Fureflagellater)		
Peridinium inconspicuum		2.4
Sum .....		2.4
My-alger		
Sum .....		10.2
-----		
Total .....		43.1
=====		

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Åurevatn (19 # dyp)  
 Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	910815
-----		
Cyanophyceae (Blågrønnalger)		
<i>Merismopedia tenuissima</i>		.4
Sum .....		.4
Chlorophyceae (Grønnalger)		
<i>Monoraphidium dybowskii</i>		.5
<i>Monoraphidium griffithii</i>		2.9
<i>Docystis submarina v.variabilis</i>		1.1
Sum .....		4.5
Chrysophyceae (Gullalger)		
<i>Craspedomonader</i>		6.9
<i>Ochromonas</i> sp. (d=3.5-4)		4.9
Små chrysomonader (<7)		5.2
Store chrysomonader (>7)		2.6
Sum .....		19.5
Cryptophyceae		
<i>Cryptomonas marssonii</i>		.5
<i>Rhodomonas lacustris</i> (+v.nannplactica)		.7
Ubest.cryptomonade ( <i>Chroomonas</i> sp.?)		9.3
Ubest.cryptomonade (l=6-8) <i>Chro.acuta</i> ?		.7
Sum .....		11.2
Dinophyceae (Fureflagellater)		
<i>Peridinium inconspicuum</i>		.5
Sum .....		.5
My-alger		
Sum .....		9.8
-----		
Total .....		45.9
=====		

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Småvatn (bl.pr.0-6 m dyp)  
Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	910815
<hr/>		
Cyanophyceae (Blågrønnalger)		
<i>Merismopedia tenuissima</i>		3.2
Sum .....		3.2
Chlorophyceae (Grønnalger)		
<i>Chlamydomonas</i> sp. (l=8)		.3
<i>Crucigenia quadrata</i>		1.1
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> (genevensis)		.4
<i>Monoraphidium dybowskii</i>		.5
<i>Monoraphidium griffithii</i>		6.7
<i>Oocystis submarina</i> v.variabilis		2.4
<i>Quadrigula pfitzeri</i>		1.3
<i>Scourfieldia cordiformis</i>		.2
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>		.9
Sum .....		13.6
Chrysophyceae (Gullalger)		
<i>Bicosoeca</i> sp.		.2
<i>Bitrichia chodatii</i>		.5
<i>Chromulina</i> sp.		2.4
<i>Chrysolykos</i> skujai		.6
<i>Craspedomonader</i>		1.1
Cyster av <i>Chrysolykos</i> skujai		.5
<i>Dinobryon borgei</i>		2.2
<i>Dinobryon crenulatum</i>		2.4
<i>Dinobryon sociale</i> v.americanum		1.6
<i>Kephyrion borealeans</i>		.5
<i>Mallomonas</i> cf. <i>crassisquama</i>		2.3
<i>Ochromonas</i> sp. (d=3.5-4)		12.9
<i>Pseudokephyrion alaskanum</i>		.2
<i>Pseudokephyrion entzii</i>		1.1
Små chrysomonader (<7)		30.8
Store chrysomonader (>7)		31.9
Ubest.chrysomonade ( <i>Ochromonas</i> sp.?)		.3
Ubest.chrysophyceae		.8
Sum .....		92.0
Bacillariophyceae (Kiselalger)		
<i>Synedra</i> sp. (l=40-70)		.4
Sum .....		.4
Cryptophyceae		
<i>Cryptomonas marssonii</i>		2.9
<i>Cryptomonas</i> spp. (l=24-28)		2.4
<i>Katablepharis ovalis</i>		1.2
<i>Rhodomonas lacustris</i> (+v.nannoplantica)		2.5
Ubest.cryptomonade ( <i>Chroomonas</i> sp.?)		9.3
Ubest.cryptomonade (l=6-8) <i>Chro.acuta</i> ?		.5
Sum .....		18.7
Dinophyceae (Fureflagellater)		
<i>Gyrodinium</i> cf. <i>lacustre</i>		.9
<i>Gyrodinium</i> sp. (l=14-16)		4.1
<i>Peridinium inconspicuum</i>		3.4
Ubest.dinoflagellat		.4
Sum .....		8.8
My-alger		
Sum .....		20.0
<hr/>		
Total .....		156.7
<hr/>		

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Byvatn (bl.pr.0-10 m dyp)  
 Volum m3/m3

GRUPPER/ARTER	Dato=> 910B15
<b>Cyanophyceae (Blågrønnalger)</b>	
Chroococcus limneticus	.2
Merismopedia tenuissima	15.5
Sum .....	15.7
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>	
Chlamydomonas sp. (l=8)	.8
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)	.4
Gyromitus cordiformis	1.4
Koliella sp.	.3
Monoraphidium griffithii	.8
Oocystis submarina v.variabilis	.9
Quadrigula pfitzeri (=korschikovii)	3.5
Scourfieldia cordiformis	.6
Sphaerocystis schroeteri	10.2
Ubest.ellipsoidisk gr.alge	.5
Sum .....	19.3
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>	
Bitrichia chodatii	.3
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	1.3
Craspedomonader	.9
Cyster av Chrysolykos skujai	.5
Dinobryon borgei	1.9
Dinobryon crenulatum	.4
Kephyrion boreale	.3
Mallomonas caudata	1.6
Mallomonas cf.crassisquama	2.3
Mallomonas spp.	.4
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	7.9
Pseudokephyrion entzii	.1
Små chrysomonader (<7)	20.5
Stichogloea doederleinii	2.0
Store chrysomonader (>7)	9.5
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	1.1
Sum .....	51.0
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>	
Cyclotella cf.kutzingiana	.3
Sum .....	.3
<b>Cryptophyceae</b>	
Cryptomonas marssonii	6.4
Cryptomonas spp. (l=24-28)	4.8
Katablepharis ovalis	.2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	1.7
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	4.4
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?	.7
Sum .....	18.2
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>	
Gymnodinium cf.albulum	.5
Gymnodinium sp. (l=14-16)	2.7
Peridinium inconspicuum	3.2
Sum .....	6.5
<b>My-alger</b>	
Sum .....	18.9
<b>Total .....</b>	<b>129.9</b>



Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Trehørningen (1 m dyp)  
 Volum  $\text{m}^3/\text{m}^3$

GRUPPER/ARTER	Dato=> 910815
<hr/>	
Cyanophyceae (Blågrønnalger)	
<i>Merismopedia tenuissima</i>	22.1
Sum .....	22.1
Chlorophyceae (Grønnalger)	
<i>Botryococcus braunii</i>	1.3
<i>Chlamydomonas</i> sp. (1-8)	.8
<i>Crucigenia quadrata</i>	.6
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> (genevensis)	.7
<i>Gyromitus cordiformis</i>	1.3
<i>Monoraphidium griffithii</i>	1.1
<i>Oocystis submarina</i> v.variabilis	2.4
<i>Quadrigula pfitzeri</i>	2.2
<i>Scourfieldia cordiformis</i>	.5
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	13.8
Sum .....	24.7
Chrysophyceae (Gullalger)	
<i>Bitrichia chodatii</i>	1.6
<i>Chromulina</i> sp.	.8
<i>Craspedomonader</i>	.5
Cyster av <i>Chrysolykos</i> skujai	.2
<i>Dinobryon borgei</i>	3.1
<i>Dinobryon crenulatum</i>	2.0
<i>Dinobryon sociale</i> v.americanum	1.6
Løse celler <i>Dinobryon</i> spp.	1.6
<i>Mallomonas</i> cf. <i>crassisquama</i>	2.3
<i>Mallomonas</i> spp.	2.4
<i>Ochromonas</i> sp. (d=3.5-4)	9.4
<i>Pseudokephyrion entzii</i>	1.3
Små chrysomonader (<7)	25.3
Store chrysomonader (>7)	25.8
Sum .....	77.8
Bacillariophyceae (Kiselalger)	
<i>Cyclotella</i> cf. <i>kutzingiana</i>	1.4
Sum .....	1.4
Cryptophyceae	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	4.7
<i>Cryptomonas</i> spp. (1=24-28)	2.0
<i>Katablepharis ovalis</i>	1.4
<i>Rhodomonas lacustris</i> (+v.nannoplantica)	2.0
Ubest.cryptomonade ( <i>Chroomonas</i> sp.?)	2.0
Ubest.cryptomonade (1=6-8) <i>Chro.acuta</i> ?	1.7
Sum .....	13.8
Dinophyceae (Fureflagellater)	
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lacustre</i>	1.1
<i>Gymnodinium</i> sp. (1=14-16)	2.5
<i>Peridinium inconspicuum</i>	7.5
Ubest.dinoflagellat	.5
Sum .....	11.5
My-alger	
Sum .....	17.8
<hr/>	
Total .....	169.1
<hr/>	

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-1990-0