

Overvåking av vannkvalitet i 2002  
i Stendavatnet og Liavatnet,  
og en undersøkelse av miljøgifter  
i sedimenter og fisk i Liavatnet.



# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Overvåking av vannkvalitet i 2002 i Stendavatnet og Liavatnet,  
og en undersøkelse av miljøgifter i sedimenter og fisk i Liavatnet.

**FORFATTERE:**

Annie Elisabeth Bjørklund & Steinar Kålås

**OPPDRAKSGIVER:**

Bergen kommune VVA prosjektering, postboks 770, 5020 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

Mai 2002

**ARBEIDET UTFØRT:**

Mai 2002 - desember 2003

**RAPPORT DATO:**

15. desember 2003

**RAPPORT NR:**

624

**ANTALL SIDER:**

37

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-396-2

**EMNEORD:**

-Stendavatnet og Liavatnet i Bergen  
-Resipientundersøkelser  
-Miljøgifter

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082 - MVA  
[www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

**Telefon:** 55 31 02 78

**E-post:** [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

**Telefax:** 55 31 62 75

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har, på oppdrag fra Bergen kommune, undersøkt vannkvaliteten i Stendavatnet i Kalandsvassdraget og i Liavatnet i Midtbygdavassdraget sommeren 2002. I tillegg ble sedimenter og fisk fra Liavatnet undersøkt med hensyn på metaller og miljøgifter.

I Stendavatnet har vannkvaliteten variert mye opp gjennom årene, både på grunn av nedtapping og varierende vanngjennomstrømming, og på grunn av ulik forurensningsbelastning. Etter utbedring av den kommunale kloakkledningen gjennom innsjøen vinteren 2001/2002, kunne det forventes en bedring i vannkvaliteten. For å vurdere effektene av tiltaket ønsket Bergen kommune en ny undersøkelse av Stendavatnet sommeren 2002.

I Midtbygdavassdraget har Bergen kommune satt fokus på å bedre miljøtilstanden og bruksmulighetene av vassdraget, og flere undersøkelser av vannkvaliteten i vassdraget er gjennomført de siste årene. Stikkprøver foretatt av Bergen kommune viste betydelig innhold av PCB og PAH i sedimenter i vassdraget, med både diffuse og spesifikke kilder. Liavatnet, som ligger sentralt plassert på Nyborg nær de store befolkningskonsentrasjonene i Flaktveit-området, er ikke undersøkt tidligere. Det var derfor ønskelig å få undersøkt både vannkvalitet, bunnsedimenter og fisk fra denne innsjøen også med hensyn på innhold av metaller og organiske miljøgifter.

Samtlige kjemiske analyser av både vannprøver og sedimenter er utført av Chemlab Services AS, mens miljøgiftanalysene av fisk dels er utført av Chemlab Services AS og dels av Havforskningsinstituttet, Seksjon for marin kjemi. Algeprøvene er bearbeidet av Nils Bernt Andersen, og dyreplanktonprøvene er analysert av Erling Brekke. Aldersbestemmelsen av ørret er utført av Kurt Urdal, mens aldersbestemmelsen av røye er utført av Harald Sægrov. Dybdekart over Liavatnet er utarbeidet av Geir Helge Johnsen. Vi takker Anna Walde ved Næringsmiddeltilsynet i Bergen for gjennomlesning og diskusjon vedrørende miljøgifter i fisk.

Rådgivende Biologer AS takker Bergen kommune, VVA prosjektering ved Kjell Rypdal for oppdraget.

Bergen, 10. desember 2003

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	2
Innholdsfortegnelse	2
Sammendrag	3
Undersøkelsen	4
1. Stendavatnet	6
Resultater	7
Vurdering	10
Måledata	13
2. Liavatnet	17
Resultater	19
Vannkvalitet	19
Fiskebestands-undersøkelsen	21
Miljøgift-undersøkelsen	25
Vurdering	27
Måledata	31
Referanser	36

## SAMMENDRAG

*Bjørklund, A.E. & S.Kålås 2003. Overvåking av vannkvalitet i 2002 i Stendavatnet og Liavatnet, og en undersøkelse av miljøgifter i sedimenter og fisk i Liavatnet. Rådgivende Biologer AS, rapport 624, ISBN 82-7658-396-2, 37 sider.*

Rådgivende Biologer AS har, på oppdrag fra Bergen kommune, undersøkt vannkvaliteten i Stendavatnet i Kalandsvassdraget og vannkvalitet og innsjøsedimenter i Liavatnet i Midtbygdavassdraget sommeren 2002. I tillegg er fisken i Liavatnet undersøkt med hensyn på miljøgifter ved tre tidspunkt i 2002 og 2003.

### Stendavatnet

Det går to kloakkledninger gjennom Stendavatnet, og disse har tidligere hatt betydelige lekkasjer. Lekkasjene ble utbedret vinteren 2001/02, og undersøkelsen sommeren 2002 viser at effekten av utbedringene er meget positiv for vannkvaliteten i innsjøen.

Vannkvaliteten var sommeren 2002 bedre enn ved noen av de tidligere undersøkelsene. Tidligere har vannkvaliteten variert mellom år, avhengig av omfang av vannoverføring fra Kalandsvassdraget, der stor vanntilførsel har virket fortynnende på forurensningstilførslene. Overført vannmengde i 2002 var mindre enn ved flere av de tidligere undersøkelsene, så bedringen i vannkvalitet skyldes de reduserte forurensningstilførsler til Stendavatnet.

Vannkvaliteten i Stendavatnet sommeren 2002 ble likevel klassifisert i SFTs tilstandsklasse III = "mindre god" med hensyn på både næringsrikhet, organisk stoff og tarmbakterier. Fosfortilførslene til innsjøen er noe høyere enn tålegrensen, men dette førte ikke til spesielt store algemengder, og det ble ikke påvist store mengder blågrønnalger. Det ble heller ikke påvist oksygenfritt dypvann.

### Liavatnet

Liavatnet er næringsrikt, og tilsvarte i 2002 SFTs tilstandsklasse IV="dårlig". Innsjøen mottar fosfortilførsler som er fire ganger høyere enn tålegrensen, og dette førte til store algemengder uten at det ble registrert noen oppblomstring av blågrønnalger. Innholdet av organisk stoff var høyt, også dette klassifisert som IV="dårlig". Det høye innholdet av organisk stoff førte til et høyt oksygenforbruk i dypvannet, og innsjøen var på grensen til å få oksygenfritt dypvann høsten 2002.

Innholdet av miljøgifter i innsjøsedimentene var relativt lavt med hensyn på metaller og PCB. For PAH-stoffene var innholdet noe høyere, tilsvarende klasse II = "moderat forurenset". Konsentrasjonen av det mest skadelige PAH-stoffet benzo(a)pyren, tilsvarte tilstandsklasse III = "markert forurenset".

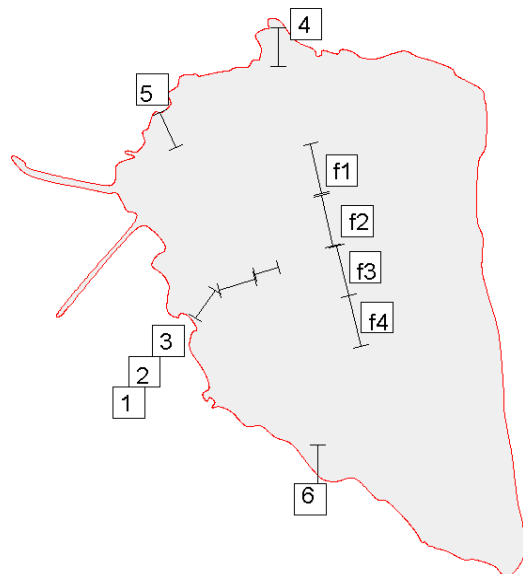
Innsjøen har en tett bestand av røye og en middels til tynn bestand av ørret. Begge artene har god kondisjonsfaktor og parasitteringsgraden er lav. Av røye ble de fleste årsklasser yngre enn ti år fanget, mens det ikke ble fanget ørret eldre enn fire år. Dette kan henge sammen med at røya rekrutterer i innsjøen, mens gyteforholdene for ørret er dårlige, og det er mulig at det meste av ørreten vandrer inn fra Langavatnet.

Innholdet av miljøgifter i ørret og røye fra Liavatnet var meget lavt med hensyn på metaller og PCB. PAH ble heller ikke påvist i ørret, mens det i røya ble påvist i vesentlige konsentrasjoner høsten 2002. To nye undersøkelser ble derfor gjennomført på røya; våren og høsten 2003, og det ble da knapt funnet spor av PAH verken i kjøtt, lever eller mageprøver fra røya. Sett i lys av samtlige tre prøvetakinger, tyder resultatene på at det ikke er behov for noen form for kostholdsrestriksjoner på fisken fra Liavatnet.

## UNDERSØKELSEN

Vannkvaliteten i Stendavatnet og Liavatnet ble undersøkt seks ganger i perioden mai til november 2002, og både fysiske-, kjemiske- og biologiske parametere var inkludert. På bakgrunn av dette er tilstanden med hensyn på tarmbakterier, næringstilførsler, tilførsler av organisk materiale og partikkelinnhold vurdert, og innsjøene er klassifisert i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1997a). I Stendavatnet ble det også tatt prøver fra dypvannet, og disse ble undersøkt med hensyn på tarmbakterier. Dette ble gjort for å vurdere om utbedringene på kloakkledningen som går gjennom dypvannet i innsjøen har virket etter hensikten. I Liavatnet er fiskebestanden og innhold av miljøgifter i sedimenter og fisk undersøkt, samt at det er utarbeidet dybdekart på grunnlag av ekkolodding.

I Liavatnet ble det på ettermiddagen den 12. september 2002 satt ut tre enkle fleromfars bunngarn i dybdeintervallet 0-10 meter, en bunngarnslenke bestående av tre fleromfars bunngarn i dybdeintervallet 0-17 meter, to flytegarn i dybdeintervallet 0-5 meter og to flytegarn i dybdeintervallet 8-13m (figur 1). Garna ble trukket morgenen etter. Fra bunngarna og ett flytegarn i hvert dybdeintervall ble alle fisk analysert med hensyn på alder, kjønn og kjønnsmodning. I de to siste flytegarna ble fisken talt og veid. Garna som ble benyttet var av typen Nordiske prøvegarn. Hvert bunngarn (30 x 1,5 m) har maskeviddene: 5, 6,5, 8, 10, 12,5, 16, 19,5, 24, 29, 35, 43 og 55 mm, og hver maskevidde er representert med 2,5 meter garnlengde og med et areal per maskevidde pr. garn på 3,75 m<sup>2</sup>. Flytegarna (45 x 5 m) hadde maskeviddene (mm): 8, 10, 12,5, 16, 19,5, 24, 29, 35 og 43 mm. Hver maskevidde er representert med fem meters lengde på garnet og et areal på 25 m<sup>2</sup>. Den 11. april 2003 og 8. september 2003 ble det også foretatt et enkelt garnfiske i Liavatnet. Dette ble kun gjennomført for å fange fisk til en supplerende undersøkelse av PAH i fisken, og inngår ikke i vurderingen av fiskebestanden i Liavatnet.



**Figur 1.** Plassering av garn i Liavatnet ved garnfisket 12.-13. september 2002. **Garn 1-6** er nordiske fleiromfars bunngarn. **Garn 5 & 6** stod 0 - 8 m dypt, **garn 1 & 4** stod 0 - 10 m dypt, **garn 2** stod 10-13 m dypt og **garn 3** stod 13-17 m dypt. Garn f1-f4 er nordiske fleiromfars flytegarn. **Flytegarn f1 & f2** stod 0-5 m dypt og **flytegarn f3 & f4** stod 8-13 m dypt.

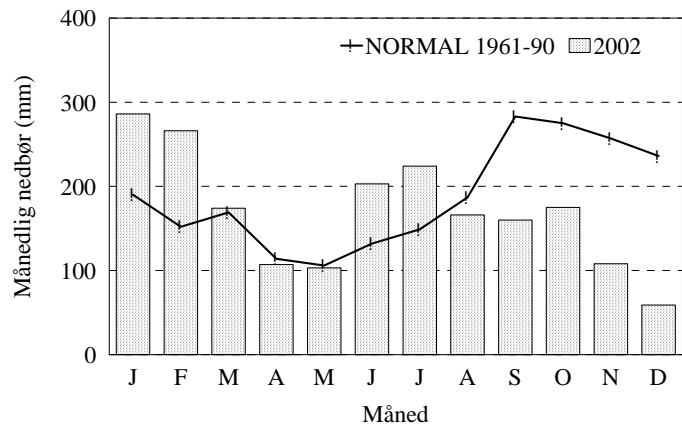
Prøver av sedimenter og fisk ble samlet inn høsten 2002 og undersøkt med hensyn på metaller og organiske miljøgifter. Sedimentprøvene ble tatt med grabb ved innsjøens dypeste punkt. Analyser ble gjort på røye og ørret, og fem av de største fiskene fra hver art ble undersøkt. Av metallene er det analysert på kobber, sink, nikkel, krom, bly, kadmium og kvikksølv. Analysen av de organiske miljøgiftene omfattet polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og klorerte organiske forbindelser (PCB). Av PAH-ene er det analysert på 16 forbindelser i henhold til SFT- klassifiseringen (SFT 1997a). Av PCB-ene er sju undersøkt (SFT 1997a).  $\sum$ PCB<sub>7</sub> omfatter IUPAC nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. Analysene er utført ved Chemlab Services AS.

På grunn av funn av forhøyete PAH-verdier i røya høsten 2002, ble det fanget ny fisk i april 2003, der det etter anvisning fra Statens Institutt for Folkehelse ble utført PAH-analyse på blandprøver av kjøtt fra 25 røyer og blandprøver av kjøtt fra 25 ørret. I tillegg ble det i september 2003 gjort et nytt garnfiske, der både mageinnhold, kjøtt og lever fra røye analysert på PAH. Som før besto hver prøve av blandprøver av 25 fisk. Samtlige prøver fra 2003 ble analysert ved Havforskningsinstituttet, Seksjon for marin kjemi.

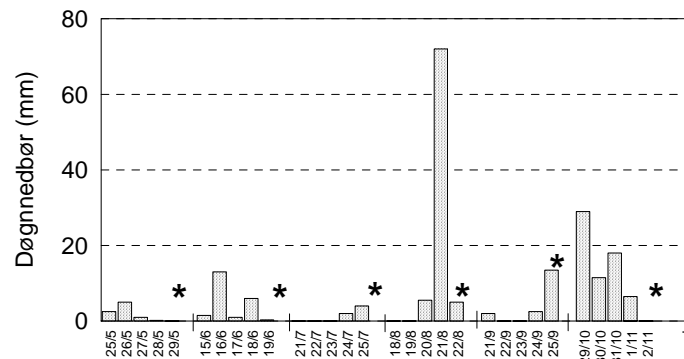
## NEDBØR OG TEMPERATUR VED PRØVETAKINGEN SOMMEREN 2002

Nedbørmengdene i 2002 var, generelt sett, litt over normalen med relativt mye nedbør første del av året og adskillig mindre nedbør enn normalt på høsten (figur 2). Gjennomsnittet for året var imidlertid ikke så avvikende, med en årsnedbør i 2002 på 91 % av normalen på målestasjonen ved Bergen Florida. I prøvetakingsperioden var månedsnedbøren høyere enn normalt i juni og juli, men mindre enn normalt i september og oktober. I dagene like før prøvetakingen var det lite eller ingen nedbør i mai, juni og juli, men i august kom det spesielt mye nedbør et par dager før prøvetakingen fant sted (figur 3).

**Figur 2.** Månedlige nedbørmengder i 2002 (søyler) og normalnedbøren i perioden 1961-1990 (linje) ved Bergen-Florida. Data er hentet fra det Norske Meteorologiske Institutt.



**Figur 3.** Døggnedbør ved Bergen-Florida de fem siste døgn før prøvetakingene. Nedbøren er målt på angitte dato kl. 07/08 og er falt i løpet av de foregående 24 timene. Data er hentet fra det Norske Meteorologiske Institutt.

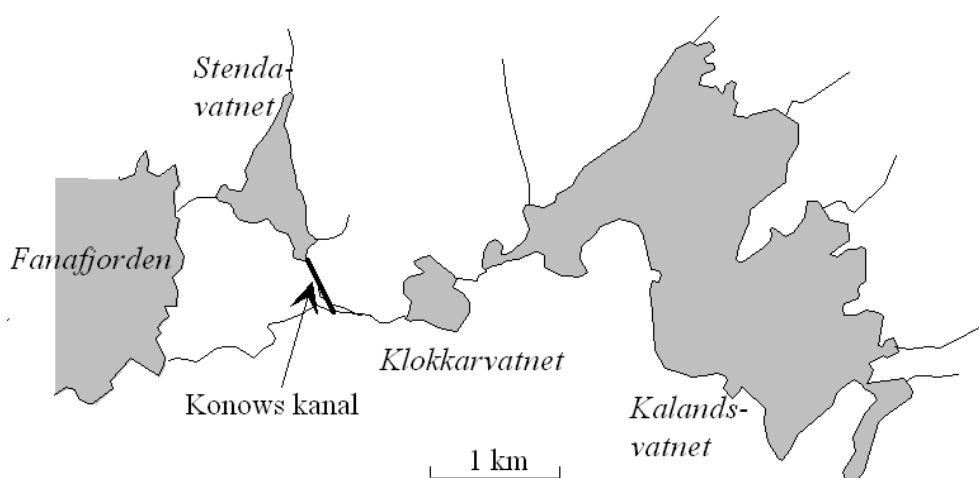


Temperaturen i 2002 var vesentlig høyere enn normalt det meste av året, med en gjennomsnittstemperatur på 1,1 °C over normalen ved Bergen Florida. Det var spesielt perioden januar til september som var varm, og den varmeste som noen gang er registrert. Størst var forskjellen i august med en gjennomsnittstemperatur hele 5,4 °C over normalen. I oktober derimot var det 2,4 °C kaldere enn normalt.

# 1. STENDAVATNET

Stendavatnet (NVE nr. 26887) ligger i Kalandsvassdraget i Fana. Dette vassdraget besto opprinnelig av to nabovassdrag; Kalandsvassdraget og Stendavassdraget, men siden begynnelsen av 1900-tallet har de vært forbundet via Konows kanal (figur 1.1). Stendavatnet er regulert og vannet utnyttes til kraftproduksjon i Stend Kraftverk. Mengden vann som overføres via Konows kanal har variert mye. I 2002 regner en at 15 millioner m<sup>3</sup> vann er tappet ut via kraftverket i løpet av året, og tilrenningen fra Stendavatnet sitt opprinnelige nedbørfelt anslås til 5,7 mill. m<sup>3</sup> (data fra BKK). Dersom en antar at utløpselva fra Stendavatnet stort sett var tørr vil overført mengde vann via Konows kanal være på 9,2 mill. m<sup>3</sup>.

Deler av bebyggelsen er tilknyttet offentlig kloakkledningsnett, men det er også bebyggelse som har utslipp til spredning eller via slamavskiller. To offentlige kloakkledninger går gjennom innsjøen, og det ble oppdaget lekkasje på den ene av disse. Denne lekkasjen er nettopp utbedret. Stendavatnet er også hvileplass for måker som frekventerer Rådalen bossdeponi.



**Figur 1.1.** Kart over sentrale deler av Kalandsvassdraget.

Stendavatnet (LN 973 872) ligger 40 moh. Innsjøen er 36 meter dyp og har et volum på 3,95 mill. m<sup>3</sup> (tabell 1.1). Vannutskiftningen varierer sterkt avhengig av mengden vann som overføres fra Klokkarvatnet. I 2002 ble 9,2 mill. m<sup>3</sup> overført. Dette gir en total tilrenning på 15 mill m<sup>3</sup> dette året, og dermed en vannutskiftning på 3,8 ganger i 2002.

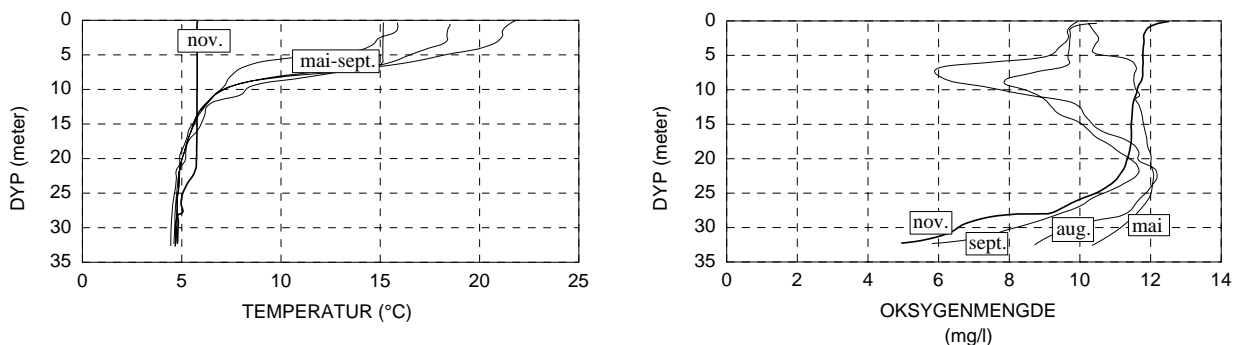
**Tabell 1.1.** Morfologiske og hydrologiske data for Stendavatnet i Kalandsvassdraget.

Areal (km <sup>2</sup> )	Maks dyp (m)	Snitt dyp (m)	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	Utskifting (ganger/år)
0,326	36	12	3,95	3,8

Stendavatnet er tidligere undersøkt i 1983 (Aanes & Brettum 1985), i 1993 (Hobæk mfl. 1994), i 1996 (Bjørklund 1997) og i 1999 (Hobæk 2000). I tillegg ble innsjøsedimentene undersøkt i 1998 med hensyn på forurensning av tungmetaller (Hobæk 1998), samt at elever ved Stend Jordbruksskole hadde et prosjekt i Stendavatnet i 1997 (Stend Jordbruksskole 1997).

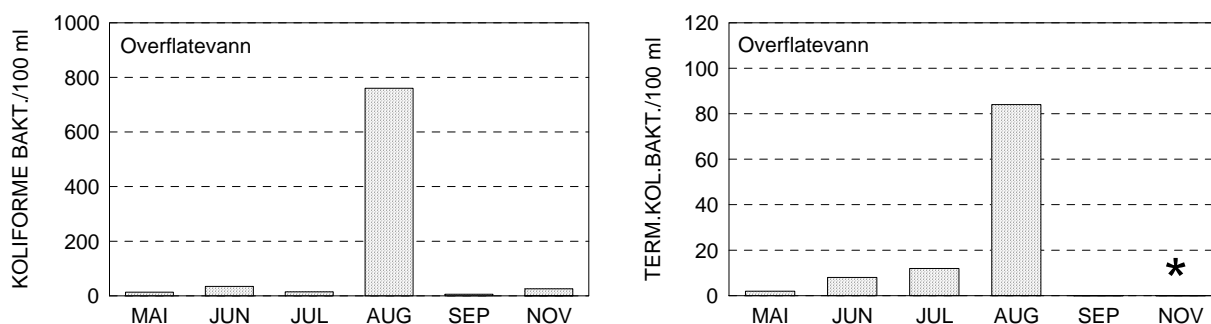
## RESULTATER

Stendavatnet hadde stabil temperatursjiktning hele sommeren, og i begynnelsen av november hadde det fremdeles ikke vært full omrøring av vannmassene. Da vi målte den 5. november var det like før omrøring, og sprangsjiktet var nede rundt 25 meters dyp (figur 1.2). Oksygeninnholdet var nær metning i hele undersøkelsesperioden, og det var ingen fare for oksygenfritt dypvann der. På grunnlag av laveste målte oksygeninnhold på 4,96 mg O/l i november ble tilstandsklassen III for denne parameteren.



**Figur 1.2.** Temperatur- og oksygenprofiler i Stendavatnet i perioden mai til november 2002 (vedleggstabell 2). Målingene er utført med en YSI instrument med nedsenkbar sonde og gjort ved innsjøens dypeste punkt.

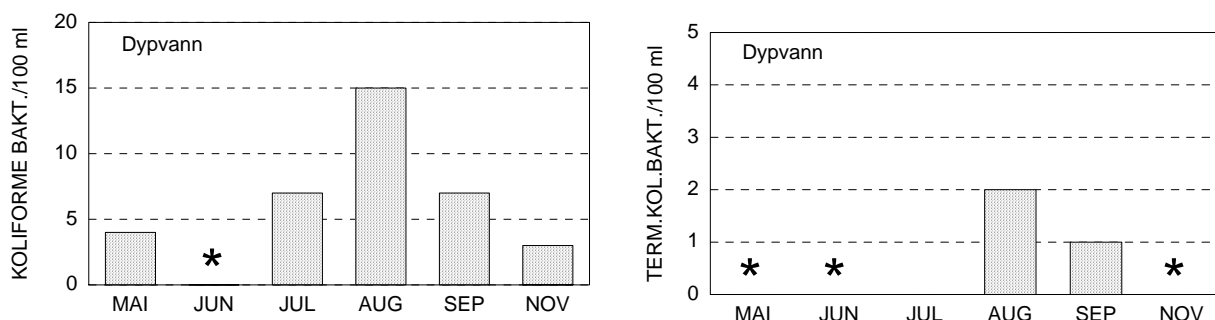
Innholdet av tarmbakterier ble undersøkt både i overflatevannet og i dypvannet i Stendavatnet. Tarmbakteriekonsentrasjonene i overflatevannet var stort sett lave, med konsentrasjoner under 40 koliforme bakterier og under 20 termotolerante koliforme bakterier (figur 1.3). Bare i august var innholdet av begge typer bakterier høyere, og på grunnlag av dette klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III.



**Figur 1.3.** Antall koliforme bakterier pr. 100 ml (til venstre) og termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml (til høyre) i månedlige prøver fra overflatevannet i Stendavatnet i perioden mai til november 2002. Prøvene er tatt på ca. 20 cm dyp ved innsjøens dypeste punkt (vedleggstabell 1). \* = bakteriekonsentrasjonen er oppgitt som < 2 bakt./100 ml.

I dypvannet i Stendavatnet var tarmbakterieinnholdet meget lavt (figur 1.4). Sikre indikatorer på fekal forurensning (termotolerante koliforme bakterier) ble kun påvist i august og september, og da i meget små mengder.





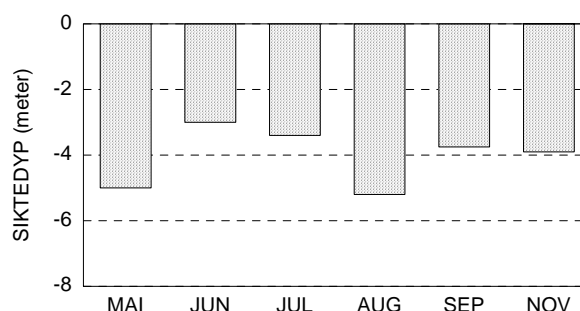
**Figur 1.4.** Antall koliforme bakterier pr. 100 ml (til venstre) og termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml (til høyre) i månedlige prøver fra dypvannet i Stendavatnet i perioden mai til november 2002. Prøvene er tatt på 30 meters dyp ved innsjøens dypeste punkt (vedleggstabell 2). \* = bakteriekonsentrasjonene oppgitt som < 2 bakt./100 ml. NB. Y-aksene er forskjellige i figurene av overflatevannet og dypvannet.

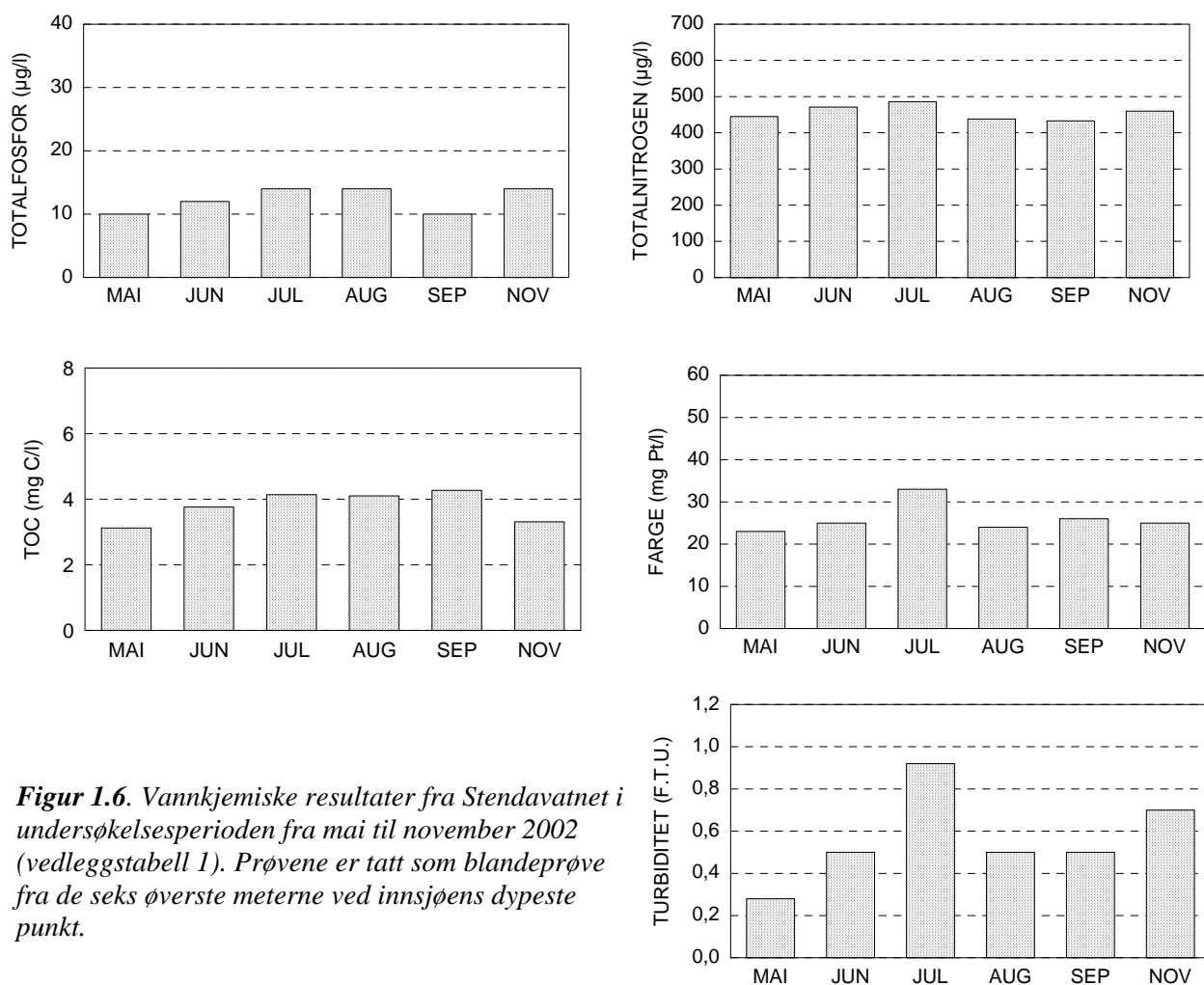
Innholdet av næringsstoffer var forholdsvis lavt og relativt stabilt (figur 1.6, oppe). Med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 12 µg/l og av totalnitrogen på 456 µg/l klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III for både fosfor og nitrogen. Med hensyn på fosforinnholdet var det på grensen til klasse II.

Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var også relativt stabilt og verdiene lå like rundt 4 mg C/l ved alle målingene (figur 1.6, i midten). I september ble TOC også målt i dypvannet, og det var da på 2,99 mg C/l. Dette var lavere enn i overflaten som på samme tidspunkt hadde 4,27 mg C/l (vedleggstabell 1.2). Med en gjennomsnittlig verdi for alle målingene på 3,67 mg C/l, klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III, men konsentrasjonen ligger like på grensen til klasse II. Fargetallet (figur 8, i midten) varierte omtrent på samme måte som TOC; men var relativt sett litt høyere i juli. Med et gjennomsnittlig fargetall på 26 mg Pt/l ble tilstandsklassen III også for denne parameteren. Turbiditeten var også lav (figur 1.6) og med et gjennomsnitt på 0,6 F.T.U. klassifiseres Stendavatnet i tilstandsklasse II.

Siktedypet i Stendavatnet lå vanligvis rundt 4 meter. Laveste siktedyp ble målt i juni og juli, mens største ble målt i mai og august (figur 1.5). Gjennomsnittssiktedypet var på 4,0 meter og på grunnlag av dette klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse II-III.

**Figur 1.5.** Siktedyp i Stendavatnet ved seks tidspunkt sommeren 2002. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.

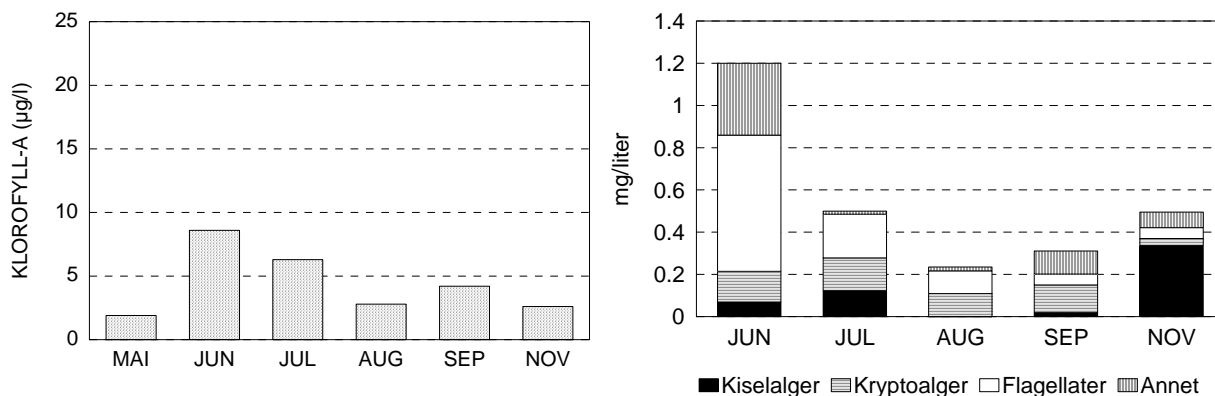




**Figur 1.6.** Vannkjemiske resultater fra Stendavatnet i undersøkelsesperioden fra mai til november 2002 (vedleggstabell 1). Prøvene er tatt som blandeprøve fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Algemengdene i Stendavatnet var middels høye (figur 1.7). Med et gjennomsnittlig klorofyllinnhold på 4,4 µg/l tilsvarer det tilstandsklasse III. I september og oktober så vi store mengder alger på vannflaten, men klorofyllmålingene tyder på at dette bare var et fenomen i overflatevannlaget. Trolig var dette blågrønnalger. Målt som algevolument, var algemengdene relativt lave (figur 1.7). Med et gjennomsnittlig algevolument på 0,5 mg/l og med et største algevolument på 1,2 mg/l, klassifiseres innsjøen som lite til moderat næringsrik i henhold til Brettum (1989).

Algesamfunnet i Stendavatnet var dominert av kiselalger og kryptoalger ved de fleste prøvetakingene (figur 1.7). I juni var det også litt grønnalger i slekten *Sphaerocystis* (vedleggstabell 6). I november var kiselalgen *Asterionella formosa* den arten som forekom i høyest tetthet. Relativt lave algemengder uten dominans av enkeltarter tyder på lite næringsrike vannmasser.



**Figur 1.7.** Klorofyll konsentrasjoner ( til venstre) og algevolum og -typer ( til høyre) i Stendavatnet sommeren 2002 (vedleggstabellene 1.1 og 1.4). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Tettheten av dyreplankton i Stendavatnet var høyest i juni og juli, og det var små stadier av hoppekreps (nauplier og copepoditter) som dominerte gjennom hele sesongen (vedleggstabell 1.5). *Eudiaptomus gracilis* og *Cyclops scutifer* var de vanligste blant hoppekrepsene. Vannloppene utgjorde vanligvis rundt 25 % av dyreplaktonet, og dominerende arter har var *Daphnia galeata* og *Bosmina longispina*. Samtlige er vanlige arter i disse deler av landet. Generelt sett er dyreplanktonsamfunnet dominert av relativt små arter. De eneste store artene av dyreplankton var *Megacyclops gigas* og *Heterokope saliens*.

Hjuldryrsamfunnet var dominert av de meget vanlige artene *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella hiemalis* og slekten *Conochilus* (vedleggstabell 1.4). Totalt sett ble rundt ti ulike arter påvist i Stendavatnet.

## VURDERING

Sommeren 2002 var tilstanden i Stendavatnet den beste som noen gang er observert (tabell 1.2). Riktignok ble Stendavatnet klassifisert på samme måte i 1993, men målingene var i gjennomsnitt høyere i 1993. Dette på tross av at vannoverføringene fra Klokkarvatnet var mindre i 2002 enn i 1993. I år med liten vannoverføring blir vannkvaliteten i Stendavatnet dårligere fordi det blir mindre fortykning av forurensningstilførselene. Det ble ikke påvist vesentlige mengder tarmbakterier i dypvannet, og dette indikerer også at det ikke er vesentlige lekkasjer fra kloakkledningene gjennom Stendavatnet.

**Tabell 1.2.** Tilstandsklassifisering av Stendavatnet i 1983 (Aanes og Brettum 1985), i 1993 (Hobæk mfl. 1994), i 1996 (Bjørklund 1997), i 1999 (Hobæk 2000) og i 2002. Samtlige data er klassifisert i henhold til SFT sitt sist oppgraderte klassifikasjonssystem (SFT 1997a).

År	Næringssalter	Organisk stoff	Tarmbakterier	Turbiditet
1983	IV	III	IV	II
1993	III	III	III	II
1996	IV	V	II	II
1999	III	IV	III	II
2002	III	III	III	II

## TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Innholdet av tarmbakterier i Stendavatnet i 2002 var lavt ved de fleste prøvetakingene (tilstandsklasse I-II), men ved prøvetakingen i august var tarmbakterieinnholdet noe høyere og på grunnlag av høyeste målte konsentrasjon klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III ("Mindre god"). Et forurensningsmønster med liten forurensning ved samtlige prøvetakinger bortsett fra i august var tilfelle både i overflatevannet og i dypvannet og for både koliforme- og termotolerante koliforme bakterier.

Det går to kloakkledninger gjennom Stendavatnet og begge er utbedret i løpet av 2001/2002 da det ble påvist lekkasjer derfra. Undersøkelsen tyder på at dette har gitt gode resultater ettersom innholdet av tarmbakterier i 2002 generelt sett er meget lavt og lavere enn ved noen av de forrige undersøkelsene.

I august derimot var forurensningen adskillig høyere enn normalnivået både i overflatevannet og i dypvannet. To dager før prøvetaking var det ekstreme nedbørmengder i Bergen med over 70 mm nedbør på ett døgn. Både overløp på kloakkledningsnettet og arealavrenning er derfor aktuelle forurensningskilder. Med hensyn på forurensningen i dypvannet er det høyst sannsynlig at dette skyldes tilførsler fra overflaten, ved at bakteriene har fulgt med partikler som har sunket til bunns. Dersom det hadde vært lekkasje på kloakkledningen ville en påvist tarmbakterier der også ved de andre prøvetakingene.

## TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Stendavatnet er middels næringsrikt og klassifiseres totalt sett i tilstandsklasse III med hensyn på virkning av næringssalter. Klassifiseringen bygger på et lavt/middels høyt innhold av fosfor og nitrogen (klasse III for begge), en middels høy klorofyll-konsentrasjon (klasse III) og et middels høyt oksygenforbruk (klasse III). Næringsinnholdet i innsjøen er det laveste som er registrert siden undersøkelsen i 1993.

Beregninger av fosfortilførslene til Stendavatnet (etter modell av Berge 1987) viser at tilførslene likevel var større enn de burde være. Regnet ut fra målte konsentrasjoner mottok innsjøen rundt 340 kg fosfor i 2002, mens tålegrensen dette året var på rundt 240 kg. Beregningene er basert på antatt overføring av 9,2 mill. m<sup>3</sup> vann fra Kalandsvassdraget. Dette er tre ganger mindre enn beregnede tilførsler i 1999 (Hobæk 2000)

Algemengdene i Stendavatnet tilsvarte mengdene en vanligvis finner i lite til middels næringsrike innsjøer (SFT 1997, Brettum 1989). Det ble ikke registrert noen ny algeoppblomstring på ettersommeren dette året slik det ble påvist i 1999 (Hobæk 2000), i 1996 (Bjørklund 1997) og i 1993 (Hobæk mfl. 1994). Det ble heller ikke påvist noen større mengder av blågrønnalger på ettersommeren dette året, selv om det trolig var en del blågrønnalger som fløt i overflaten ved et av prøvetakingstidspunktene. Overføringen av vann var mindre enn i både 1999 og 1996, så trolig er de reduserte algemengdene en effekt av reduserte kloakktilførsler etter utbedringene av kloakkledningen gjennom innsjøen.

Dyreplanktonsamfunnet i Stendavatnet var dominert av hoppekreps som gjennomsnittlig utgjorde rundt 75 % av planktonsamfunnet hele sesongen, med *Eudiaptomus gracilis* og *Cyclops scutifer* som vanligst forekommende. Vannloppene ble bare påvist i mindre mengder, og dominerende arter var *Daphnia galeata* og *Bosmina longispina*. Det var ingen vesentlig endring i dyreplanktonsamfunnet dette året sammenlignet med 1999. Generelt sett var dyreplanktonsamfunnet dominert av små arter, men innenfor de enkelte artene var dyrene relativt sett uvanlig store sammenlignet med størrelsen på arten i andre innsjøer. Dette kan være en tilpasning for å unngå å bli spist av *Heterocope saliens* som er en rovform som spiser andre, mindre planktondyr. Denne arten ble imidlertid bare påvist i lav tetthet. Dominansen av hoppekreps og kun små arter av vannlopper gjør at dyreplanktonsamfunnet kun i liten grad er i stand til å regulere algemengdene i innsjøen. Dominansen av små arter, og liten tetthet av større arter tyder også på at beitepresset fra fisk er moderat stort i Stendavatnet.

## **TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF**

Stendavatnet hadde et middels høyt innhold av organisk stoff og vurderes totalt sett til tilstandsklasse III ("Mindre god"). Dette bygger på at totalt innhold av organisk stoff og fargetall begge ga tilstandsklasse III, oksygeninnholdet i dypvannet ga klasse III og gjennomsnittlig siktedyp ga tilstandsklasse II - III. Innholdet av organisk stoff var lavere i dypvannet enn i overflaten i september.

Både målingene av totalt organisk karbon og fargetallet viste at innholdet av organisk stoff i innsjøen var relativt stabilt gjennom undersøkelsesperioden, men med noe høyere mengder i perioden juli til september. I innsjøer uten menneskelige tilførsler vil tilførsler fra døde planter i nedslagsfeltet samt innsjøens eget plante- og algesamfunn være viktigste kilder og dette vil stort sett gjøre seg gjeldende på ettersommeren og høsten. Dersom en ser bort fra siste måling, er det ingen vesentlig endring i innholdet av organisk stoff siden 1999. Siste måling i 2002 ble tatt nesten en måned seinere enn i 1999, og dette kan forklare forskjellen på denne tiden.

Oksygenforbruket i dypvannet var adskillig lavere i 2002 enn ved undersøkelsene i 1996 og 1999. I 2002 ble det fremdeles påvist 5 mg O/l i dypvannet så seint som i november, mens det i 1999 og 1996 var nesten oksygenfritt allerede i midten av oktober. Med hensyn på oksygenforbruket er innsjøen på nivå med tilstanden i 1993, men overføringene av vann var mindre i 2002 enn den gang. Dette tyder derfor på at også tilførslene av organisk stoff har vært mindre.

## **PARTIKKELINNHOLD**

Innholdet av partikler i Stendavatnet var meget lavt og tilsvarer tilstandsklasse II. Grunnlaget for klassifiseringen er en lav turbiditet (klasse II) og et bra siktedyp (klasse II-III). Det er ingen vesentlig variasjon i partikkelinnholdet i Stendavatnet mellom de ulike årene.

## MÅLEDATA

**Vedleggstabell 1.1:** Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater, samt siktedyp, fra overflatevann i Stendavatnet ved seks tidspunkt i 2002. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp, pH og den bakteriologiske prøven er tatt på 0,5 meters dyp. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services as.

PARAMETER	ENHET	29.mai	19. juni	25. juli	22. aug.	25. sept	5. nov.	Snitt
Farge	mg Pt/l	23	25	33	24	26	25	26,0
Turbiditet	F.T.U.	0,28	0,5	0,92	0,5	0,5	0,7	0,6
Ledningsevne	mS/m	7,87	8,18	7,08	7,53	7,61	7,72	7,7
Total-fosfor	µg P/l	10	12	14	14	10	14	12,0
Total-nitrogen	µg N/l	445	471	486	438	433	460	456,0
TOC	mg C/l	3,12	3,76	4,14	4,1	4,27	3,31	3,7
Koliforme bakterier	ant/100ml	14	35	15	760	6	26	143,0
Termotol.kolif. bakt	ant/100ml	2	8	12	84	0	< 2	18,0
Klorofyll a	µg/l	1,9	8,6	6,3	2,8	4,2	2,6	4,4
Siktedyp	m	5	3	3,4	5,2	3,75	3,9	4,0

**Vedleggstabell 1.2:** Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra dypvann i Stendavatnet ved seks tidspunkt i 2002. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er tatt på omtrent 33 meters dyp. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services as.

PARAMETER	ENHET	29.mai	19. juni	25. juli	22. aug.	25. sept	5. nov.
Koliforme bakterier	ant/100ml	4	< 2	7	15	7	3
Termotol.kolif. bakt	ant/100ml	< 2	< 2	0	2	1	< 2
TOC, dypvann	mg C/l					2,99	

**Vedleggstabell 1.3:** Temperatur- og oksygenmålinger i Stendavatnet ved fem tidspunkt i 2002. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med en YSI instrument med nedsenkbar sonde.

37769			37826			37854			37888			37929		
Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l
0.4	15.9	10.3	0.6	18.5	10.3	0.0	21.8	10.0	0.4	15.2	10.5	0.1	5.8	12.5
1.6	15.8	10.4	0.7	18.5	10.4	1.3	21.2	9.7	1.0	15.2	9.8	0.7	5.8	12.1
2.6	14.9	10.5	1.1	18.4	10.4	2.5	21.1	9.7	2.1	15.1	9.7	1.5	5.8	11.9
3.6	14.6	10.4	2.0	18.4	10.4	3.7	20.5	9.5	4.2	15.1	9.7	3.1	5.8	11.8
4.6	13.5	10.4	3.1	18.3	10.3	5.0	18.2	9.1	5.2	15.1	9.7	5.0	5.8	11.8
5.5	10.3	11.3	4.1	17.4	9.8	6.0	16.7	7.5	6.3	15.0	9.7	5.9	5.8	11.8
6.6	8.3	11.6	5.1	16.4	9.2	7.1	13.8	5.9	7.5	11.7	8.7	6.6	5.8	11.8
8.0	7.5	11.5	6.1	15.5	8.7	8.4	10.9	6.2	8.9	8.4	7.9	8.7	5.8	11.7
9.6	7.1	11.6	7.2	13.6	8.6	9.6	8.4	7.4	10.2	7.0	8.5	9.4	5.8	11.7
11.0	6.6	11.7	8.3	9.7	9.1	10.8	7.9	8.6	11.3	6.5	9.0	10.5	5.8	11.6
11.1	6.6	11.6	9.4	7.7	9.7	11.5	7.0	9.4	12.4	6.1	9.2	11.8	5.8	11.5
12.4	6.1	11.7	10.5	6.8	10.0	12.1	6.4	9.9	13.5	5.8	9.4	13.4	5.8	11.5
14.0	5.7	11.8	11.6	6.4	10.3	14.1	6.1	10.2	14.6	5.6	10.0	14.7	5.8	11.5
14.4	5.7	11.8	12.7	6.1	10.4	15.9	5.8	10.6	15.8	5.5	10.2	15.3	5.8	11.5
16.0	5.3	11.8	13.6	5.9	10.4	17.4	5.4	11.3	16.9	5.4	10.5	16.0	5.8	11.5
16.7	5.3	11.9	15.1	5.6	10.5	18.8	5.2	11.7	17.9	5.2	10.8	18.7	5.8	11.4
18.3	5.1	11.9	17.3	5.3	10.6	20.3	5.2	11.7	19.1	5.1	11.1	20.3	5.7	11.3
19.5	4.9	12.0	19.4	5.1	10.8	21.2	5.0	12.0	20.2	5.0	11.5	21.6	5.7	11.2
20.9	4.9	12.0	21.2	4.9	10.9	21.8	4.9	12.2	21.3	4.9	11.7	24.2	5.2	10.7
21.7	4.7	12.1	22.9	4.8	11.0	24.4	4.9	12.0	22.3	4.9	11.6	26.1	5.0	9.9
22.9	4.7	12.1	25.3	4.7	11.0	25.7	4.8	11.7	23.5	4.9	11.3	28.0	5.0	9.1
27.3	4.5	11.7	27.6	4.7	10.8	28.2	4.8	11.2	24.7	4.8	10.8	28.0	4.9	8.2
32.6	4.5	10.4	30.1	4.7	10.1	28.9	4.7	10.5	25.7	4.8	10.4	29.1	4.8	7.0
			31.8	4.6	9.3	30.1	4.7	9.7	26.8	4.8	10.0	31.2	4.8	6.1
			32.3	4.6	8.1	32.5	4.7	8.7	28.0	4.8	9.4	32.3	4.8	5.0
									29.2	4.8	8.7			
									30.3	4.7	8.0			
									31.4	4.7	7.2			
									32.3	4.7	5.8			

**Vedleggstabell 1.4:** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Stendavatnet ved fem tidspunkt i 2002. Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Dato:	19.jun		24.jul		22.aug		25.sep		05.nov	
	Ant.	Volum	Ant.	Volum	Ant.	Volum	Ant.	Volum	Ant.	Volum
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Asterionella formosa</i>							32000	0.0192	398000	0,3184
<i>Navicula</i> sp.	31000	0.014								
<i>Synedra</i> sp.	122000	0.0549								
<i>Tabellaria fenestrata</i>									32000	0.0192
Ubest.pennate diatomeer			245000	0.1225						
<b>CHLOROPHYCEAE</b>										
<i>Ankistrodesmus setigerus</i>	31000	0.0031							31000	0,0031
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					2000	0.0002				
<i>Ankyra judai</i>	61000	0.0061	31000	0.0031	153000	0.0153	92000	0.0092		
<i>Closterium</i> sp.									31000	0.0155
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	153000	0.0099								
<i>Nephrocytium</i> sp.							78000	0.0156		
<i>Sphaerocystis</i> sp.	1377000	0.1556					367000	0.0415		
<i>Staurastrum</i> sp.							10000	0.04	6000	0.024
<i>Staurodesmus</i> sp.	2000	0.008			2000	0.002				
Chlorophyceae sp.			4000	0.0004						
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>										
<i>Cryptomonas</i> sp.	92000	0.092	31000	0.031	92000	0.092	92000	0,092	14000	0,014
<i>Rhodomonas</i> sp.	673000	0.0538	1561000	0.1249	214000	0.0171	490000	0.0392	184000	0.0184
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>										
<i>Dinobryon borgei</i>	122000	0.0122								
<i>Mallomonas</i> sp.	92000	0.0736								
Chrysophyceae sp.			31000	0.0031						
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Gymnodinium</i> sp.	31000	0.031							31000	0.031
<b>CYANOPHYCEAE</b>										
<i>Anabaena spiroides</i>	26000	0.0029								
<i>Aphanocapsa</i> sp. (kol.)	92000	0.023								
<i>Aphanothece</i> sp. (kol.)	61000	0.0153								
<i>Chroococcus</i> sp.							16000	0.0029		
<i>Lyngbya limnetica</i> (kol.)			31000	0.0078						
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>										
Ubest. flagellater < 5 µm	6519000	0.2151	2282000	0.0753	1591000	0.0525	918000	0.0129	245000	0.0277
Ubest. flagellater > 5 µm	3803000	0.4297	1163000	0.1314	490000	0.0554	337000	0.0381	1683000	0.0236
<b>SAMLET</b>										
	13288000	1,2002	5379000	0,4995	2544000	0,2345	2432000	0,3106	2655000	0,4949



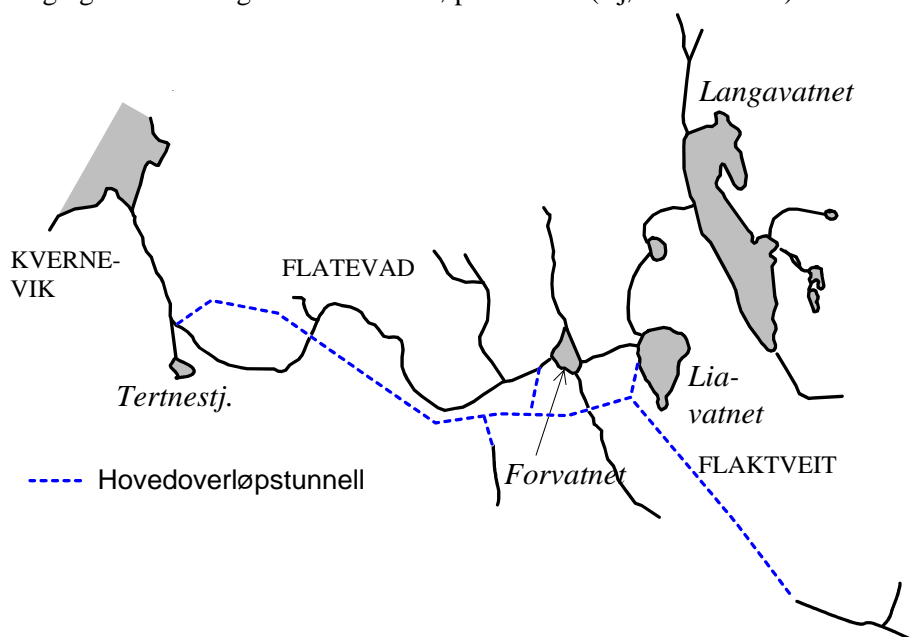
**Vedleggstabell 1.5.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i seks prøver fra Stendavatnet i 2002. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 23 metrene av vannsøylen, og er analysert av cand. scient. Erling Brekke. Forekomst av hjuldyr er inndelt i fem grupper, der \* = lavt antall og \*\*\*\*\* = meget høyt antall.

	29. mai.	19. jun.	25. jul.	22. aug.	25. sep.	5. nov.
<b>VANNLOPPER (CLADOCERA)</b>						
<i>Bosmina longispina</i>	0	1	1472	463	926	197
<i>Bosmina longirostris</i>	52	0	0	0	0	0
<i>Bythotrephes longimanus</i>	2	11	0	1	0	0
<i>Daphnia galeata</i>	1772	467	4713	1065	1297	282
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0	0	113	417	139	0
<i>Holopedium gibberum</i>	0	0	0	0	0,3	0
<b>HOPPEKREPS (COPEPODA)</b>						
<i>Cyclops abyssorum</i>	41	99	212	39	62	23
<i>Cyclops scutifer</i>	151	283	255	81	58	8
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0	340	665	232	208	220
<i>Eucyclops serrulatus</i>	63	0	0	0	0	0
<i>Hetercope saliens</i>	18	198	65	6	0,3	0,0
<i>Megacyclops gigas</i>	0	0	0	0,3	2	0,3
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>	18	127	8	0	0	0
<i>Calanoide nauplier</i>	266	849	3397	463	185	139
<i>Cyclopoide nauplier</i>	1994	9851	10361	3057	4493	1529
<i>Calanoide copepoditter</i>	1817	1996	1868	1112	463	185
<i>Cyclopoide copepoditter</i>	709	241	594	417	695	602
<i>Macrocyclops abbidus</i>	0	0	0	0	1	0
<b>TOTALTETTHET AV VANNLOPPER OG HOPPEKREPS (ant/m3)</b>						
	6903	14463	23725	7353	8530	3185
<b>HJULDYR</b>						
<i>Ascomorpha ecaudis</i>				*		
<i>Asplanchna priodonta</i>						*
<i>Collotheca</i> spp.				****	*	
<i>Conochilus</i> sp.	***** (*)	*****	*****	****	*****	****
<i>Kellicottia longispina</i>	*****	****	****	***	***	***
<i>Keratella cochlearis</i>	****	***	***	***	**	***
<i>Keratella hiemalis</i>	****	***	**	*	*	
<i>Lecane</i> sp.			*			
<i>Polyarthra</i> sp.	***	**	*	***		
<i>Synchaeta</i> sp.	**				***	***
<i>Synchaeta</i> spp.		*	***	***		

## 2. LIAVATNET

Liavatnet (NVE nr. 26581) ligger sentralt i Midtbygdavassdraget i Bergen kommune nær de store befolkningskonsentrasjonene i Flaktveit-området (figur 2.1). Innsjøen ligger 89 meter over havet og har et nedbørfelt på 6,95 km<sup>2</sup>. Berggrunnen er dominert av bergarten anorthositt, og rundt Langavatn finnes det kvartærgeologiske og nyere løsmasseavsetninger. Bebyggelsen i det lokale nedbørfeltet er tilknyttet offentlig kloakkledningsnett, mens det rundt Langavatnet er noe bebyggelse med separate kloakkanlegg. Der er det også noe landbruksdrift. Forventet naturtilstand med hensyn på næringsrikhet er 10 µg fosfor/liter for Liavatnet (Johnsen mfl. 1992). Årlig middelavrenning for nedbørfeltet til Liavatnet er 67 l/s km<sup>2</sup> (NVE 1987).

Langs vassdraget går det en offentlig kloakktunnel som også sørger for overløpsvannet (figur 2.1), og denne tar inn vann fra Liavatnet i perioder med høy vannføring. Det er ikke gjennomført resipientundersøkelser av Liavatnet tidligere. Men i 1996 ble det gjort en undersøkelse av Midtbygdavassdraget med tanke på kloakkforurensning og forurensning via denne overløpstunnelen (Bjørklund 1996).



**Figur 2.1.** Kart over Midtbygdavassdraget.

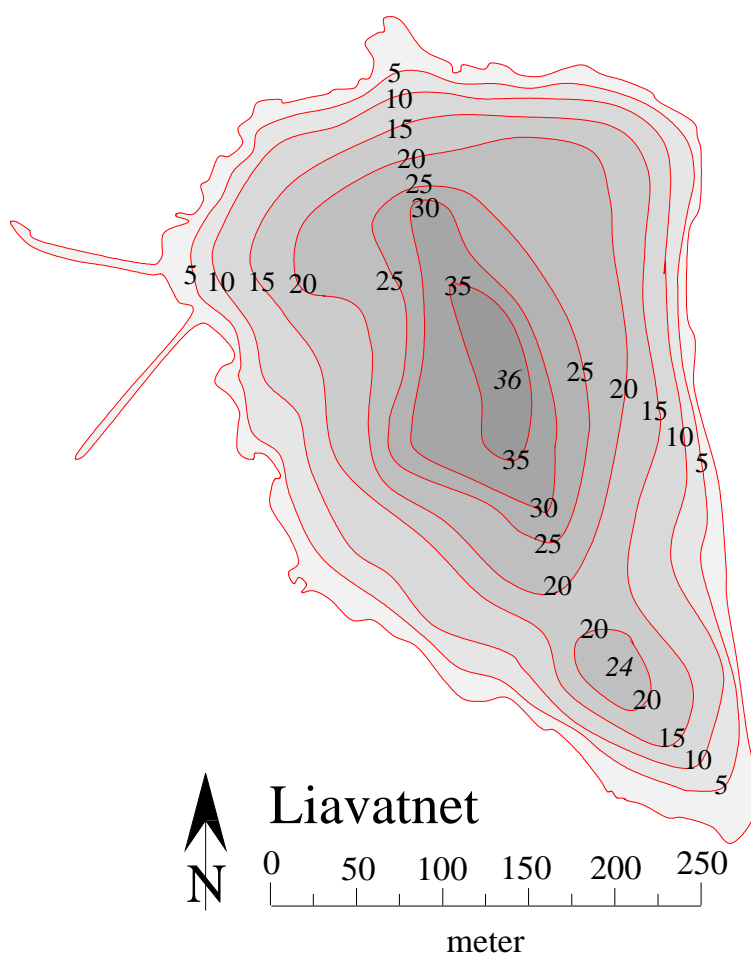
Liavatnet er 36 meter dypt (figur 2.2) og har et volum på 1,99 mill. m<sup>3</sup> (tabell 2.2). Teoretisk vannutskifting er beregnet til 7,4 ganger pr. år (tabell 2.1).

**Tabell 2.1.** Morfologiske og hydrologiske data for Liavatnet.

Tilrenning (mill.m <sup>3</sup> /år)	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	Volum (mill. m <sup>3</sup> )	Maksimumsdyp (meter)	Gjennomsnittsdyp (meter)	Vannutskifting (ganger/år)
14,7	0,118	1,99	36	16,9	7,4

**Tabell 2.2.** Areal og dybdeforhold i Liavatnet. Arealet er av 5-meters kotene fra figur 1.2, volumene er for tilsvarende sjikt og volumet under dybene er angitt.

Dyp / Sjikt (meter)	Areal (km <sup>2</sup> )	Volum av sjikt (mill m <sup>3</sup> )	Volum under (mill m <sup>3</sup> )
0	0.118	0.554	1.992
5	0,104	0.484	1.438
10	0,09	0,391	0.954
15	0.067	0,276	0,563
20	0.044	0.161	0,287
25	0.021	0.080	0,126
30	0.011	0.037	0,046
35	0.003	0.008	0,008
36	0	0	0

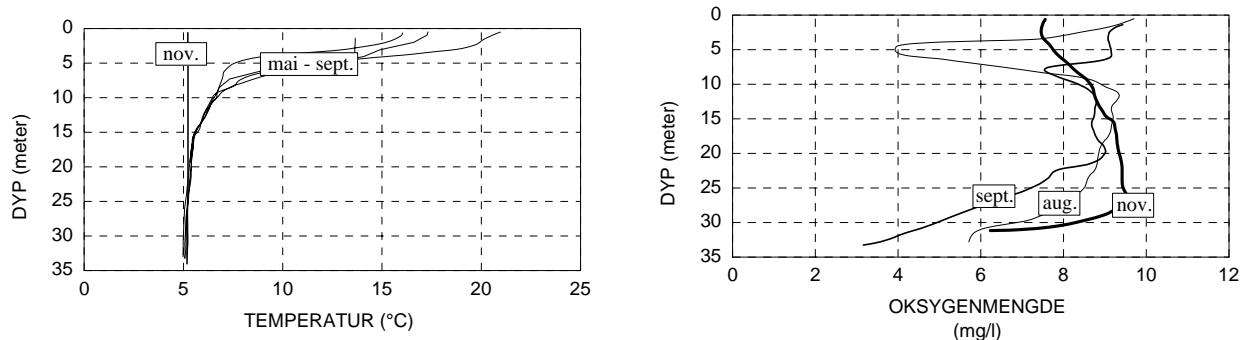


**Figur 2.2.** Dybdekart av Liavatnet. Kartet er utarbeidet i forbindelse med denne undersøkelsen og er tegnet med fem-meters koter.

# RESULTATER

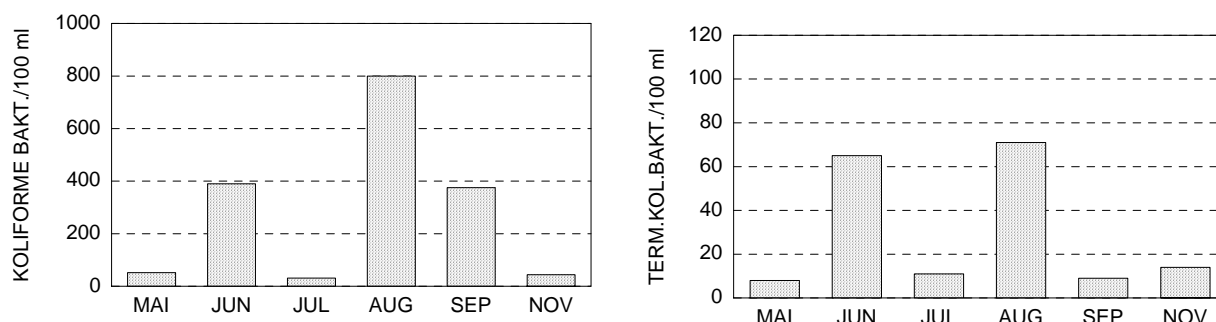
## VANNKVALITET

Temperatursprangsjiktet i Liavatnet lå rundt 5 meter det meste av sommeren, og høstomrøringen fant sted rundt månedsskiftet oktober/november (figur 2.3). Oksygenmålingene viste at oksygeninnholdet i dypvannet under sprangsjiktet avtok jevnt utover sommeren og var nede rundt 2,5 mg/l i september. Utover i oktober fram mot høstomrøringen vil oksygeninnholdet fortsette å avta, men målingene tyder ikke på at det ble oksygenfritt dypvann i innsjøen. Ved målingen i november var oksygeninnholdet i dypvannet høyere enn i september fordi omrøringen hadde ført nytt oksygen til dypvannet. Klassifisert ut fra dårligste måling ble tilstandsklassen IV for Liavatnet.



**Figur 2.3.** Temperatur- og oksygenprofiler i Liavatnet sommeren 2002 (vedleggstabell 2.2). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode og gjort ved innsjøens dypeste punkt.

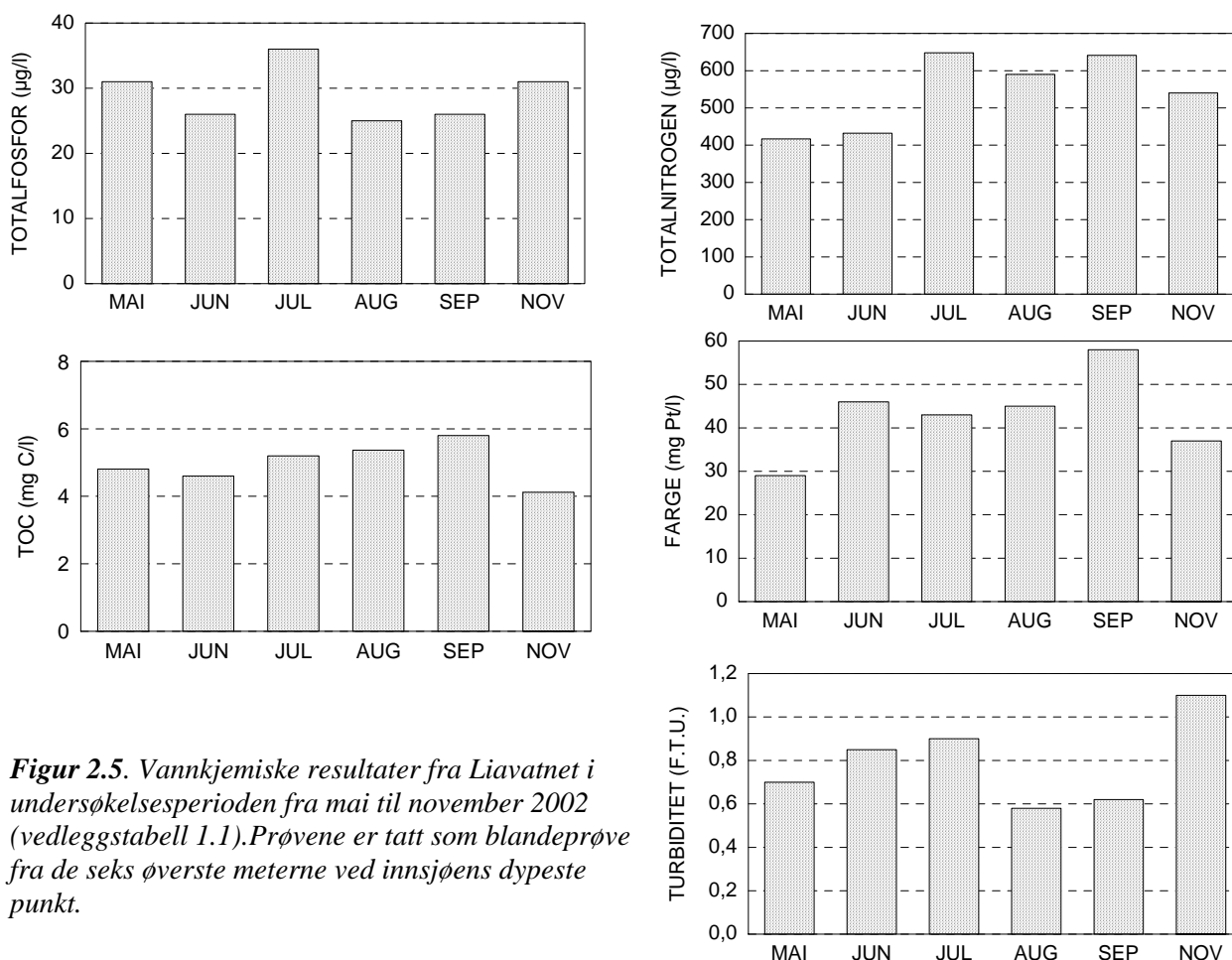
Bakteriekonsentrasjonene i Liavatnet varierte en del. I juni og august var bakterieinnholdet middels høyt, mens det de andre månedene var adskillig lavere (figur 2.4). På grunnlag av konsentrasjonene av termotolerante koliforme bakterier i august klassifiseres Liavatnet i tilstandsklasse III.



**Figur 2.4.** Innhold av tarmbakterier i Liavatnet ved seks tidspunkt sommeren 2002 (vedleggstabell 1.1). Prøvene er tatt på 0,2 meters dyp ved innsjøens dypeste punkt.

Innholdet av næringsstoffer var høyt i Liavatnet (figur 2.5, oppe), og med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 29  $\mu\text{g/l}$  og av totalnitrogen på 545  $\mu\text{g/l}$  klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse IV for fosfor og III for nitrogen.

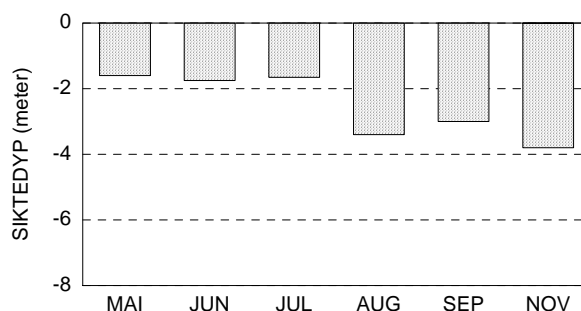
Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var relativt jevnt i undersøkelsesperioden og lå mellom fire og seks mg C/l (figur 2.5, i midten). Høyest konsentrasjon på 5,8 mg C/l ble målt i september. I september ble TOC også målt i dypvannet, og det var da på 3,7 mg C/l, - altså lavere enn i overflatevannet (vedleggstabell 2.1). Med en gjennomsnittlig verdi for alle målingene på 4,8 mg C/l klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III. Fargetallet (figur 2.5, i midten) økte utover høsten, men var lavere igjen i november. Med et gjennomsnittlig fargetall på 43 mg Pt/l ble tilstandsklassen IV for denne parameteren. Turbiditeten var lav (figur 2.5, nederst) og med et gjennomsnitt på 0,8 F.T.U. klassifiseres Liavatnet i tilstandsklasse II for partikkelinnhold.



**Figur 2.5.** Vannkjemiske resultater fra Liavatnet i undersøkelsesperioden fra mai til november 2002 (vedleggstabell 1.1). Prøvene er tatt som blandeprøve fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Siktedypet i Liavatnet var lite. Laveste siktedyp ble målt i perioden mai til juli da det var under 2 meter (figur 2.6). Største siktedyp ble målt i november. Gjennomsnittssiktedypet var på bare 2,5 meter og på grunnlag av dette klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse IV.

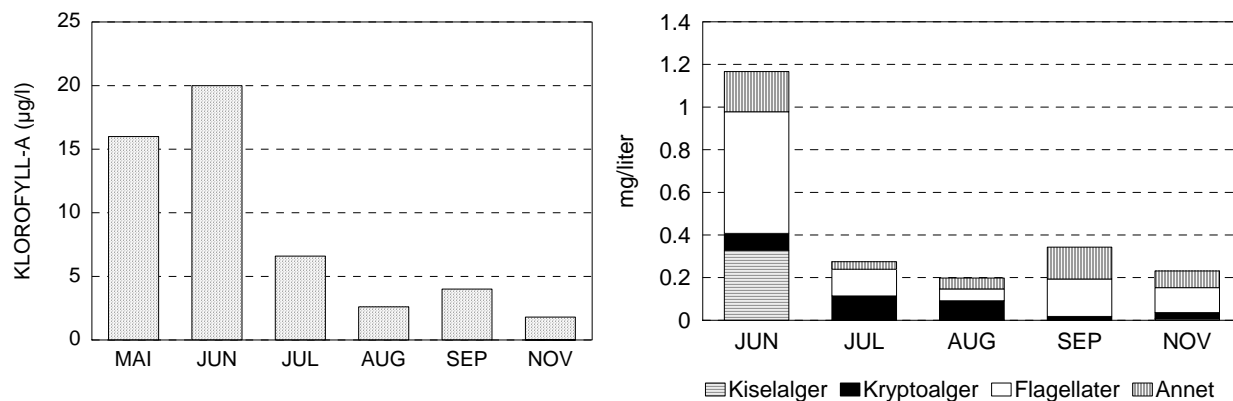
**Figur 2.6.** Siktedyp i Liavatnet ved seks tidspunkt sommeren 2002. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.



Algemengdene i Liavatnet var høye vurdert ut fra klorofyllinnholdet (figur 2.7), store algemengder i mai og juni, men adskillig mindre mengder i juli og resten av sesongen. Et gjennomsnittlig klorofyllinnhold på 8,5 µg/l tilsvarer tilstandsklasse IV. I september og oktober så vi store mengder alger på vannflaten, og trolig var dette blågrønnalger. Klorofyllmålingene tyder imidlertid på at dette bare var et fenomen i overflatevannlaget. Målt som algevolum, var imidlertid algemengdene lave (figur 2.7). Med et gjennomsnittlig algevolum på 0,4 mg/l og med et største algevolum på 1,2 mg/l klassifiseres innsjøen som lite til moderat næringsrik i henhold til Brettum (1989). Det er imidlertid ingen målinger av algevolumet i mai, og som klorofyllkonsentrasjonene viser, var algemengdene store på dette tidspunktet (figur 2.7). Vi

må derfor anta at de gjennomsnittlige algemengdene ville vært litt større dersom denne prøven var inkludert, og at algevolument ville tilsvart det en finner i middels næringsrike innsjøer.

Algesamfunnet i Liavatnet besto hovedsakelig av mange typer små alger uten dominans av noen enkeltart (vedleggstabell 2.3). Flagellater og monader samt kryptoalger i slektene *Chryptomonas* og *Rhodomonas* ble påvist ved alle prøvetakingene (figur 2.7). I juni ble en del diatomeer påvist, men ellers var det ingen enkeltarter eller slekter som ble påvist i større mengder.



**Figur 2.7.** Klorofyll konsentrasjoner ( til venstre) og algevolument og -typer ( til høyre) i Liavatnet sommeren 2002 (vedleggstabellene 2.1 og 2.3). Prøvene er tatt som blandeprøve fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Tettheten av dyreplankton i Liavatnet var høyest ved prøvetakingene i juni og juli (vedleggstabell 2.4). Hoppekrepsene dominerte sterkt i innsjøen, og i mai og juni utgjorde de hele 99 % og 98 % av totalt antall registrerte dyreplankton. Lavest var dominansen i juli da de utgjorde 81 % av dyreplanktonsamfunnet. Ved alle prøvetakingene var det tidlige stadier av hoppekreps som dominerte antallsmessig, og spesielt de cyklopoide naupliene utgjorde en stor andel. *Cyklops scutifer* og *Eudiaptomus gracilis* var de dominerende artene blant hoppekrepsen, mens *Bosmina longispina*, *Daphnia cf. galeata* og *Daphnia cf. longispina* var de dominerende blant vannloppene. Samtlige påviste arter er vanlig forekommende i slike små og lavtliggende innsjøer.

Hjuldryrsamfunnet var dominert av de meget vanlige artene *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella hiemalis* samt slekten *Polyarthra* (vedleggstabell 1.4). Slekten *Conochilus* ble påvist i meget høye tettheter ved prøvetakingene i mai, juli og august, men manglet fullstendig ved de tre andre.

## FISKEBESTANDS-UNDERSØKELSEN

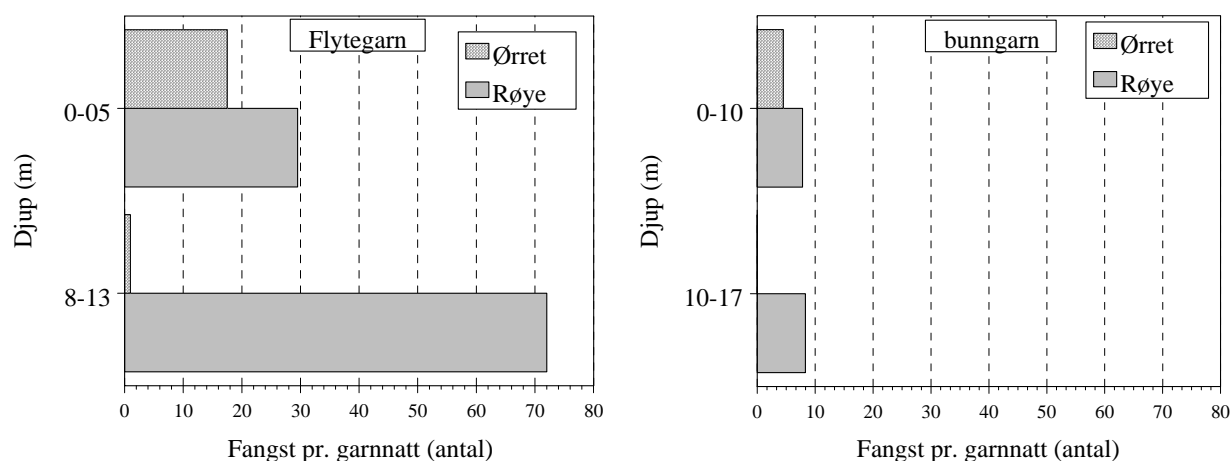
Det var pent og varmt vær under garnfisket 12.-13. september 2002. Overflatetemperaturen var 18.5 °C. Siktdypet var ca 3 m. Det ble fanget ørret og røye i Liavatnet, men det er høyst sannsynlig også ål i innsjøen.

Totalt ble det fanget 322 fisk, fordelt på 55 ørret (17 %) og 267 røye (83 %). Av fiskene som ble fanget i de åpne vannmassene var 15 % ørret og 85 % røye. I bunngarna var fordelingen 22 % ørret og 78 % røye. Røyen er altså den klart mest tallrike, både bentisk og pelagisk, og dominerer totalt i dypet (tabell 2.3). I flytegarna var fangst per garnnatt 29,5 røye 17,5 ørret på dypet 0-5 m, og 72 røye og 1 ørret på 8-13 m. På bunngarn ble det fanget 4,5 ørret per garnnatt grunnere enn 10 m, og ingen dypere enn 10 m. Fangstene av røye per garnnatt i bunngarn var omtrent like med henholdsvis 7,8 og 8,3 røye på dyp fra 0 til 10 m og fra 10 til 17 m (tabell 2.3). Vær oppmerksom på at arealet til et flytegarn er mye større enn arealet til et bunngarn og at fangstene i bunngarn og flytegarn derfor ikke er direkte sammenlignbare.

**Tabell 2.3.** Fangst per garn og totalt for ørret og røye, og biomasse per garn og totalt ved prøvefiske i Liavatnet 12.-13. september 2002.

	Ørret	Røye	Totalt	
	antall (%)	antall (%)	antall	biomasse (kg)
<b>Flytegarn</b>				
F1 (0-5 m)	17	30	47	6
F2 (0-5 m)	18	29	47	6,9
F 0-5 m per garnnatt	17,5 (37 %)	29,5 (63 %)	47	6,5
F3 (8-13 m)	0	80	80	9
F4 (8-13 m)	2	64	66	6,8
F 8-13 m per garnnatt	1 (1 %)	72 (99 %)	73	7,9
Sum flytegarn	37 (15 %)	203 (85 %)	240	28,8
<b>Bunngarn</b>				
B1 (0-10 m)	1	22	23	2,2
B4 (0-10 m)	7	1	8	1,3
B5 (0-8 m)	5	5	10	2,2
B6 (0-8 m)	5	3	8	1,2
B 0-10 m per garnnatt	4,5 (37 %)	7,8 (63 %)	12,3	1,7
B2 (10-13 m)	0	23	23	2,4
B3 (13-17 m)	0	10	10	1,8
B 10-17 m per garnnatt	0 (0 %)	8,3 (100%)	8,25	2,5
Sum bunngarn	18 (22 %)	64 (78 %)	82	10,5
Totalfangst	55 (17 %)	267 (83 %)	322	39,2

Bare en av 73 ørret ble fanget på bunngarn dypere enn 10 m eller på flytegarn dypere enn 8 m, mens 66 % av røyene ble fanget på disse dyp. De to fiskeartene var altså tydelig segregert i dyp, med ørret øverst og de fleste røyene dypere enn to siktedyp i vannsøylen (tabell 2.3, figur 2.8).



**Figur 2.8.** Fordeling (fangst pr. garnnatt) av ørret og røye i fleromfars flytegarn (venstre) og bunngarn (høyre) under prøvefiske i Liavatnet 12. til 13. september 2002. Merk at fangsttinnnsatsen er ulik for flytegarn og bunngarn da arealet pr. maskevidde ikke er det samme (25 m<sup>2</sup> pr maskevidde/garn for flytegarn og 3,75 m<sup>2</sup> pr. maskevidde for bunngarn).

## Størrelse, alder og kjønnsmodning

Den største ørreten som ble fanget var 313 mm lang og veide 302 gram. Denne ørreten var 4 år gammel, og dermed blant de eldste ørretene i fangsten. Det var ingen forskjell i størrelse eller alder på ørret som ble fanget i bunngarn og på flytegarn. Gjennomsnittsvekten ( $\pm$  standard avvik, antall) for bentisk og pelagisk ørret var henholdsvis 187 gram ( $\pm 74$ ,  $n = 18$ ) og 179 gram ( $\pm 46$ ,  $n = 19$ ). Det ble fanget ørret som var ett, to, tre og fire år gamle, men i bunngarna utgjorde to og treårige 72% av fangsten av ørret og i flytegarna utgjorde treårige ørret 79 % av fangsten av ørret.

Ingen ettårige ørret var kjønnsmodne, mens henholdsvis 60 % og 75 % av hanner og hoer av toåringer var kjønnsmodne. For tre- og fireårige fisk var henholdsvis 73 % og 100 % av ørreten kjønnsmodne.

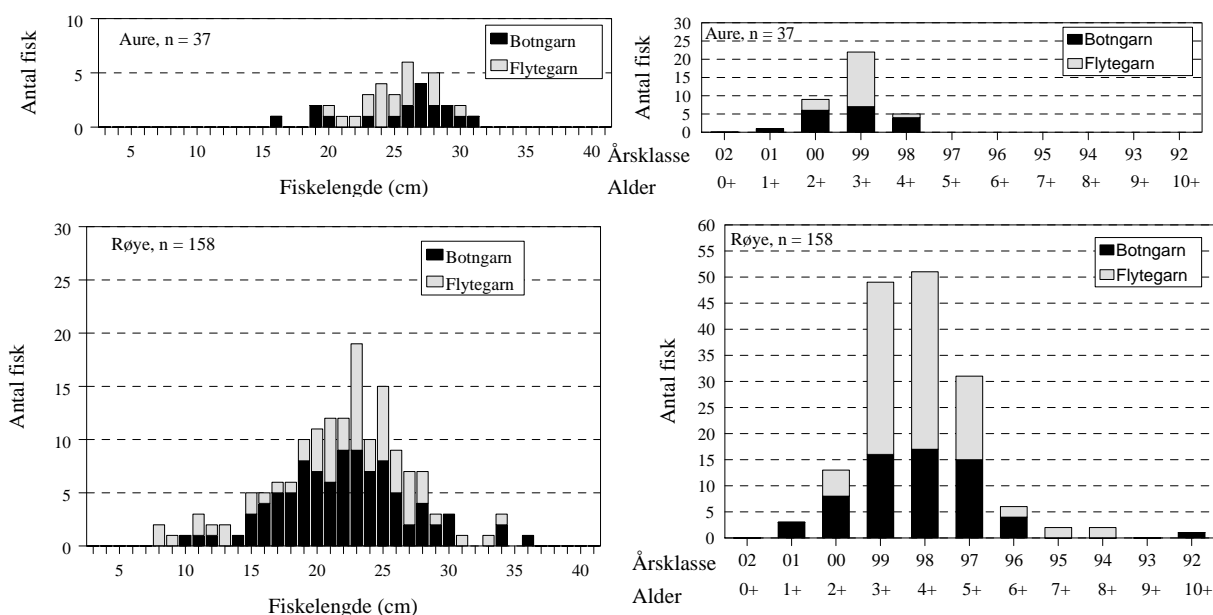
Den største røya var 367 mm lang og veide 329 gram, alderen var 8 år. Den eldste røya som kunne aldersbestemmes var 10 år gammel. Det var ingen forskjell i størrelse eller alder på røye som ble fanget i bunngarn og på flytegarn. Gjennomsnittsvekten ( $\pm$  standard avvik, antall) for bentisk og pelagisk røye var henholdsvis 111 gram ( $\pm 65$ ,  $n = 64$ ) og 110 gram ( $\pm 65$ ,  $n = 94$ ). Det ble fanget røye som var ett til ti år gamle, men i bunngarna utgjorde tre- fire- og femåringer 75 % av fangsten av røye og i flytegarna utgjorde tre og fireåringer 71 % av fangsten av røye.

Ingen toåringer eller yngre røye var kjønnsmodne, mens henholdsvis 23 %, 77 % og 91 % av tre, fire og femårig hannrøye var kjønnsmodne. For hunnrøye var tilsvarende verdier henholdsvis 15%, 76 % og 77 %.

Alder ved kjønnsmodning er definert som den yngste aldersgruppen der 50 % eller mer av fisken er kjønnsmodne. For ørret er alder ved kjønnsmodning to år mens den for røye er fire år (tabell 2.4).

Kondisjonsfaktoren til ørret lå i intervallet 0,9 til 1,3, uten noen tendens til høyere eller lavere K-faktor for eldre fisk. Røya var slankere med K-faktor i intervallet 0,5 til 1,1. De yngste og eldste aldersgruppene hadde lavest kondisjonsfaktor. Det generelle inntrykket var likevel at fiskene hadde relativt god kvalitet.

Så godt som all fisk hadde lyserød kjøttfarge. Bare syv av de minste røyene hadde hvit kjøttfarge.



**Figur 2.9.** Lengdefordeling (venstre) og alders- og årsklassefordeling (høyre) av ørret og røye i prøvofiskefangster på fleromfars bunngarn og flytegarn i Liavatnet i Åsane, 12.- 13. september 2002. Det er ikke korrigert for ulike fangststinsats på flytegarn sammenlignet med bunngarn.



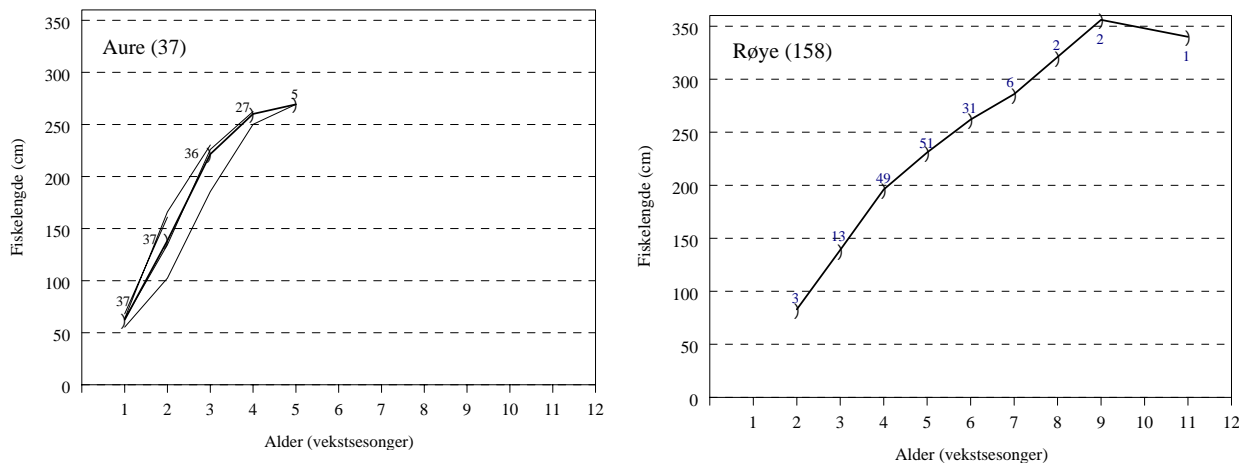
**Tabell 2.4.** Antall, kjønnsfordeling, kjønnsmodning og gjennomsnittlig lengde, vekt og kondisjonsfaktor ( $\pm$  standard avvik) hos ørret og røye som ble fanget under prøvefisket i Liavatnet 12.-13. august 2002.

Ørret												
Alder	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7	8+	9+	10+	totalt
Årsklasse	-02	-01	00	-99	-98	-97	-96	-95	-94	-93	-92	
Antall	0	1	9	22	5	0	0	0	0	0	0	37
Antall ♂:♀	-	0	0,21	0,466	0,04	-	-	-	-	-	-	0,722
% modne ♂	-	-	60	73	100	-	-	-	-	-	-	71
% modne ♀	-	0	75	73	100	-	-	-	-	-	-	75
Snittlengde (cm)	-	161	230	262	269	-	-	-	-	-	-	-
$\pm$ SD lengde	-	-	37	23	36	-	-	-	-	-	-	-
Snittvekt (g)	-	43	146	199	206	-	-	-	-	-	-	-
$\pm$ SD vekt	-	-	66	42	69	-	-	-	-	-	-	-
Snitt k-faktor	-	1	1,13	1,09	1,04	-	-	-	-	-	-	1,09
$\pm$ SD k-faktor	-	-	0,1	0,09	0,12	-	-	-	-	-	-	0,09
Røye												
Alder	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7	8+	9+	10+	totalt
Årsklasse	-02	-01	00	-99	-98	-97	-96	-95	-94	-93	-92	
Antall	0	3	13	49	51	31	6	2	2	0	1	158
Antall ♂:♀	-	0,13	0,38	0,9354	26:25	0,759	0,2	0	0	-	0	85:73
% modne ♂	-	0	0	23	77	94	100	100	100	-	-	58
% modne ♀	-	0	0	15	76	77	50	-	100	-	100	49
Snittlengde (cm)	-	83	139	196	231	262	286	321	356	-	340	221
$\pm$ SD lengde	-	5	26	26	24	25	28	28	16	-	-	52
Snittvekt (g)	-	4	24	70	117	166	211	267	277	-	196	111
$\pm$ SD vekt	-	1	13	27	36	42	66	13	74	-	-	65
Snitt k-faktor	-	0,62	0,82	0,89	0,92	0,91	0,9	0,8	0,61	-	0,5	0,88
$\pm$ SD k-faktor	-	0	0,1	0,06	0,07	0,07	0	0,2	0,1	-	-	0,09

## Vekst

Tilveksten til ørret er beregnet fra skjellanalyser, mens tilveksten til røya er anslått ut fra lengdene til de ulike aldersgruppene. Lengden til ørreten er i gjennomsnitt 68 mm etter første vekstsesongen. Det var stor variasjon i materialet og lengdene til ettårig ørret varierte fra 45 til 90 mm. Da skjellmaterialet var lett å tyde er dette trolig reelle mål. Denne variasjonen skyldes høyst sannsynlig stor variasjon i de mulige gytelokalitetene for ørret i vassdraget. Bekkene der ørret med minst førsteårsvekst er klekket er trolig kalde grunnet tilførsel av grunnvann. Ørreten vandrer ut i vassdraget etter ett eller to år i elven, og gjennomsnittlig tilveksten første år i innsjø er like over 10 cm. Etter det første året i innsjøen med svært god vekst stagnerer veksten til 2-5 cm årlig.

Tilveksten til røye er langsommere og jevnere enn tilveksten til ørret. For de årsklassene vi har data fra er den årlige tilveksten ca 5 cm de første årene og 3-4 cm de neste.



**Figur 2.10.** Venstre: Tilbakeregnet vekst basert på avlesing av skjell fra 37 ørret og høyre: gjennomsnittslengde for ulike aldersgrupper av røye fanget ved prøvefisket i Liavatnet i august 2002.

### Ernæring og parasitter

Mageinnholdet til fiskene ble vurdert under oppgjøringen. Det var liten variasjon i mageinnholdet. Hos røya ble det bare funnet plankton i magene, mens det hos ørret ble funnet andre fødeorganismer som fjærmygglarver, fjærmyggpupper og igler hos et fåtall individer.

Magefylling ble bestemt etter en skala fra 0-5, der 0 er tom mage og 5 er utspilt magesekk. Gjennomsnittlig magefylling ( $\pm$  SD) var  $2,9 \pm 1,5$  for ørret og  $3,4 \pm 3,5$  for røye.

Forekomsten av synlige parasitter i bukhulen ble notert. I de fleste tilfeller dreier dette seg om makroparasitter som måsemark og fiskeandmark (*Diphyllobothrium* sp.) eller røyemark (*Eubothrium salvelini*). Parasittasjonsgrad ble grovt bestemt etter en skala fra 0-3, der 0 er lite eller ikke synlig parasittert fisk og 3 svarer til svært mye parasitter. Gjennomsnittlig belastning for ørret var  $1,1 \pm 0,2$  og for røye  $0,9 \pm 0,5$ . For ørret var det en svak tendens til økning i parasittasjonsgrad med økende alder, for røye var denne tendensen mye klarere.

### MILJØGIFT-UNDERSØKELSEN

**Sedimentenes** innhold av metaller i Liavatnet var lavt med hensyn på samtlige av de undersøkte metallene (vedleggstabell 2.5). Nesten alle ble klassifisert til tilstandsklasse I “ubetydelig forurenset” i SFT (1997a) sitt klassifikasjonssystem. Bare kobber og bly ble klassifisert i klasse II “moderat forurenset”, men innholdet av bly var så lavt at det var på grensen til klasse I. For krom finnes det ikke noe klassifiseringssystem i ferskvann, men nivået i Liavatnet tilsvarer klasse I dersom en bruker klassifiseringen av marine sedimenter (SFT 1997).

Innholdet av de organiske miljøgiftene PCB og PAH ble også undersøkt. Innholdet av polyklorete bifenylter (PCB) ble undersøkt ved å bruke  $\sum PCB_7$  som er en sum av standard sju enkeltforbindelser (SFT 1997a).  $\sum PCB_7$  i sedimentene i Liavatnet var på  $1,7 \mu\text{g}/\text{kg}$  (vedleggstabell 2.7). De polysykliske aromatiske hydrokarbonene ble også undersøkt (vedleggstabell 2.6) og  $\sum PAH$  i sedimentene var på  $715 \mu\text{g}/\text{kg}$ .

Det ikke utarbeidet noe nasjonalt klassifiseringssystem for organiske miljøgifter i sedimenter i ferskvann. Den videre klassifiseringen bygger derfor på klassifiseringssystemet for marine sedimenter (SFT 1997). På grunnlag av dette tilsvarer  $\sum PCB_7$  i Liavatnet tilstandsklasse I “Ubetydelig - Lite forurenset” mens  $\sum PAH$  tilsvarer tilstandsklasse II “Moderat forurenset”. De undersøkte enkeltkomponentene for  $\sum PAH$  tilsvarer imidlertid ikke helt det som er angitt i SFT (1997), for eksempel er naftalen inkludert her i motsetning til i SFT sitt system.

**Fisken** i Liavatnet ble også undersøkt med hensyn på innhold av metaller, PAH og PCB. Analysene på metaller og PCB ble utført på blandprøver av hel fisk (skinn, bein, kjøtt og innmat) fra fem fisk av hver art fanget 12. september 2002. Gjennomsnittsalderen på fisken det ble tatt prøver av er 7,6 år for røye, og 3 år for ørret. Bare innhold av kvikksølv i ferskvannsfisk omfattes av et norsk klassifiseringssystem (SFT 1997a), og innholdet av kvikksølv var lavt både for røye og ørret vurdert i henhold til dette systemet. For røye og ørret ble verdiene på hhv. 0,15 mg/kg og 0,10 mg/kg klassifisert til tilstandsklasse I= “ubetydelig forurenset” (vedleggstabell 2.5, tabell 2.5).

Undersøkelse av PAH ble gjort på fisk fanget ved tre tidspunkter; høsten 2002, våren 2003 og høsten 2003. Ved den første undersøkelsen ble både røye og ørret undersøkt på blandprøve av kjøtt og innmat fra fem fisk av hver art. Våren 2003 ble også både røye og ørret undersøkt, denne gangen ble kun kjøttprøver analysert og prøvene besto av blandprøver av kun kjøtt fra 25 fisk av hver art. Høsten 2003 ble kun røye undersøkt, men da ble både kjøtt, mageinnhold og lever undersøkt hver for seg. Også denne gangen ble det analysert på blandprøver fra 25 fisk.

Årsaken til de gjentatte undersøkelsene av PAH var at det første gangen, høsten 2002, ble funnet spor av PAH- stoffer i blandprøvene av kjøtt og mageinnhold fra fisken (vedleggstabell 2.6). Totalsummen av PAH i ørret var da på 28,6 µg/kg, mens den i røye var på 284 µg/kg. Ingen av de undersøkte enkeltkomponentene i PAH var høye i ørret, men i røya var det flere komponenter som hadde relativt høye konsentrasjoner. Naftalen hadde en konsentrasjon på 27,2 µg/l, og de fleste “benzo-stoffene” hadde konsentrasjoner som var like høye eller høyere enn det en fant i sedimentene. Disse stoffene regnes blant de giftigste av PAH-stoffene.

For å vurdere PAH-innholdet i reint fiskekjøtt ble det fanget ny fisk i Liavatnet i april og september 2003. Der ble kun fiskekjøtt analysert med hensyn på innhold av PAH. Analysene ble utført på blandprøver av 25 fisk fra hver art. Fiskene som ble undersøkt i 2003 er noe mindre enn fisken fra høsten 2002 (tabell 2.5). Det ble ikke påvist noen PAH-stoffer i fiskekjøttet verken i røye eller ørret fangen våren 2003 (vedleggstabell 2.8). Det ble heller ikke påvist vesentlige mengder PAH verken i kjøtt, mageinnhold eller lever fra røye fanget høsten 2003 (vedleggstabell 2.9).

**Tabell 2.5.** Gjennomsnittlig lengde og vekt på fisken som ble levert inn for miljøgiftanalyse.

	Antall av hver art	Ørret		Røye	
		Lengde	Vekt	Lengde	Vekt
Høst 2002	5	324	240	283	236
Vår 2003	25	291	238	256	134
Høst 2003	25			269	182

Innholdet av PCB ble kun undersøkt i fisk fra høstfangsten, og innholdet var totalt sett litt høyere i ørret enn i røye. Summen av PCB ( $\sum \text{PCB}_7$ ) var på 7,35 µg/kg i ørret og 5,16 µg/kg i røye. Den største forskjellen var med hensyn på PCB # 28 (vedleggstabell 2.7).

## VURDERING

Liavatnet hadde en relativt dårlig vannkvalitet med et høyt innhold av næringsstoff (tabell 2.6) og fosfortilførsler som er omtrent fire ganger større enn tålegrensen. Innhold av organisk stoff var også høyt, men resulterte ikke i oksygenfritt bunnvann. Innholdet av tarmbakterier tyder på at både kloakk og/eller avrenning fra landbruksområder er aktuelle forurensningskilder.

Innholdet av miljøgifter i innsjøsedimentene var relativt lavt, men PAH-stoffet benzo(a)pyren var middels høyt. Innsjøens beliggenhet midt i et tettbebygde område med mange industribedrifter, bensinstasjon like ved og mye biltrafikk, gjør at kildene for tilførsler av miljøgifter kan være mange.

Det er både en tett bestand av røye og en middels tett bestand av ørret i Liavatnet. Innholdet av miljøgifter i både ørret og røye var lavt hele året.

**Tabell 2.6.** Tilstandsklassifisering av Liavatnet i 2002. Samtlige data er klassifisert i henhold til SFT sitt sist oppgraderte klassifikasjonssystem (SFT 1997a).

Næringsalter	Organisk stoff	Tarmbakterier	Turbiditet
IV	IV	III	II

### TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Liavatnet var forurensset av tarmbakterier i hele undersøkelsesperioden, og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse III ("Mindre god"). Dette tyder på at det er konstante kloakktilførsler til Liavatnet. I juni og august var tarmbakterieforurensningen høyere enn ellers. I august var det spesielt mye nedbør et par dager før prøvetaking, og både overløp på kloakkledningsnettet og arealavrenning er mulige forurensningskilder. Det er også mange ender som holder til ved innsjøen, og på strandområdene i sørøst ligger det mye fugleskitt. Avrenningen vil derfor føre mye tarmbakterier ut på innsjøen. Årsaken til forurensningen i juni kan være direkte tilførsler ettersom det ikke var vesentlig nedbør verken før eller under denne prøvetakingen.

### TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Liavatnet er næringsrikt og klassifiseres totalt sett i tilstandsklasse IV ("Dårlig") med hensyn på virkning av næringsalter. Klassifiseringen bygger på et høyt innhold av fosfor (klasse IV), et middels høyt nitrogeninnhold (klasse III), et høyt klorofyllinnhold (klasse IV) og et middels høyt oksygenforbruk (klasse IV-V).

Beregninger av fosfortilførslene til Liavatnet (etter modell av Berge 1987) viser at tilførslene var fire ganger større enn tålegrensen. Regnet ut fra målte konsentrasjoner mottok innsjøen i overkant av 600 kg fosfor i 2002, mens tålegrensen dette året var i underkant av 150 kg. Næringsstofftilførslene gjorde at mengdene i Liavatnet var middels store og tilsvarte mengdene en vanligvis finner i middels til næringsrike innsjøer (Brettum 1989). Mengdene var store i mai og juni, men det ble ikke registrert noen algeoppblomstring seinere på sommeren slik en ofte finner i meget næringsrike innsjøer.

Dyreplanktonsamfunnet i Liavatnet var dominert av hoppekreps som gjennomsnittlig utgjorde nesten 90 % av planktonsamfunnet gjennom hele sesongen. *Cyclops scutifer* og *Eudiaptomus gracilis* var de vanligste forekommende artene. Vannlopper ble bare påvist i mindre mengder, og dominerende arter var *Bosmina longispina*, *Daphnia cf. galeata* og *Daphnia cf. longispina*. Dominansen av hoppekreps og små arter av vannlopper gjør at dyreplanktonsamfunnet kun i liten grad er i stand til å regulere mengdene i Liavatnet. Dominansen av små arter, helt uten innslag av store arter tyder på at beitepresset fra fisk er relativt stort i Liavatnet.

## **PARTIKLER**

Partikkelinnholdet i Liavatnet var lavt og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse II. Dette er på grunnlag av lav turbiditet (klasse II) og på tross av et lite siktedyp (klasse IV). Ettersom det er dårlig samvariasjon mellom partikkelinnhold og siktedyp i Liavatnet, og ettersom fargetallet er høyt, antar vi at siktedypet der er redusert på grunn av fargetallet, ikke på grunn av partikkelinnholdet. Vi velger derfor å beholde klasse II for partikkelinnholdet i Liavatnet.

## **TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF**

Liavatnet hadde et høyt innhold av organisk stoff og vurderes totalt sett til tilstandsklasse IV. Dette bygger på et middels høyt innhold av organisk karbon (klasse III), et høyt fargetall (klasse IV), et lite siktedyp (klasse IV) og et meget stort oksygenforbruk i dypvannet (klasse IV). Det ble imidlertid ikke påvist oksygenfritt dypvann i Liavatnet.

Både kloakktilførsler, humus plante- og algeproduksjon i innsjøen, og muligens andre ikke spesifiserte stoffer kan være årsaken til det høye oksygenforbruket i dypvannet i Liavatnet.

## **FISKEBESTAND**

Liavatnet har en tett bestand av røye og en middels til tynn bestand av ørret. Røyene er noe magrere enn ørreten, men kvaliteten til både røye og ørret er likevel god. Parasitteringsgraden var lav. Firesommerglass ørret var i gjennomsnitt 26 cm lang og veide 200 gram. Røye av samme årsklasse var 20 cm lang og veide 70 gram. Mens ørretens leveområde er nær overflaten langs land eller over åpent vann, finnes røyen i store mengder i alle deler av innsjøen, også i dypet ned til minst 20 m. Det ble fanget røye av de fleste årsklasser yngre enn 10 år, mens det ikke ble fanget ørret eldre enn fire år.

Det ser ut til å være stabilt god rekruttering av røye i innsjøen, mens den lavere tettheten av ørret indikerer at rekrutteringen er lav. Det finnes ingen gode gytebekker for ørret til innsjøen og det er sannsynlig at ørretbestanden hovedsakelig holdes oppe ved innvandring fra Langavatnet.

## **MILJØGIFTER**

### **Miljøgifter i sedimenter**

Innholdet av metaller i sedimentene i Liavatnet var meget lavt i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1997a) og tilsvarte klasse I = "Ubetydelig forurenset" for nesten samtlige av de undersøkte metallene. Bare kobber- og blyinnholdet var litt høyere og tilsvarte tilstandsklasse II = "Moderat forurenset". Konsentrasjonene vi fant i Liavatnet var ikke vesentlig forskjellig fra de naturlige bakgrunnskonsentrasjonene av bly, nikkel, kadmium og kvikksølv i innsjøsedimenter på Vestlandet (Rognerud & Fjeld 1990) og i Bergensregionen (Jacobsen 1991). Liavatnet er på nivå med de minst forurensete sammenlignet med resultatene fra en undersøkelse av belastede innsjøer i Bergen (Hobæk 1998).

Også innholdet av organiske miljøgifter var relativt lavt. Klassifisert i henhold til SFT sitt system for marine sedimenter tilsvarte konsentrasjonen av  $\sum \text{PCB}_7$  tilstandsklasse I = "Ubetydelig forurenset". I en landsdekkende undersøkelse av sedimenter i hele Norge (Rognerud mfl. 1997), var det en generell trend at konsentrasjonene av PCB var høyest i Sør-Norge og avtok mot nord, men at det var det et generelt lavt innhold i innsjøsedimenter på Vestlandet. Dette stemmer bra med funnene fra Liavatnet, og sammenlignet med undersøkelsen av de belastede innsjøene i Bergen (Hobæk 1998) var forholdene i Liavatnet gode.

Konsentrasjonen av  $\sum \text{PAH}$  i sedimentene i Liavatnet tilsvarte tilstandsklasse II = "Moderat forurenset". Også for PAH-stoffene var forholdene i Liavatnet gode sammenlignet både med den landsdekkende undersøkelsen og undersøkelsen av belastede innsjøer i Bergen. Det må imidlertid bemerkes at ingen av disse undersøkelsene er helt sammenlignbare fordi det ikke har vært noen klare regler om hvilke PAH-stoffer som skulle inkluderes i slike undersøkelser. I denne undersøkelsen er det såkalte EPA-PAH oppsettet brukt. Ut fra de sammenlignbare stoffene var det to som hadde konsentrasjoner som var i overkant av gjennomsnittet i den landsomfattende undersøkelsen; antracen og benzo(a)pyren.

For antracenen var innholdet i sedimentene i Liavatnet på 50,1 µg/kg tørrstoff, som er omtrent det doble av medianverdien for de undersøkte innsjøene i Norge. Antracenen (cas-nr.120-12-7) finnes på en liste EU-kommisjonen har over prioriterte stoffer som det skal utarbeides grundige helse- og miljørisikovurderinger for. Antracenen finnes i steinkulltjære og brukes blant annet til impregnering av treverk og brukes ved framstilling av fargestoffer.

Benzo(a)pyren (cas-nr.50-32-8) er den vanligst undersøkte av de kreftfremkallende PAH-forbindelsene, og stoffet er giftig for vannlevende organismer og oppkonsentreres i næringskjeden. Stoffet er kreftfremkallende, arvestoffskadelig og reproduksjonsskadelig. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren i sedimentene i Liavatnet var på 173,5 µg/kg, hvilket tilsvarende tilstandsklasse III = "Markert forurenset" i SFT sitt klassifikasjonssystem for marine sedimenter. Totalt sett utgjorde denne forbindelsen en fjerdedel av totalsummen av PAH. Dette er relativt høyt sammenlignet med funnene i 69 innsjøer i hele landet (Rognerud mfl. 1997), der stoffet utgjorde omtrent en tiel av totalsummen av PAH. Benzo(a) pyren dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale og finnes derfor i forbrenningsavgasser fra biler, industri, ved og oljefyring, sigarettøyk osv.

### **Miljøgifter i fisk**

Innholdet av metaller var lavt både i ørret og røye sammenlignet med undersøkelser av normalverdier for metallinnhold i ferskvannsfisk fra lite påvirkede områder på 70-tallet (Grande 1979). Det er få undersøkelser på metallinnhold generelt, men med hensyn på kvikksølv foreligger det flere undersøkelser. Sammenlignet med undersøkelsene av fisk fra hele landet fanget i perioden 1995-99 (Fjeld mfl. 2001) var kvikksølvinnholdet i ørreten i Liavatnet lavt. I røya derimot var konsentrasjonene i Liavatnet 0,147 mg Hg/kg; noe som er dobbelt så høyt som landsgjennomsnittet. Kvikksølv forekommer i størst konsentrasjon i fiskekjøtt og anrikes i fisken med alder og vekst. De undersøkte røyene i Liavatnet var av de eldste vi fant, og dette kan muligens være grunn til at konsentrasjonen er høyere der.

SFT har utarbeidet et klassifiseringssystem for kvikksølv i fisk (SFT 1997a), og vurdert i forhold til dette ble innholdet i både ørret og røye klassifisert til tilstandsklasse I "ubetydelig forurenset". EU har egne grenseverdier for innhold av metaller i fiskekjøtt (pr. 5 april 2002), og her er øvre tillatte grense på 0,2 mg/kg for bly, 0,05 mg/kg for kadmium og 0,5 mg/kg for kvikksølv. Relatert til disse retningslinjene ligger begge artene innenfor grenseverdiene for disse stoffene.

Innholdet av PCB i fisken i Liavatnet var også relativt lavt. Sammenlignet med gjennomsnittet i ørret og røye i en undersøkelse av flere bestander i Norge (Fjeld mfl. 2001), hadde røya i Liavatnet mye lavere konsentrasjoner enn landsgjennomsnittet (hhv. 5,16 µg/kg mot 32,2 µg/kg), mens ørreten hadde noe høyere enn landsgjennomsnittet (hhv. 7,35 µg/kg mot 5,76 µg/kg). Som for innholdet av PCB i sedimentene er det en tilsvarende gradient for innholdet av PCB i fisk; med høyest konsentrasjoner i sør og avtagende konsentrasjoner nordover. I motsetning til i den landsomfattende undersøkelsen, var PCB-innholdet høyere i ørret enn i røye i Liavatnet.

PCB er en gruppe syntetiske klorforbindelser og ny bruk av PCB ble forbudt i Norge i 1980. PCB-forbindelsene forekom alltid i høyere konsentrasjoner i fisk enn i sedimentene i Liavatnet. Årsaken er at dette er lipofile forbindelser (binder seg til fettstoffer) som oppkonsentreres i organismers fettvev. PCB-forbindelsene er også meget stabile overfor biologisk nedbrytning. Stoffene har liten akutt giftighet men har en rekke kroniske giftvirkninger både på akvatiske og terrestre organismer, selv i lave konsentrasjoner. Det finnes ingen grenseverdier for innhold av PCB i matvarer i dag, men i følge SNT (Statens Næringsmiddeltilsyn) skal dette inkluderes i regelverket innen 2004.

PAH ble påvist i røya fra Liavatnet høsten 2002, men ikke i ørreten. Undersøkelsen av PAH i røya ble derfor gjentatt både våren og høsten året etter. Ved de to siste undersøkelsene ble det ikke påvist vesentlige mengder PAH verken i kjøttet, leveren eller mageinnholdet fra røya.

Funnet av PAH i røya høsten 2002 kan tilskrives et tilfeldig punktutslipp, der enten røyas mat kunne vært belastet eller at røya har spist i seg partikler med et høyt PAH-innhold. PAH-stoffer antas imidlertid ikke å finnes i store mengder i fiskekjøtt fordi fisken kan bryte det ned og skille det ut. Så selv om det skulle forekomme mindre PAH-forurensninger i innsjøen i perioder så vil ikke dette ha vesentlig betydning med tanke på PAH-innhold i fiskekjøttet over lengre tid. Analysestøy kan heller ikke utelukkes som forklaring på PAH-innholdet i 2002, da en her opererer med meget små konsentrasjoner nær analysens deteksjonsgrense.

Datagrunnlaget for de to undersøkelsene i 2003 er bedre enn i 2002, og tilsier at de siste bør tillegges størst vekt. Sett i lys av samtlige tre prøvetakinger tyder resultatene på at fisken i Liavatnet ikke inneholder vesentlige mengder verken av de undersøkte metallene, PCB- eller PAH-stoffene, og det bør derfor ikke være behov for noen form for kostholdsrestriksjoner på fisken fra Liavatnet.

## MÅLEDATA

**Vedleggstabell 2.1:** Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater, samt siktedyp, fra Liavatnet ved seks tidspunkt i 2002. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandepøver fra 0-6 meters dyp, pH og den bakteriologiske prøven er tatt på 0,5 meters dyp. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services as.

PARAMETER	ENHET	29.mai	19. juni	25. juli	22. aug.	25. sept	5.nov.	Snitt
Farge	mg Pt/l	29	46	43	45	58	37	43,0
Turbiditet	F.T.U.	0,7	0,85	0,9	0,58	0,62	1,1	0,8
Ledningsevne	mS/m	11,2	10,4	8,91	9,51	8,48	10,9	9,9
Total-fosfor	µg P/l	31	26	36	25	26	31	29,2
Total-nitrogen	µg N/l	417	432	648	590	641	540	544,7
TOC	mg C/l	4,81	4,6	5,2	5,37	5,8	4,12	4,3
TOC, dypvann	mg O/l					3,68		
Koliforme bakterier	ant/100ml	52	390	31	800	375	44	282,0
Termotol.kolif. bakt	ant/100ml	8	65	11	71	9	14	29,7
Klorofyll a	µg/l	16	20	6,6	2,6	4	1,8	8,5
Siktedyp	m	1,6	1,75	1,65	3,4	3	3,8	2,5

**Vedleggstabell 2.2:** Temperatur- og oksygenmålinger i Liavatnet ved fem tidspunkt i 2002 Oksygenverdiene er angitt i mg O/l. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med en YSI instrument med nedsenkbar sonde.

37769			37826			37854			37888			37929		
Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l	Dyp m	Temp C	Oks mg/l
0.6	16.0	10.9	0.5	17.3	9.6	0.5	21.0	9.7	1.4	13.7	9.4	0.6	5.2	7.6
1.1	15.9	11.3	1.0	17.3	9.6	1.4	20.3	9.3	2.0	13.7	9.2	2.8	5.2	7.5
2.8	13.7	10.8	2.0	16.6	9.3	2.5	19.6	8.4	3.1	13.6	9.1	4.3	5.2	7.7
3.7	10.4	10.2	3.1	14.9	8.0	3.4	17.3	7.4	4.2	13.6	9.1	5.6	5.2	7.8
4.7	7.9	10.6	4.0	14.1	7.3	4.5	13.6	4.0	5.2	13.3	9.2	6.8	5.2	8.1
6.0	7.1	11.0	5.0	12.0	6.8	5.4	11.0	4.0	6.1	10.2	9.1	8.0	5.2	8.3
7.2	7.0	11.1	6.1	9.0	6.9	6.4	9.0	5.1	7.8	8.0	7.5	9.8	5.2	8.6
8.3	6.8	11.1	7.3	7.3	7.7	7.4	7.9	6.4	8.9	7.1	7.9	12.4	5.2	8.8
9.2	6.7	11.1	8.5	6.8	8.3	8.3	7.5	7.5	10.0	6.7	8.4	14.0	5.2	9.0
10.1	6.6	11.1	9.6	6.6	8.8	9.4	6.6	8.7	11.1	6.4	8.7	14.9	5.2	9.1
10.5	6.5	11.1	10.8	6.4	9.3	10.3	6.4	9.0	12.4	6.1	8.8	15.2	5.2	9.2
11.6	6.3	11.1	12.9	6.1	9.5	11.4	6.2	9.3	13.5	5.9	8.8	16.5	5.2	9.3
13.4	6.0	11.1	13.1	6.0	9.5	12.3	6.0	9.3	14.6	5.7	8.7	19.4	5.2	9.3
14.7	5.6	11.0	15.6	5.5	9.5	13.2	5.9	9.2	15.7	5.6	8.7	21.3	5.2	9.4
16.1	5.5	11.0	17.9	5.4	9.5	14.9	5.7	9.2	16.8	5.5	8.7	24.4	5.2	9.4
19.3	5.3	10.5	19.9	5.3	9.6	15.4	5.5	9.2	18.0	5.5	8.8	26.8	5.2	9.5
			21.8	5.2	9.5	17.5	5.5	9.1	19.2	5.4	9.0	30.0	5.2	8.3
			24.1	5.2	9.1	18.1	5.4	9.0	20.2	5.4	9.0	31.2	5.2	6.2
			26.0	5.1	8.7	19.0	5.4	8.9	21.4	5.3	8.7	31.8	5.2	4.3
			28.3	5.0	8.1	20.3	5.4	8.8	22.5	5.3	7.8	34.0	5.2	2.5
			30.8	5.0	7.0	22.5	5.4	8.8	23.8	5.3	7.6			
			33.0	5.0	6.1	23.1	5.3	8.6	25.0	5.2	7.2			
						25.4	5.2	8.4	26.2	5.2	6.7			
						26.8	5.2	8.1	27.2	5.2	6.2			
						29.4	5.1	7.3	28.2	5.2	5.7			
						31.3	5.1	5.9	29.4	5.2	5.2			
						32.8	5.1	5.7	30.6	5.1	4.7			
									31.5	5.1	4.2			
									32.7	5.1	3.6			



**Vedleggstabell 2.3:** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Liavatnet ved fem tidspunkt i 2002. Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Dato:	19.jun		24.jul		22.aug		25.sep		05.nov	
	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Asterionella formosa</i>	31000	0.0248							8000	0.0064
<i>Synedra</i> sp.	31000	0.014								
Ubest.penn. diatomeer	643000	0.2894								
<b>CHLOROPHYCEAE</b>										
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>									153000	0.0153
<i>Ankistrodesmus setigerus</i>										
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	61000	0.0061					31000	0.0031		
<i>Ankyra judai</i>	122000	0.0122	184000	0.0184	184000	0.0184	31000	0.0031		
<i>Closterium</i> sp.	2000	0.001								
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	1255000	0.0816								
<i>Elakatothrix</i> sp.	61000	0.0061								
<i>Scenedesmus</i> sp.	10000	0.0005								
<i>Sphaerocystis</i> sp.	122000	0.0138	8000	0.0009	16000	0.0018				
<i>Staurastrum</i> sp.	2000	0.008	2000	0.008			32000	0.128	8000	0.032
Chlorophyceae sp.	31000	0.0031								
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>										
<i>Cryptomonas</i> sp.	31000	0.0031	92000	0.092	61000	0.061	8000	0.008	2000	0.002
<i>Rhodomonas</i> sp.	949000	0.0759	275000	0.022	306000	0.0306	122000	0.0098	275000	0.0275
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>										
<i>Synedra</i> sp.					31000	0.0155				
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Ceratium hirundinella</i>							4000	0.007		
<i>Gymnodinium</i> sp.	31000	0.031							31000	0.031
Dinoflagellat sp.					31000	0.0155				
<b>CYANOPHYCEAE</b>										
<i>Anabaena spiroides</i>	153000	0.0173								
<i>Chroococcus limneticus</i>							4000	0.008		
<i>Lyngbya limnetica</i> (kol.)	31000	0.0078	31000	0.0078						
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>										
Ubest.flagellater < 5 µm	8518000	0.1193	3042000	0.0426	1958000	0.0274	3346000	0.1104	2915000	0.0408
Ubes.flagellater > 5 µm	3993000	0.4512	734000	0.0829	245000	0.0277	581000	0.0657	673000	0.076
<b>SAMLET</b>										
	16077000	1,1662	4368000	0,2746	2832000	0,1979	4159000	0,3431	4065000	0,231

**Vedleggstabell 2.4.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i seks prøver fra Livatnet i 2002. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 23 metrene av vannsøylen, og er analysert av cand. scient. Erling Brekke. Forekomst av hjuldyr er inndelt i fem grupper, der \* = lavt antall og \*\*\*\*\* = meget høyt antall.

	29. mai.	19. jun.	25. jul.	22. aug.	25. sep.	5. nov.
<b>VANNLOPPER (CLADOCERA)</b>						
<i>Bosmina longispina</i>	52	580	14777	1575	649	39
<i>Bythotrephes longimanus</i>	0	4	0	5	0,3	0
<i>Chydorus sphaericus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Daphnia cf. galeata</i>	11	354	778	324	602	564
<i>Daphnia cf. longispina</i>	4	170	580	1204	417	8
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0	71	127	93	8	0
<i>Polyphemus pediculus</i>	0	0	2	0	0	0
<b>HOPPEKREPS (COPEPODA)</b>						
<i>Cyclops scutifer</i>	620	4756	4586	556	81	4
<i>Cyclops abyssorum</i>	11	0	85	185	39	19
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	576	3397	311	463	1343	1297
<i>Heterocope saliens</i>	4	241	34	6	4	0
<i>Calanoide nauplier</i>	133	5605	2378	278	46	46
<i>Cyclopoide nauplier</i>	4209	21911	53673	18807	10562	9728
<i>Calanoide copepoditter</i>	266	7813	7983	1668	324	185
<i>Cyclopoide copepoditter</i>	6735	18854	849	324	232	232
<b>TOTALTETTHET AV VANNLOPPER OG HOPPEKREPS (ant/m3)</b>						
	12621	63754	86167	25489	14306	12121
<b>HJULDYR</b>						
<i>Ascomorpha ecaudis</i>					**	
<i>Asplanchna pridonata</i>						*
<i>Conochilus</i> sp.	*****		*****	*****		
<i>Euchlanis</i> sp.					*	
<i>Filinia longiseta</i>						***
<i>Kellicottia longispina</i>	****	*****	*****	****	****	****
<i>Keratella cochlearis</i>	***	****	***	***	****	****
<i>Keratella hiemalis</i>	****	****	**	**	**	***
<i>Polyarthra</i> sp.	***	****	****	***	**	
<i>Synchaeta</i> sp.					****	*
<b>ANDRE (totalt antall)</b>						
<i>Chaoborus flavicans</i>					7	1
Midd	1	1	1	1		

**Vedleggstabell 2.5:** Innhold av metaller (ppm) i sedimenter (105 °C tørrstoff), røye og ørret fra Liavatnet sommeren 2002. Sedimentprøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene av fisk er tatt som blandeprøve av kjøtt og innmat fra fem store fisk. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services AS.

PARAMETER	ENHET	SEDIMENT	RØYE	ØRRET	FISK NORMAL (muskel-lever)
Kobber (Cu)	ppm	45,4	1,4	4,2	0,8-40
Sink (Zn)	ppm	145	14,6	26,4	10-80
Bly (Pb)	ppm	33,6	< 0,1	< 0,1	0,1-0,2
Krom (Cr)	ppm	28,7	< 0,1	< 0,1	0,1-0,2
Nikkel (Ni)	ppm	25,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Kadmium (Cd)	ppm	0,163	0,044	0,022	0,01-0,3
Kvikksølv (Hg)	ppm	0,138	0,147	0,097	0,2

**Vedleggstabell 2.6:** Innhold av PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i sedimenter (105 °C tørrstoff), røye og ørret fra Liavatnet sommeren 2002. Sedimentprøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene av fisk er tatt som blandprøver av kjøtt og innmat fra fem store fisk. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services AS.

PARAMETER	ENHET	SEDIMENT	RØYE	ØRRET
Naftalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	1,1	27,2	< 2,0
Acenaftylen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1,0	< 2,0	< 2,0
Acenaften	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1,0	< 2,0	< 2,0
Fluoren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1,0	< 2,0	2,1
Fenatren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	56,7	< 2,0	2,4
Antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	50,1	< 2,0	2,4
Fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	119,7	< 2,0	< 2,0
Pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	124,7	< 2,0	< 2,0
Benzo(a)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	20,2	23,5	< 2,0
Chrysen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	22,1	9,4	< 2,0
Benzo(b)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	63,5	90,8	< 2,0
Benzo(k)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	29,5	28,1	< 2,0
Benzo(a)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	173,5	77	5,9
Indeno(123cd)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	5,7	6,3	5,5
Dibenzo(a,h)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	10,2	< 2,0	< 2,0
Benzo(g,h,i)perylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	37,5	21,3	< 2,0
PAH sum	$\mu\text{g}/\text{kg}$	714,9	283,6	28,6

**Vedleggstabell 2.7:** Innhold av PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i sedimenter (105 °C tørrstoff), røye og ørret fra Liavatnet sommeren 2002. Sedimentprøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene av fisk er tatt som blandeprøve av kjøtt og innmat fra fem store fisk. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services AS.

PARAMETER	ENHET	SEDIMENT	RØYE	ØRRET
PCB # 28	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,20	0,13	2,59
PCB # 52	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,20	0,37	1,21
PCB # 101	$\mu\text{g}/\text{kg}$	0,46	1,11	1,62
PCB # 118	$\mu\text{g}/\text{kg}$	0,12	0,47	0,23
PCB # 153	$\mu\text{g}/\text{kg}$	0,13	1,31	0,67
PCB # 138	$\mu\text{g}/\text{kg}$	0,97	1,17	0,6
PCB # 180	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 0,20	0,6	0,41
PCB <sub>7</sub> sum	$\mu\text{g}/\text{kg}$	1,68	5,16	7,35

**Vedleggstabell 2.8:** Innhold av PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fiskekjøtt fra røye og ørret i Liavatnet våren 2003. Prøvene av fisk er tatt som blandprøver av kjøtt fra 25 fisk. Samtlige analyser er utført av Havforskningsinstituttet, Seksjon for marin kjemi.

PARAMETER	ENHET	RØYE	ØRRET
Naftalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Acenaphtylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Acenaphtene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Fluorene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Fenatren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Benz(a)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Krysen / trifenylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Benzo(b+j+k)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Benzo(a)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Dibenzo(ac + ah)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1
Benzo(g,h,i)perylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1

**Vedleggstabell 2.9:** Innhold av PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i kjøtt, lever og mageprøver fra røye fanget i Liavatnet 8.-9. september 2003. Hver prøve er blandprøver av 25 fisk. Samtlige analyser er utført av Havforskningsinstituttet, Seksjon for marin kjemi

PARAMETER	ENHET	RØYE KJØTT	RØYE LEVER	RØYE MAGE
Naftalen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	1,5	9,0	3,9
Acenaftylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Acenaften	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Fluoren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Fenatren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	1,1	1,4
Antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	1,0
Pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	1,2
Benzo(a)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Chrysen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	1,9
Benzo(b)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Benzo(k)fluoranten	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Benzo(a)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Indeno(123cd)pyren	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Dibenzo(a,h)antracen	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1
Benzo(g,h,i)perylene	$\mu\text{g}/\text{kg}$	< 1	< 1	< 1

## REFERANSER

- AANES, K.J. & P. BRETTUM 1985.  
Hjortlandsstemma og Stendavatnet i Bergen kommune. En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonene i 1983.  
NIVA rapport Lnr. 1594, 49 sider.
- AANES, K.J. & A.H. ERLANDSEN 1983.  
Gaupåsvatn og Langavatn i Bergen kommune. En orienterende undersøkelse av forurensnings-situasjonen i 1982.  
NIVA rapport 0-80107. 49 sider.
- BERGE, DAG 1987  
Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofnivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5 - 15 meter.  
SFT rapport nr. 2001, 44 sider.
- BJØRKLUND, A.E., JOHNSEN, G.H., ÅTLAND, Å. & KAMBESTAD, A., 1993.  
Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune i 1992.  
Rådgivende Biologer, rapport nr. 81, 168 sider.
- BJØRKLUND, A.E. 1997.  
Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen i 1996.  
Rådgivende Biologer as. rapport 263, 89 sider. ISBN 82-7658-130-7.
- BRETTUM, P. 1989.  
Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton.  
NIVA-rapport nr. 2344, 111 sider.
- FJELD,E., KNUTZEN,J., BREVIK,E.M., SCHLABACH, M., SKOTVOLD,T., BORGEN,A.R. & WIBORG, M.L. 2001  
Halogenerte organiske miljøgifter og kvikksølv i norsk ferskvannsfisk, 1995 - 1999.  
SFT- rapport 4402-0, 48 sider + vedlegg.
- GRANDE M. 1979  
"Bakgrunnsnivåer" av metaller i ferskvannsfisk.  
NIVA-rapport nr. 1979, 34 sider. ISBN 82-577-1218-3.
- HJELMELAND, K.O. & MELLGREN, I.S. 1995  
Vannbruksplan for Daleelven, Midtbygdavassdraget.  
Bergen kommune, Kommunalavdeling fritid, kultur og kirke, prosjekt og miljøkontoret.  
90 sider + vedlegg
- HOBÆK,A., E.A.LINDSTRØM & K.J. AANES 1994.  
Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune 1993.  
Gravdals-, Fyllingsdals-, Hauglandsdals- og Kalandsvassdragene.  
NIVA rapport Lnr. 3026. 119 sider.
- HOBÆK,A. 1998  
Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune:  
Miljøgifter i innsjøsedimenter og i avrenning fra avfallsdeponier.  
NIVA rapport Lnr.3793-98, 27 sider.

- HOBÆK, A. 2000.  
Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune 1999.  
Mildevatn, Midtbygda-, Åstveit-, Arna og Kalandsvassdragene.  
NIVA rapport Lnr. 4177-2000, 84 sider.
- JACOBSEN, J. 1991  
Heavy metal concentrations in recent lake sediments along a west-east transect in the Bergen area.  
Hovedfagsoppgave i kvantitativ økologi, Botanisk Institutt, Universitetet i Bergen. 79 sider.
- JOHNSEN, G.H., LEHMANN, G.B. & BIRKELAND, K., 1992  
Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.  
Rådgivende Biologer rapport nr. 61, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3.
- NVE 2002  
Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1961 -1990.  
NVE. Hydrologisk avdeling, Kartblad nr. 1.
- ROGNERUD, S. & E. FJELD 1990  
Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk.  
SFT-rapport nr. 426/90, 79 sider + vedlegg.
- ROGNERUD, S., E. FJELD & J.E. LØVIK, 1997  
Regional undersøkelse av miljøgifter i innsjøsedimenter.  
Delrapport 1. Organiske mikroforurensninger.  
NIVA-rapport nr. 712/97, 37 sider + vedlegg.
- SFT 1997  
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03.  
ISBN 82-7655-367-2, 36 sider.
- SFT 1997 a  
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04.  
ISBN 82-7655-368-0, 31 sider.
- STEND JORDBRUKSSKOLE 1997.  
Prosjekt Stendavatnet. Forurensning og fiskeforvaltning.  
Stend Jordbruksskole VKII N. 1996/97.