

Overvåking av
ferskvannsresipienter
i Bergen kommune i 1994



Annie Elisabeth Bjørklund

Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 145, desember 1994.



Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORTENS TITTEL:

Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune i 1994

FORFATTER:

Cand. scient. Annie Elisabeth Bjørklund

OPPDRAGSGIVER:

Bergen kommune, Kommunalavdelingen teknisk utbygging, VVA-prosjektering, postboks 805, 5001 Bergen.

OPPDRAGET GITT:

ARBEIDET UTFØRT:

RAPPORT DATO:

April 1994

Desember 1994

15. desember

RAPPORT NR:

ANTALL SIDER:

ISBN NR:

145

166

ISBN 82-7658-045-9

RAPPORT SAMMENDRAG:

Overvåkingen av ferskvannsresipienter i Bergen kommune omfattet i 1994 12 innsjøer fordelt på fem vassdrag. Dette er den tredje i en serie av årlige undersøkelser som omfatter de fleste resipientene i Bergen. I denne rapporten er den første sammenstillingen av samtlige undersøkte resipienter fra 1992 - 1994 tatt inn. Resipientene er til dels sterkt forurenset med hensyn på næringstilførsler, tilførsler av tarmbakterier og av organisk stoff. Til tross for omfattende kloakksanering i Bergen, mottar de fleste resipientene til dels store tilførsler av tarmbakterier.

Mest belastet av de undersøkte resipientene i 1994 var Apeltunvassdraget og de nedre deler av Nesttunvassdraget. Haukåsvatnet, Haukelandsvatnet og den øvre delen av Nesttunvassdraget var minst forurenset. Mange av resipientene er imidlertid grunne, og derfor meget følsomme for tilførsler, og de fleste av de undersøkte innsjøene i 1994 hadde oksygenfritt bunnvann allerede i mai.

EMNEORD:

SUBJECT ITEMS:

-Kloakkresipienter
-Vassdragsundersøkelser
-Tilstandsbeskrivelse

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



FORORD

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag fra Bergen kommune gjennomført overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen i 1994. Overvåkingen er pålagt av Fylkesmannens miljøvernnavdeling i forbindelse med Bergen kommunes utslippstillatelse for kloakk, og overvåkingen i 1994 er den tredje av en serie årlige undersøkelser. Dette er således en undersøkelse av et høyst selektivt utvalg av antatt belastede innsjøer i Bergen, og derfor ikke representativt for den generelle tilstanden i kommunens innsjøer.

Oppdraget ble gitt i april 1994, og bygger på en forberedende kartlegging av ferskvannsresipientene i Bergen (Johnsen mfl. 1992). Kartleggingen innbefattet beskrivelse av tilstand i vassdragene ut fra foreliggende opplysninger, ekkolodding av de innsjøene det ikke forelå dybdekart over, volum- og vannutskiftings-beregninger samt teoretiske beregninger av næringssalttilførsler til samtlige aktuelle ferskvanns-resipienter i kommunen.

På grunnlag av kartleggingsrapporten ble det foretatt en prioritering av den videre overvåkingen, og undersøkelsene i 1992 er de første i en systematisert årlig overvåking av ferskvannsresipientene i Bergen kommune. Prioriterte lokaliteter har vært blant dem som enten ikke var undersøkt tidligere eller som det var lenge siden sist var undersøkt.

Målsettingen med den foreliggende resipientundersøkelsen har vært å beskrive tilstand og forurensningsgrad i de aktuelle resipientene i Bergen med hensyn på kloakktilførsler. Tilstanden i 1994 er dessuten sammenlignet med tidligere undersøkelser, og utviklingstrekk er vurdert der dette er mulig. Etter at undersøkelsen i 1992 var ferdigstilt, er klassifiseringssystemet for ferskvann revidert (SFT 1992), og resultatene fra 1992 er oppjustert i henhold til de nye kravene for tilstandsklassifiseringen.

Kloakktilførsler virker på resipientene på tre tett sammenknyttede måter,- ved tilførsler av tarmbakterier, ved tilførsel av plantenæringsstoffer og ved tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale. Rapporten er derfor strukturert i forhold til disse tre virkningene, og forurensningsgrad er presentert med hensyn på hver av dem.

Det er i tillegg til den foreliggende resipientundersøkelsen utarbeidet en oversikt over forurensnings-tilførsler fra kloakk til vassdragene i Bergen kommune (Bjørklund & Johnsen 1994). Der er 14 vassdrag undersøkt på i alt 53 steder for å lokalisere eventuelle utslipp av kloakk fra det kommunale ledningsnettet.

De vannkjemiske analysene som er foretatt i forbindelse med denne undersøkelsen er utført av Chemlab services as. Algeprøvene er bearbeidet og artsbestemt av cand. real. Nils Bernt Andersen. Dyreplanktonprøvene er bearbeidet av Randi Lund, Universitetet i Bergen. Arbeidet har vært ledet av Annie Bjørklund, og Kjell Rypdal har vært oppdragsgivers kontaktperson.

Rådgivende Biologer as. takker alle som har bidratt, og Bergen kommune for oppdraget.

Bergen, 14. desember 1994.



INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	6
INNHALDSFORTEGNELSE	7
SAMMENDRAG	9
TILSTAND I DE UNDERSØKTE RESIPIENTENE I 1992 - 1994	15
Tilførsler av tarmbakterier	15
Næringstilførsler	15
Tilførsler av organisk stoff	17
1. HAUKÅSVASSDRAGET	19
Vassdragsbeskrivelse	21
Tilstand	23
Vurdering	25
Litteratur	32
Måldata	32
2. ÅSTVEIVASSDRAGET	37
Vassdragsbeskrivelse	39
Tilstand	41
Vurdering	50
Litteratur	54
Måldata	55
3. ARNAVASSDRAGET	61
Vassdragsbeskrivelse	63
Tilstand	65
Vurdering	71
Litteratur	74
Måldata	75
4. NESTTUNVASSDRAGET	79
Vassdragsbeskrivelse	81
Tilstand	84
Vurdering	105
Litteratur	114
Måldata	115
5. APELTUNVASSDRAGET	127
Lokalitetsbeskrivelse	129
Tilstand	131
Vurdering	145
Litteratur	151
Måldata	152
METODER OG BAKGRUNN	161
SFT sitt klassifiseringssystem for vannkvalitet	163
Beregninger av tilførsler og tålegrenser for fosfor	165
Beregninger av stofftransport til sjø	165
LITTERATURHENVISNINGER	166



SAMMENDRAG

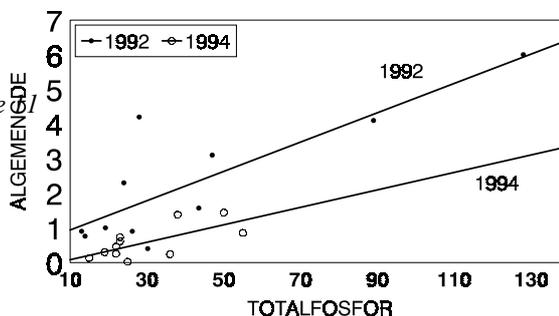
Rådgivende Biologer as. har i 1994, på oppdrag fra Bergen kommune, gjennomført en undersøkelse av 12 innsjøresipienter fordelt på fem vassdrag. Både fysiske-, kjemiske- og biologiske forhold er undersøkt i de aktuelle innsjøene i perioden fra mai til oktober 1994, og på bakgrunn av dette er tilstand og forurensningsgrad med hensyn på tarmbakterier, næringstilførsler og tilførsler av organisk materiale vurdert. Det må understrekes at de presenterte resultatene ikke er representative for den generelle tilstanden i vassdragene i Bergen kommune, fordi det her er undersøkt et meget selektivt utvalg av antatt belastede lokaliteter.

Nedslagsfeltet til de fleste av resipientene er i dag stort sett kloakksanert, men det er likevel til dels betydelige tilførsler av tarmbakterier til flere av dem. Mest belastet med direkte kloakktilførsler er Nesttunvatnet, Iglevatnet og Haukelandsvatnet. I Åstveitstemma var innholdet av tarmbakterier meget stort i oktober, men var ellers adskillig lavere. Grimevatnet, Tranevatnet og Myrdalsvatnet var ikke, eller meget lite, belastet med direkte kloakktilførsler. De to sistnevnte er likevel næringsrike, og må derfor ha tilsig fra "gammel" kloakk. I juni ble det registrert et uventet lavt innhold av tarmbakterier. Årsaken til dette kan være de unormalt store nedbørmengdene denne måneden. Det regnet hver eneste dag hele måneden, og nedbørmengdene var nesten tre ganger høyere enn normalt. Vannføringen i vassdragene var høy, slik at fortyningseffekten av alle typer tilførsler derfor var meget stor.

Næringsbelastningen var meget stor i de fleste innsjøene. Åtte av de tolv undersøkte innsjøene har forurensningsgrad 5 med hensyn på næringstilførsler. Dette omfatter innsjøene i Åstveitvassdraget, Apeltunvassdraget og de nedre deler av Nesttunvassdraget. Myrdalsvatnet har forurensningsgrad 4, mens Haukåsvatnet, Haukelandsvatnet og Grimevatnet er minst påvirket av næringstilførsler og har forurensningsgrad 3.

Vurderingen av forurensningsgraden for næringstilførsler bygger på fosfor og nitrogeninnhold, samt oksygeninnholdet i dypvannet i august. Det er ikke tatt hensyn til algemengder og siktedyp dette året fordi algemengdene i 1994 var adskillig lavere enn ventet sett i forhold til fosforinnholdet (figur 1). Resultatene avviker fra generelle tall presentert av Brettum (1989), og fra tidligere undersøkelser i vassdragene. Forklaringen på dette er trolig de klimatiske forholdene i juni. Det var over 300 mm nedbør i Bergen denne måneden. I tillegg var juni kald, med en gjennomsnittstemperatur som var 3 °C lavere enn normalt. Økt utvasking på grunn av stor vannføring, langsommere vekst på grunn av lavere temperatur, samt i tillegg mindre lys ettersom det var overskyet og regn hver dag, kan forklare de lave algemengdene i 1994.

FIGUR 1. Sammenheng mellom gjennomsnittlig innhold av totalfosfor (· g/l) og gjennomsnittlig algemengde (mg/l) i de undersøkte resipientene i 1992 og 11 av de 12 undersøkte resipientene i 1994. Myravatnet er ikke tatt med her fordi algemengdene var så ekstreme i denne innsjøen.





Forurensningsgraden med hensyn på tilførsler av organisk stoff er relativt vanskelig å vurdere. Det er vanskelig å skille menneskeskapte tilførsler av organisk stoff fra naturlig innhold og naturlige tilførsler av organisk stoff, fordi egenproduksjonen av organisk stoff også er en sekundæreffekt av store næringstilførsler. Forurensningsgraden av de undersøkte resipientene i 1994 med hensyn på virkningen av tilførsler av organisk stoff viser at kun Åstveitvatnet hadde høyeste forurensningsgrad med hensyn på virkningen av organisk stoff. Fire av innsjøene hadde forurensningsgrad 4; Nesttunvatnet, Myrvatnet, Iglevatnet og Griggastemma. Fem innsjøer har forurensningsgrad 3, mens Grimevatnet og Myrdalsvatnet er minst forurenset og har forurensningsgrad 2. Klassifiseringen bygger på det kjemiske oksygenforbruket, og oksygeninnholdet i bunnvannet i august. Siktedypet er det som nevnt ikke tatt hensyn til.

Nesttunvassdraget var største bidragsyter av stofftilførsler til sjø med hensyn på organisk stoff (tabell 1). Videre kom Arnavassdraget, Haukåsvassdraget, Apeltunvassdraget og til slutt Åstveitvassdraget. Den samme rekkefølgen gjelder med hensyn på fosfortilførsler, men med hensyn på nitrogentilførsler skiller Apeltunvassdraget seg noe ut med større tilførsler enn Haukåsvassdraget. Stofftilførslene til sjø er selvfølgelig avhengig av vannføring; størrelsen på nedslagsfeltet og middelnedbøren i feltet.

TABELL 1. Vannføring og mengde stoff som årlig transporteres til sjøen fra de undersøkte vassdragene i 1994.

VASSDRAG	VANNFØRING (mill m ³ pr. år)	FOSFOR (kg P)	NITROGEN (tonn N)	ORG. STOFF (tonn C)
Haukåsvassdraget	14,0	742	8,6	89,7
Åstveitvassdraget	4,3	146	4,1	24,6
Arnavassdraget	128,7	1931	44,8	453,0
Nesttunvassdraget	100,0	3100	67,9	448,0
Apeltunvassdraget	12,9	651	12,6	82,9

Haukåsvassdraget

Haukåsvassdraget er meget næringsrikt, men er et av de minst belastede vassdragene i undersøkelsen i 1994. Innholdet av organisk stoff er også relativt høyt. Vassdraget er sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier. Dette skjer hovedsakelig i perioder med mye nedbør. Tilstanden i vassdraget har ikke endret seg særlig de siste fem årene.

HAUKÅSVATNET

Haukåsvatnet er en næringsrik innsjø, med store tilførsler fra både landbruksavrenning og trolig også fra kloakk. Innsjøen er noe mer næringsrik enn for fem år siden, men tilstanden ellers er ikke særlig endret. Innsjøen har også store tilførsler av organisk stoff tidlig på våren, noe som ga et meget stort oksygenforbruk i dypvannet i april/mai men lavt seinere i sesongen. Det store forbruket tidlig i sesongen førte til oksygenfrie forhold i bunnvannet fra begynnelsen av september fram til høstomrøringen.



Åstveitvassdraget

Åstveitvassdraget er meget næringsrikt, og har et høyt innhold av organisk stoff. Vassdraget er periodevis sterkt belastet med kloakktilførsler i de øvre deler. Vassdraget er lite, og innsjøene er små, slik at vassdraget er meget følsomt selv for moderate tilførsler.

GRIGGASTEMMA

Griggastemma har i perioder meget store tilførsler av kloakk. Innsjøen er næringsrik og innholdet av organisk stoff er høyt. Dette gjør at innsjøen har oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai. I august var det kun de tre øverste meterne i innsjøen som fremdeles hadde oksygenrikt vann. Det ble funnet små mengder blågrønnalger i innsjøen gjennom hele undersøkelsesperioden.

ÅSTVEITSTEMMA

Åstveitstemma har vanligvis små kloakktilførsler, men i oktober var konsentrasjon av tarmbakterier i innsjøen den høyeste for hele 1994 - undersøkelsen. Innsjøen er næringsrik, og har et relativt høyt innhold av nitrogen. Innholdet av organisk stoff er høyt, og Åstveitstemma har oksygenfritt bunnvann i begynnelsen av mai. I august var det, også i denne innsjøen, kun de tre øverste meterne som fremdeles hadde oksygenrikt vann.

Arnavassdraget

Arnavassdraget, ved utløpet til sjøen, er sterkt belastet av tilførsler av tarmbakterier, både i perioder med lite og mye nedbør. Det har imidlertid vært en omfattende kloakksanering i de nedre deler av Arnavassdraget, men undersøkelsen tyder på at det fremdeles er store kloakkutslipp i dette området. Vassdraget er middels næringsrikt, har av et relativt høyt innhold av fosfor, og et middels høyt innhold av organisk stoff.

HAUKELANDSVATNET

Haukelandsvatnet er vanligvis lite belastet med tarmbakterier. Siste året er det foretatt en omfattende kloakksanering i byggefeltet sørvest for innsjøen, men i perioder er tilførslene likevel relativt høye. Innsjøen er middels næringsrik, har et middels høyt innhold av organisk stoff, og er blant de mindre belastede resipientene i Bergen. Det ble ikke observert oksygenfritt bunnvann i innsjøen i undersøkelsesperioden. Innsjøen er noe mindre næringsrik enn i 1981, men mer næringsrik enn i 1989. Forholdene har ikke endret seg særlig med hensyn på belastningen av organisk stoff.

Nesttunvassdraget

Den nedre delen av Nesttunvassdraget er meget næringsrikt, og er sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier. I de øvre deler er vassdraget mindre forurenset. Tilførslene av både tarmbakterier og organisk stoff i den nedre delen av vassdraget er større nå enn for seks år siden.



GRIMEVATNET

Grimevatnet har små kloakktilførsler, men disse utgjør ingen stor belastning på innsjøen. Innsjøen er middels næringsrik, og mottar fosfortilførsler som er dobbelt så store som tålegrensen. Innsjøen har et middels høyt innhold av organisk stoff, men belastningen fører ikke til oksygenfrie forhold i bunnvannet.

MYRDALSVATNET

Myrdalsvatnet er ikke belastet med direkte kloakktilførsler, og innholdet av tarmbakterier var vanligvis meget lavt. Innsjøen er imidlertid næringsrik, og mottar fosfortilførsler som er dobbelt så store som tålegrensen. Dette skyldes enten tilsig fra kloakk-kummer, eller arealavrenning fra områder med husdyrgjødsel. Innsjøen har også et høyt innhold av organisk stoff, men belastningen er ikke så stor at det fører til oksygenfrie forhold i bunnvannet. Innsjøen synes å være noe mer næringsrik enn for fem år siden, og innholdet av organisk stoff i innsjøen har økt.

BYRKJELANDSVATNET

Byrkjelandsvatnet er belastet med både direkte kloakktilførsler og tilførsler i forbindelse med arealavrenning eller overløp på kloakkledningsnett. Innsjøen er næringsrik, og har et høyt innhold av både fosfor og nitrogen. Innsjøen har et høyt innhold av organisk stoff, og dette førte til oksygenfritt bunnvann i begynnelsen av august. Tilførslene av organisk stoff har økt de siste årene, men forholdene med hensyn på næringsrikhet ser ikke ut til å ha endret seg vesentlig.

NESTTUNVATNET

Nesttunvatnet er sterkt belastet med kloakktilførsler og var en av de mest kloakkbelastede av de undersøkte resipientene. Samtlige av innsjøens tre innløpselver er sterkt forurenset, og i tillegg er det trolig direkte kloakktilførsler til innsjøen. Innsjøen er næringsrik, både med hensyn på fosfor og nitrogen, og innholdet av organisk stoff er også meget høyt. Den store vanngjennomstrømningen forhindret at det ble oksygenfrie forhold i bunnvannet. Det ser ikke ut til at det har vært særlige endringer i vannkvaliteten i Nesttunvatnet de siste seks årene.

MYRAVATNET

Myrvatnet mottar små jevnlig tilførsler av tarmbakterier, samt at det i perioder med mye nedbør, kommer store bakterietilførsler til innsjøen. Tilførslene kommer trolig fra boliger med direkte utslipp til innsjøen, samt fra en kloakkum like ved innsjøen som renner over i perioder med mye nedbør. Innsjøen var en av de mest næringsrike i 1994 - undersøkelsen, og hadde ekstremt store algemengder; tre ganger høyere enn i noen av de andre undersøkte resipientene. Blågrønnalger dominerte store deler av sesongen. Også innholdet av organisk stoff var relativt høyt og bunnvannet var oksygenfritt allerede i mai. Innsjøen

Apeltunvassdraget

Apeltunvassdraget er et av de mest belastede vassdragene i denne undersøkelsen. Vassdraget er meget næringsrikt, og har et høyt innhold av organisk stoff. Vassdraget er også sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier, og i perioder er tilførslene meget store. Tilstanden i den nedre delen av vassdraget har ikke endret seg særlig de siste seks årene.



TRANEVATNET

Tranevatnet er ikke belastet med direkte kloakktilførsler. Det er imidlertid trolig et stort tilsig av næringsstoffer fra kloakk-kummer i nedslagsfeltet, for innsjøen er næringsrik, og mottar fosfortilførsler som er større enn tålegrensen. Innsjøen har et moderat innhold av organisk stoff, men belastningen fører til at det er oksygenfrie forhold i bunnvannet allerede i mai. Vannkvaliteten i Tranevatnet er dårligere enn ved undersøkelsen for seks år siden. Både innholdet av næringsstoffer og innholdet av organisk stoff har økt.

IGLEVATNET

Iglevatnet er en av de mest belastete innsjøene i denne undersøkelsen. Tilførslene kommer fra Iglevatnets lokale nedslagsfelt eller fra områdene opp mot Bjørnevatnet. Det er tett bebyggelse i områdene rundt Iglevatnet og det er gårdsdrift på Nottveit ved utløpselva fra Bjørnevatnet. Innsjøen har et meget høyt tarmbakterieinnhold, er meget næringsrik, og har et høyt innhold av organisk stoff. Iglevatnet har oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai. Vannkvaliteten i Iglevatnet er adskillig dårligere i 1994 enn ved undersøkelsen for seks år siden. Både innholdet av totalfosfor og innholdet av organisk stoff har økt.

APELTUNVATNET

Apeltunvatnet er belastet med kloakktilførsler, og innsjøen tilføres tarmbakterier både via elva fra Iglevatnet og trolig også via elva fra området opp mot Rådalen. I tillegg kan det kan også være tilførsler direkte til Apeltunvatnet. Innsjøen er derfor meget næringsrik, med et høyt innhold av både fosfor og nitrogen. Innholdet av organisk stoff var også høyt, og bunnvannet var oksygenfritt allerede i midten av mai. Vannkvaliteten i Apeltunvatnet har forverret seg siden 1988, og både fosforinnholdet og innholdet av organisk stoff har økt.



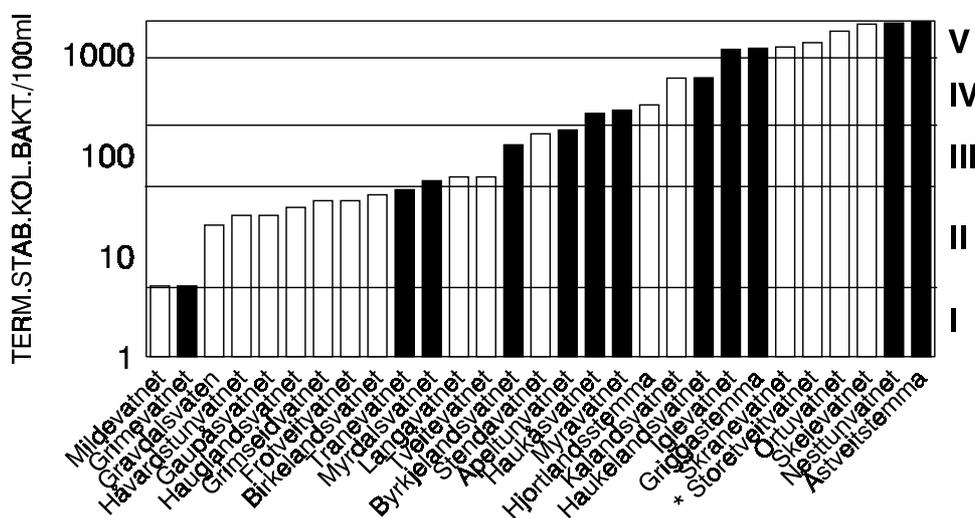
TILSTANDEN I DE UNDERSØKTE RESIPIENTENE I 1992 - 1994

Denne sammenstillingen omfatter utvalgte kloakkresipienter i Bergen kommune. Sammenstillingen gir derfor et skeivt bilde av tilstanden i innsjøene i kommunen, som generelt sett bærer mer preg av næringsfattige og sure innsjøer, med liten eller ingen kloakkbetlastning (Bjørklund mfl. 1994).

Utviklingen i de undersøkte resipientene i kommunen, der data fra tidligere undersøkelser finnes, viser at det hovedsakelig er en forverring av tilstanden i forhold til tidligere undersøkelser både med hensyn på næringsrikhet og tarmbakterietilførsler. I Kalandsvatnet er det imidlertid påvist en bedring etter kloakksanering av Hatlestadområdet, og Haukelandsvatnet har også et lavere tarmbakterie-innhold enn i 1981, men høyere enn i 1989. Både ved Haukelandsvatnet og i de nedre deler av Storelva i Arna har det vært kloakksanering siste året. Også Storetveitvatnet er kloakksanert siden undersøkelsen i 1992, men den er ikke undersøkt etterpå.

Innhold av tarmbakterier

Samtlige 29 resipienter, som er undersøkt i perioden 1992-1994, er belastet med tarmbakterietilførsler (figur 2). Enkelte er kontinuerlig belastet, mens andre har høy belastning kun i perioder. 45 % av resipientene tilhører de to dårligste tilstandsklassene i SFT sitt klassifiseringssystem, mens 34 % tilhører nest dårligste (figur 2). De mest belastede av de undersøkte innsjøene i Bergen er Skeievatnet, Nesttunvatnet og Åstveitstemma, de minst belastede er Mildevatnet og Grimevatnet. Storetveitvatnet var belastet i 1992, men er nå kloakksanert. En mer detaljer vurdering av de sanitærbakteriologiske forholdene i vassdragene i Bergen kommune finnes i rapportene Bjørklund og Johnsen (1992), Hobæk (1994) og Bjørklund og Johnsen (1994).

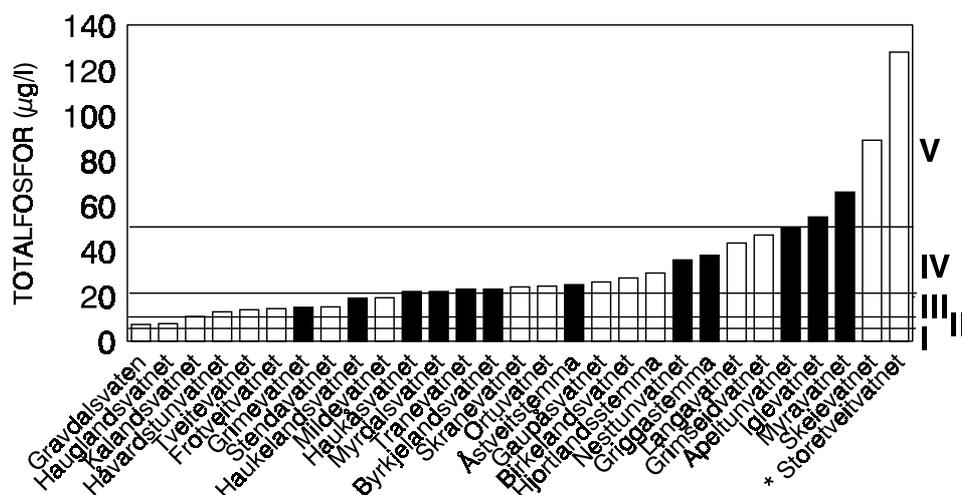


FIGUR 2. Høyeste målte konsentrasjon av termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml vann i de undersøkte resipientene i 1992 (Bjørklund mfl. 1993), 1993 (Hobæk mfl. 1994) og 1994 (svarte søyler). Innsjøene er rangert etter økende konsentrasjoner av tarmbakterier, og delt inn i tilstandsklasser (SFT 1992). Antall prøvetakinger varierer fra 3 - 6 ganger, og prøvene er tatt i perioden mai til oktober. OBS: Y-aksen er logaritmisk. * Storetveitvatnet er kloakksanert etter at denne prøvetakingen er gjort.

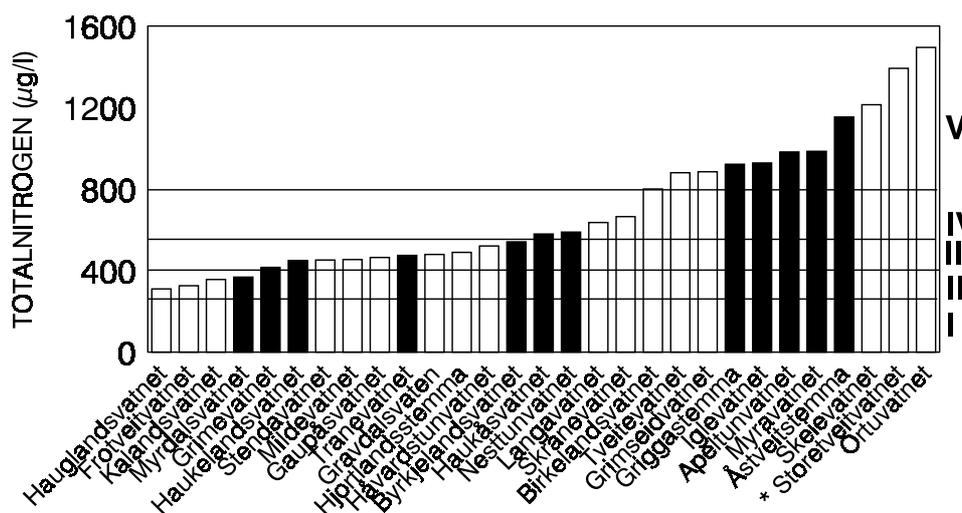


Næringsrikhet

De fleste av de undersøkte resipientene er forholdsvis næringsrike (figur 3 og 4), og ingen av resipientene tilhører tilstandsklasse I med hensyn på næringsrikhet. 66 % av de undersøkte resipientene tilhørte de to dårligste tilstandsklassene (klasse IV og V) med hensyn på fosforinnhold, men de fleste av disse tilhørte nest dårligste klasse (figur 3). Høyest innhold av fosfor har Myrvatnet, Skeievatnet og Storetveitvatnet. Bare 7 % tilhørte den nest beste tilstandsklasse (klasse II), og disse var Gravdalsvatnet, Haukelandsvatnet og Kalandsvatnet.



FIGUR 3. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor i de undersøkte resipientene i 1992 (Bjørklund mfl. 1993), 1993 (Hobæk mfl. 1994) og 1994 (svarte søyler). Innsjøene er rangert etter økende fosforkonsentrasjoner og delt inn i tilstandsklasser (SFT 1992). Antall prøvetakinger varierer fra 3 - 6 ganger, og prøvene er tatt i perioden mai til oktober. * Storetveitvatnet er kloakksanert etter at denne prøvetakingen er gjort.



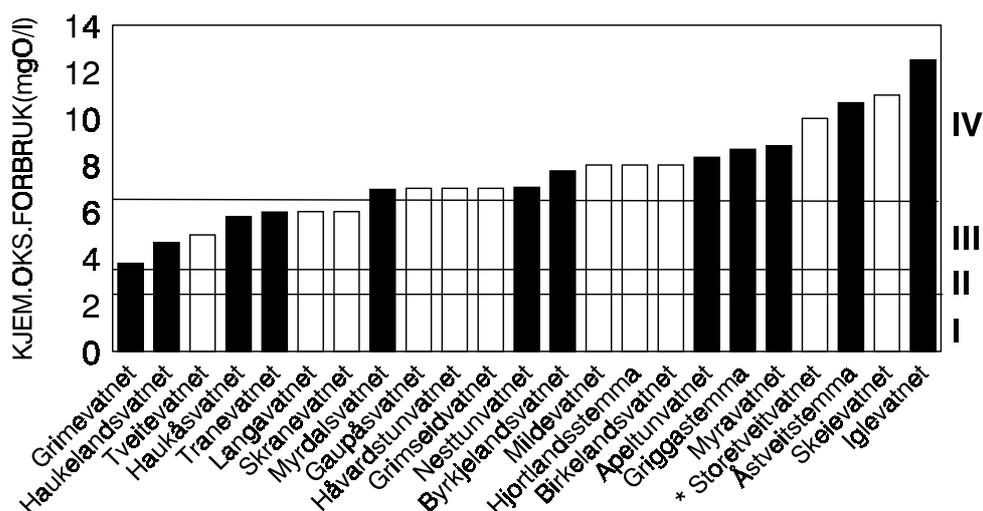
FIGUR 4. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalnitrogen i de undersøkte resipientene i 1992 (Bjørklund mfl. 1993), 1993 (Hobæk mfl. 1994) og 1994 (svarte søyler). Innsjøene er rangert etter økende nitrogenkonsentrasjoner og delt inn i tilstandsklasser (SFT 1992).



Også innholdet av nitrogen var også høyt i alle de undersøkte resipientene, og 52 % av innsjøene tilhørte de to dårligste tilstandsklassene (figur 4). Det var imidlertid adskillig flere innsjøer som tilhørte dårligste tilstandsklasse med hensyn på nitrogen der hele 38 % av de undersøkte resipientene tilhørte tilstandsklasse V, mot 17 % for fosfor. Høyest nitrogeninnhold ble observert i Ortuvatnet, Storetveitvatnet og Skeievatnet. 14 % av innsjøene tilhørte nest beste (klasse II), der Hauglandsvatnet, Frotveitvatnet og Kalandsvatnet hadde lavest nitrogeninnhold.

Innhold av organisk stoff

Det kjemiske oksygenforbruket i de undersøkte resipientene i Bergen i 1992 og 1994 er også relativt høyt, og samtlige innsjøer tilhører tilstandsklassene III og IV (figur 5). 70 % av de undersøkte innsjøene tilhører tilstandsklasse IV mens 30 % tilhører tilstandsklasse III. Det kjemiske oksygenforbruket gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale i innsjøene, og domineres ofte av innsjøens egen produksjon av alger og vannplanter i strandsonen. Imidlertid tilføres også organisk stoff med kloakk og med avrenning fra landbruksområder. Iglevatnet, Skeievatnet og Åstveitstemma hadde høyest kjemisk oksygenforbruk, og både Skeievatnet og Iglevatnet har store kloakktilførsler. Grimevatnet hadde lavest kjemisk oksygenforbruk av de undersøkte innsjøene i 1992 og 1994.



FIGUR 5. Høyeste målte kjemiske oksygenforbruk i de undersøkte resipientene i 1992 (Bjørklund mfl. 1993) og 1994 (svarte søyler). Innsjøene er rangert etter økende KOF-verdi og delt inn i tilstandsklasser (SFT 1992). Klassifiseringen bygger på 3-6 prøver, og prøvene er tatt i perioden mai til oktober. * Storetveitvatnet er kloakkсанert etter at denne prøvetakingen er gjort. Data fra 1993 er ikke tatt med på grunn av ulik parameterbruk.

1. HAUKÅSVASSDRAGET



INNHALDSFORTEGNELSE

))

BESKRIVELSE	side	21
TILSTAND	side	23
UTLØPET TIL SJØEN	side	23
HAUKÅSVATNET	side	25
VURDERING	side	25
UTLØPET TIL SJØEN	side	29
HAUKÅSVATNET	side	30
LITTERATUR FRA HAUKÅSVASSDRAGET	side	32
MÅLEDATA	side	32

))

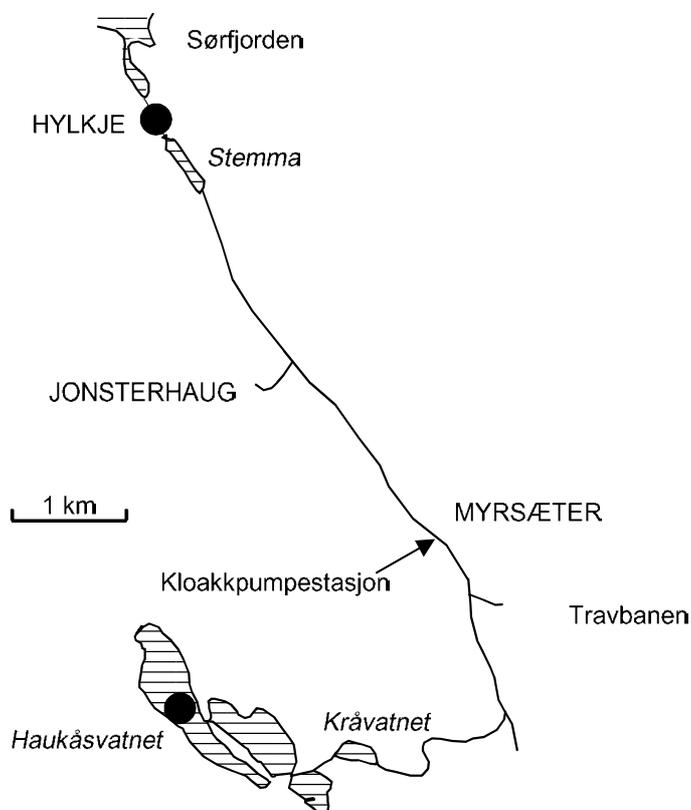




KORT BESKRIVELSE AV HAUKÅSVASSDRAGET

Haukåsvassdraget ligger nord i Åsane og har utløp nordover til Sørfjorden ved Hylkje (figur 1.1). Nedslagsfeltet er på 7,4 km², domineres av skog og landbruksområder. Berggrunnen består av gneiss og granitt, men med rike løsmasseavsetninger. Dette gir et mer næringsrikt jordsmonn enn det berggrunnen skulle tilsi, og forventet naturtilstand mht. næringsrikhet er på 10 : g fosfor pr. liter. Vassdraget ligger i et område med årlig middelavrenning på rundt 60 l/s pr. km² (NVE 1987). Vassdragets middelvannføring til sjø er dermed på 440 liter pr. sekund, eller 14 millioner m³ årlig.

Haukåsvatnet (UTM LN 003 108, 68 meter over havet) er vassdragets eneste store innsjø. Innsjøen ligger i tilknytning til et våtmarksområde som er høyt verdsatt for sin rike fauna av andefugler. I innsjøen er det ørret, stingsild og ål.



FIGUR 1.1. Kart over de sentrale deler av Haukåsvassdraget med prøvetakingsstasjonene inntegnet.



Nedslagsfeltet til Haukåsvatnet er på 2,04 km², hvorav 20 % er dyrket mark og 40 % er skog (tabell 1.1). Det er spredd bebyggelse i nedslagsfeltet, - anslått til 168 personer i 1993, som alle har utslipp til spredning via slamavskiller. Tidligere beregninger av fosfortilførsler fra nedslagsfeltet, antydnet at 183 kg fosfor ble tilført Haukåsvatnet fra nedslagsfeltet hvert år, og at dette overskred innsjøens tålegrense (Bjørklund mfl. 1994).

TABELL 1.1 Arealbruk i nedslagsfeltet til Haukåsvatnet. Alle tall er i km² (Bjørklund mfl. 1994).

TOTALT	SKOG	DYRKET	ANNET
2,04	0,8	0,4	0,84

Haukåsvatnet har et snittdyp på 12 meter og vannutskifting omtrent hver fjerde måned (tabell 1.2). Innsjøen er tidligere undersøkt av NIVA 1989, men denne overvåkingen er ikke rapportert. Bergen kommune har utarbeidet dybdekart for innsjøen (gjengitt i Bjørklund mfl. 1994)

TABELL 1.2. Morfologiske og hydrologiske data for Haukåsvatnet.

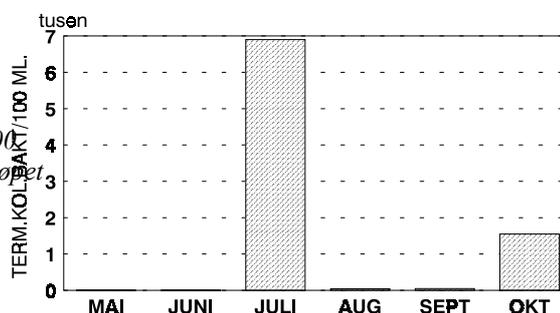
INNSJØAREAL (km ²)	VOLUM (mill. m ³)	MAKS DYP (meter)	SNITTDYP (meter)	UTSKIFTING (ganger/år)	HYDR. BEL (m ³ /m ² /år)
0,12	1,48	35	12	2,8	34,85



TILSTANDEN VED UTLØPET TIL SJØEN

TARMBAKTERIER

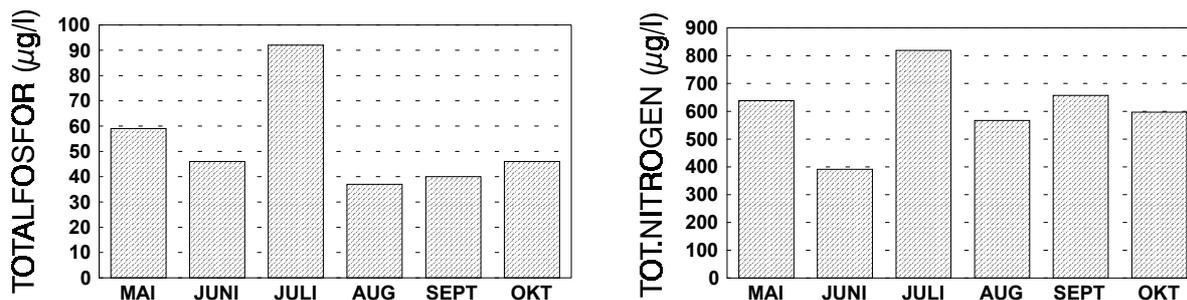
Det ble funnet tarmbakterier i vassdraget ved utløpet til sjøen i hele perioden fra juli og ut prøvetakingsperioden. I mai og juni ble tarmbakterier ikke påvist. Periodevis var innholdet av tarmbakterier meget høyt (figur 1.2). Høyest innhold ble funnet i juli og oktober. Ved de andre måletidspunktene var innholdet av tarmbakterier aldri høyere en 50 termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml. På grunn av de høye konsentrasjonene i juli klassifiseres elva i tilstandsklasse V.



FIGUR 1.2. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml (søyler) i månedlige prøver Haukås-vassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4).

NÆRINGSFORHOLD

Haukåselva er meget næringsrik ved utløpet til sjøen. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden, men var spesielt høyt i juli (figur 1.3). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 53 : g/l og av nitrogen på 612 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse V for fosfor og tilstandsklasse IV for nitrogen. Elva er tidligere undersøkt i 1989 (NIVA, ikke rapportert) og innholdet av næringsstoffer er på samme nivå som den gang.

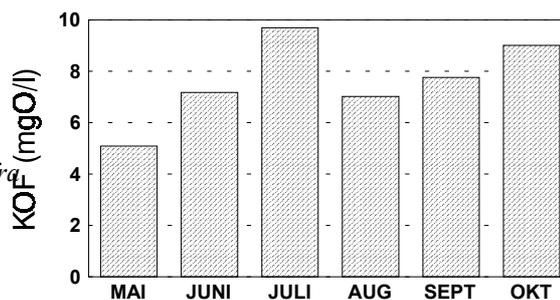


FIGUR 1.3. Innhold av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Haukåsvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4).



KJEMISK OKSYGENFORBRUK

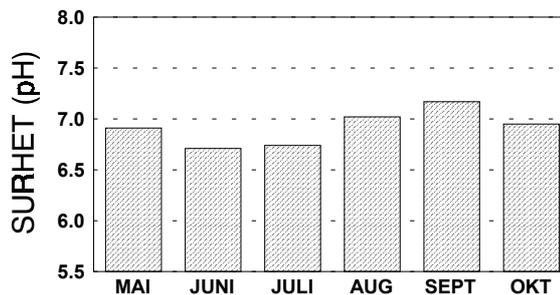
Det kjemiske oksygenforbruket var meget høyt i hele undersøkellesperioden. Høyest oksygenforbruk ble målt i juli og var da på hele 9,69 mg O/l (figur 1.4). Dette klassifiserer utløpet av Haukåsvassdraget i tilstandsklasse IV, som er nest dårligste klasse. Dette er noe lavere enn ved undersøkelsen i 1989 (NIVA, ikke rapportert).



FIGUR 1.4. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Haukåsvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4).

SURHET

Det er gode og stabile forhold med hensyn på surhet i den nedre delen av Haukåsvassdraget. pH ligger rundt 6,9, med laveste pH på 6,71 målt i juni (figur 1.5).



FIGUR 1.5. pH-verdier i månedlige prøver fra Haukåsvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4).

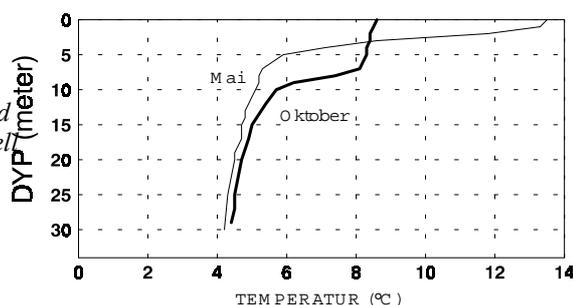


TILSTANDEN I HAUKÅSVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Haukåsvatnet hadde en temperaturskiktning som lå rundt 4 meter i mai (figur 1.6). Høstomrøringen var ikke skjedd ved den siste målingen i oktober og temperatursprangskiktet hadde da sunket til rundt 6 meter. Våromrøringen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen rundt midten av november i slike lavtliggende innsjøer.

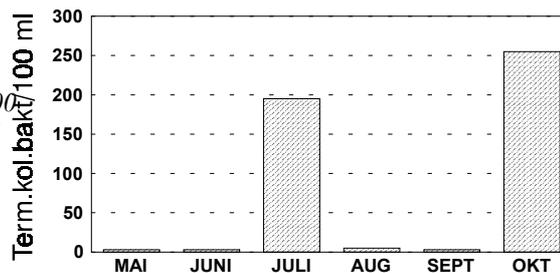
FIGUR 1.6. Temperaturprofiler for Haukåsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai og 13. oktober 1994 (tabell 1.5). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



TARMBAKTERIER

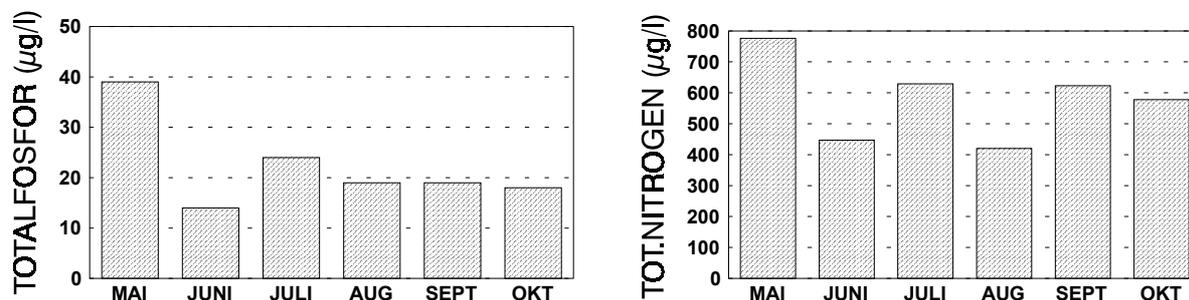
Innholdet av tarmbakterier i Haukåsvatnet var periodevis meget høyt (figur 1.7). Høyest innhold ble funnet i juli og oktober. Ved de andre måletidspunktene var innholdet av tarmbakterier aldri høyere enn 5 termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml. På grunn av de høye konsentrasjonene i oktober klassifiseres Haukåsvatnet i tilstandsklasse IV. Den store variasjonen i innholdet av tarmbakterier viser at det periodevis er meget store tilførsler av tarmbakterier til innsjøen, og at de jevnlige tilførslene trolig er relativt små.

FIGUR 1.7. Antall termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Haukåsvatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 1.4).



NÆRINGSFORHOLD

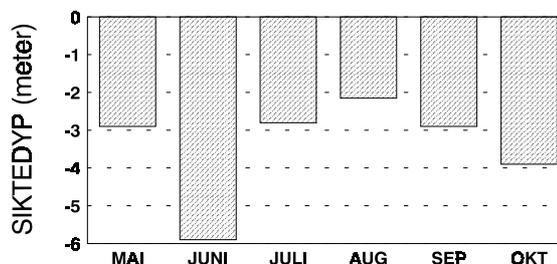
Haukåsvatnet er næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden, men var spesielt høyt i mai (figur 1.8). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 22 : g/l og av nitrogen på 579 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for begge parametere. I 1994 er fosforinnholdet noe høyere og nitrogeninnholdet litt lavere enn ved undersøkelsen i 1989 (NIVA, ikke rapportert).



FIGUR 1.8. Innhold av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Haukåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de 6 øverste metrene ved innsjøens dypeste punkt.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar 180 kg fosfor pr. år. Dette er identisk med de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 183 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Haukåsvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på 70 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på 110 kg fosfor pr. år.

Siktedypet i Haukåsvatnet var på 3,5 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 6 meter ble målt i juni, på det tidspunktet da algemengdene var lavest (figur 1.5).

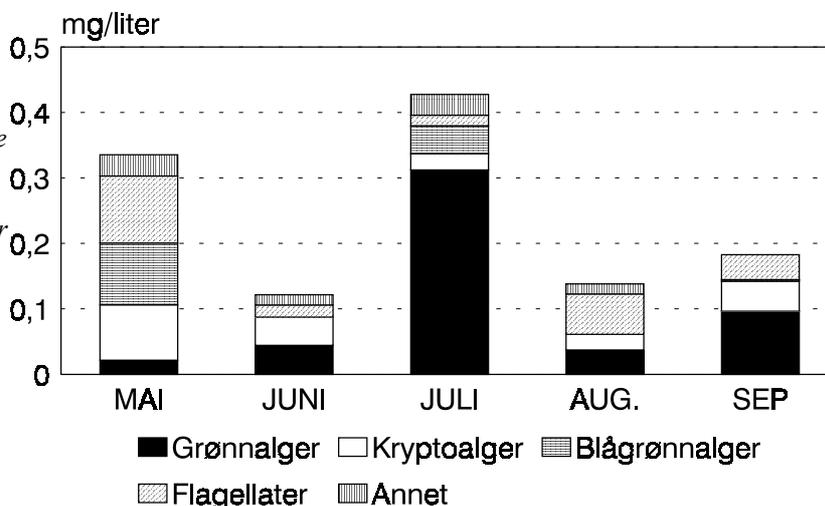


FIGUR 1.8. Siktedyp målt med Secchi-skive i Haukåsvatnet i månedlige målinger fra mai til oktober 1994. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt.

Det gjennomsnittlige algevolumet i Haukåsvatnet i perioden mai til august var meget lav og var kun på 0,2562 mg/liter. Algemengden er lavere enn ventet ut fra innholdet av næringsstoffer, og er slik en finner i næringsfattige innsjøer. Største algemengder ble funnet i mai og juli (figur 1.9). I mai var det ingen klar dominans av noen enkeltgruppe av alger. I juli derimot var grønnalgene de klart viktigste, og det var slekten *Crusigeniella* som utgjorde største algemengde (tabell 1.6). Slektene *Staurastrum* og *Staurodesmus* var også viktige i juli. I mai ble det funnet en del blågrønnalger, men de var ikke et dominerende innslag i algesamfunnet seinere i undersøkelsesperioden.



FIGUR 1.9. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Haukåsvatnet sommeren 1994 (tabell 1.6). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste 6 meterne ved innsjøens dypeste punkt.

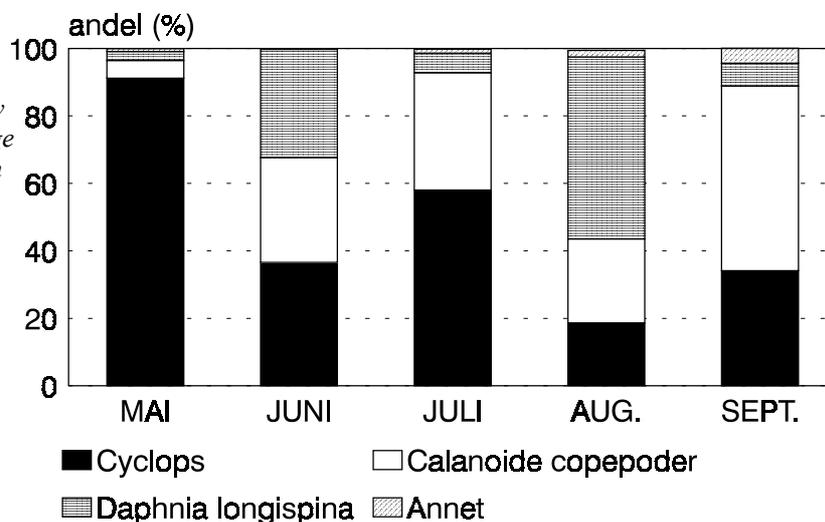


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i

Haukåsvatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. *Cyclops* var den antallsmessige dominerende i første del av sesongen, mens de kalanoide hoppekrepsene dominerte på slutten av sesongen (figur 1.10). Det ble imidlertid også funnet vannlopper, *Daphnia longispina*, i hele perioden, og spesielt i juni og august utgjorde disse en stor del av dyreplanktonsamfunnet. Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia longispina* i juni og juli (tabell 1.7).

FIGUR 1.10. Prosentvis andel av planktoniske krepssdyr i månedlige prøver i Haukåsvatnet sommeren 1994 (tabell 1.7). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



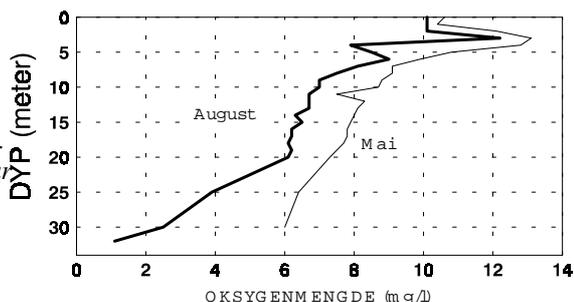
OKSYGENFORHOLD

Det reelle oksygenforbruket i dypvannet i Haukåsvatnet var meget stort, og lå på 4,06 mg O/l pr. måned. Allerede i midten av mai var det oksygenfrie forhold i dypvannet fra 9 meters dyp (figur 2.21), og i august var det oksygen kun i de 3 øverste meterne i vannmassene. Det høye oksygeninnholdet i de øvre vannmassene i mai skyldes høy algeproduksjon i overflateskiktet.



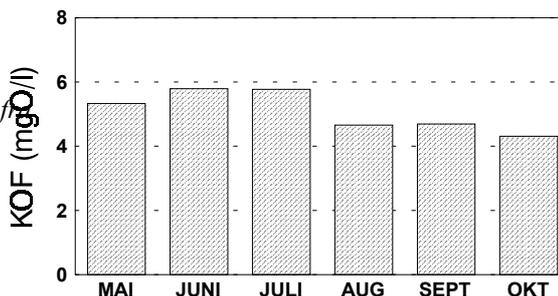
I Haukåsvatnet er det oksygenfrie forhold i bunnvannet en periode før høstomrøringen, sannsynligvis fra begynnelsen av september. Allerede ved målingene i august var oksygeninnholdet på 32 meters dyp nede i 1,1 mg O/l (figur 1.11). I mai skyldes det høye oksygeninnholdet i overflateskiktet høy algeproduksjon, og dette ble registrert også ved målingene i juli.

Figur 1.11. Oksygenprofiler for Haukåsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i mai og oktober 1994 (tabell 1.5). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket var relativt høyt, med høyeste forbruk på 5,8 mg O/l i juni og juli (figur 1.12). I bunnvannet var oksygenforbruket lavere enn i overflateskiktet og var på 3,2 mg O/l. Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse III.

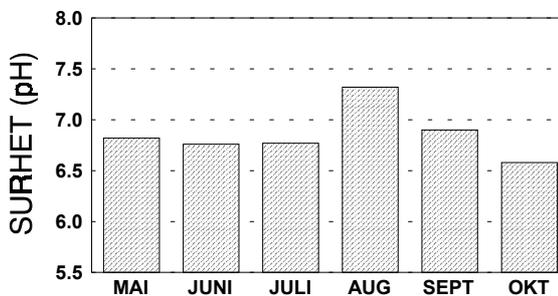
FIGUR 1.12. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Haukåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4). Prøvene er fra blandeprøver fra de 6 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Haukåsvatnet har pH-verdier nær det nøytrale, og surhet er ikke noe problem i innsjøen. Laveste registrerte pH var på 6,58 i oktober (figur 1.13).

FIGUR 1.13. pH-verdier i månedlige prøver fra Haukåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 1.4). Prøvene er tatt på 1 meters dyp.





VURDERING

Utløpet til sjø

Haukåsvassdraget er sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier, som hovedsakelig tilføres i perioder med mye nedbør. Vassdraget er også meget næringsrikt, og har et høyt innhold av organisk stoff. Tilstanden i vassdraget har ikke endret seg vesentlig de siste fem årene (tabell 1.3).

*TABELL 1.3. Tilstanden i Haukåsvassdraget ved utløpet til sjøen i 1989 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1989 er fra NIVA sin undersøkelse (ikke rapportert). * = gjennomsnittlig verdi.*

År	Næringsalter	Organisk stoff	Forsuring	Metaller	Partikler	Tarmbakterier
1989	V	V	I*	-	-	-
1994	V	IV	II	-	-	V

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Haukåsvassdraget er ved utløpet til sjøen preget av tilførsler av tarmbakterier, og har forurensningsgrad 5. Det ble nesten alltid registrert tarmbakterier i elva, og i perioder var innholdet meget høyt. Tilførslene samvarierte med nedbørmønsteret, og det tyder på at arealavrenning fra områder med husdyrgjødsel eller overløp fra kloakk er viktige i denne sammenhengen. Det ble også observert et høyt innhold av tarmbakterier ved mye nedbør i denne delen av Haukåsvassdraget ved undersøkelsen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Haukåselva er meget næringsrik ved utløpet til sjøen. Med en forventet naturtilstand med hensyn på fosfor på 10 : g/l og for nitrogen på 350 : g/l (Johnsen mfl. 1992), vil Haukåselva ha forurensningsgrad 5 for fosfor og 2 for nitrogen. Dette kan tyde på at det er kloakk eller husdyrgjødsel som står for det meste av næringstilførslene ettersom arealavrenning fra landbruksområder ville gitt mye høyere forurensningsgrad av nitrogen. Det kan være at naturtilstanden for nitrogen er satt noe høyt, slik at forurensningsgraden for nitrogen også blir høyere. Likevel vil det høye fosforinnholdet sammen med den forurensningen av tarmbakterier tyde på elva tilføres kloakk eller gjødsel i betydelige mengder.

STOFFTRANSPORT TIL SJØ

Tilførslene av organisk stoff til vassdraget er også høyt, og det målte kjemiske oksygenforbruket var meget stort i hele undersøkelsesperioden. Høyest forbruk ble målt i juli da nedbørmengdene på prøvetakingsdagen var meget store, og det hadde vært en periode med noe tørrere vær på forhånd. Med en antatt forventet naturtilstand på 3 mg O/l vil elva ha forurensningsgrad 4 med hensyn på det kjemiske oksygenforbruket.



De totale fosfortilførslene til sjøen fra dette vassdraget ligger på rundt 750 kg pr. år. Disse tilførslene kommer delvis som naturlig avrenning fra nedslagsfeltet og delvis fra menneskelige aktiviteter. Ut fra antatt naturtilstand for fosfor på 10 : g pr. liter (Johnsen mfl. 1992), ble tilførslene fra nedslagsfeltet beregnet til å utgjøre ca. 140 kg fosfor pr. år. Tilførsler fra antropogene kilder utgjør dermed rundt 610 kg fosfor pr. år. Nitrogentilførslene til sjøen utgjorde 8,6 tonn pr. år, hvorav ca. 4,9 skyldes naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. De resterende 3,7 tonn tilføres på grunn av menneskelige aktiviteter. De totale tilførsler av organisk stoff regnet i organisk karbon ligger på omtrent 90 tonn pr. år, hvorav naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet utgjør 35 tonn. Disse er regnet ut fra målt kjemisk oksygenforbruk omregnet til mengde organisk karbon (SFT 1989).

Disse beregningene baserer seg på målinger av de enkelte stoffer gjort i de seks månedene i undersøkelsesperioden. Det er ikke tatt målinger på vinteren. Ettersom det i denne delen av landet sjelden er snødekke, vil tilførslene av både fosfor og nitrogen til vassdraget avhenge mer av nedbørmengdene enn årstiden, og målinger fra mai til oktober vil derfor utgjøre et tilfredsstillende gjennomsnitt for året.

Haukåsvatnet

Haukåsvatnet er en næringsrik innsjø, med store tilførsler fra både landbruksavrenning og trolig også fra kloakk. Innsjøen er noe mer næringsrik enn for fem år siden, men tilstanden ellers er ikke særlig endret (tabell 1.3). Innholdet av tarmbakterier var periodevis også meget høyt, og dette har trolig sammenheng med arealavrenning fra marker med husdyr på beite. Innsjøen har også store tilførsler av organisk stoff tidlig på våren, noe som ga et meget stort oksygenforbruk i dypvannet i april/mai men lavt seinere i sesongen. Det store forbruket tidlig i sesongen førte til oksygenfrie forhold i bunnvannet fra begynnelsen av september fram til høstomrøringen.

TABELL 1.3. Tilstanden i Haukåsvatnet i 1989 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifiseringssystem (SFT 1992). Data fra 1989 er fra NIVA sin undersøkelse. * = gjennomsnittlig pH.

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Metaller	Partikler	Tarmbakterier
1989	III	III	I*	-	II	-
1994	IV	III	II	-	-	IV

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Haukåsvatnet har periodevis et meget høyt innhold av tarmbakterier og har derfor forurensningsgrad 4. Utenom disse periodene er imidlertid innholdet av tarmbakterier meget lavt, og viser at innsjøen ikke er belastet store direkte kloakkutslipp. De periodiske og store tilførslene av tarmbakterier, skyldes trolig arealavrenning fra områdene med beitende husdyr ved innsjøen, og muligens også arealavrenning etter at det er spredd husdyrgjødsel på jordene. Både i juli og i oktober hadde det vært store nedbørmengder like før prøvetaking og det var sauer som beitet ved innsjøen. Arealavrenning fra disse områdene er trolig årsaken til det høye bakterietallet på disse tidspunktene.



TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Haukåsvatnet er næringsrikt. På grunn av løsmasseavsetninger i området vil innsjøen trolig naturlig ha et innhold av fosfor på 10 : g/l og av nitrogen på 350 : g/l (Johnsen mfl. 1992) og Haukåsvatnet har derfor forurensningsgrad 3 med hensyn på næringstilførsler av fosfor og forurensningsgrad 2 for nitrogen.

Innsjøen er mer næringsrik i dag enn for 5 år siden (NIVA, ikke rapportert). Innsjøen har oksygenfrie forhold i bunnvannet fra slutten av august, og dette kan forsterke en negativ utviklingen i innsjøen. Ved oksygenfrie forhold ved bunnsedimentene, vil næringsstoffer fra sedimentene frigis, og innsjøen vil få en såkalt indre gjødsling. Dette er næringstilførsler som består av resirkulert fosfor fra sedimentert organisk materiale, og næringsfrigjøringen øker med økende tid med oksygenfrie forhold ved sedimentene. Ved omrøringen i innsjøen vil fosforet komme opp og innsjøen blir enda mer næringsrik. Dette er dermed en selvforsterkende prosess og det er av den grunn meget viktig at tilførslene til denne innsjøen reduseres dersom en ønsker å unngå en negativ utvikling.

Algemengdene i innsjøen var adskillig lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i næringsfattige innsjøer. Årsaken til dette kan være at deler av fosforet ikke er direkte tilgjengelig for algeveksten, samt de klimatiske forholdene i juni. Det ble generelt sett funnet meget lavere algemengder sett i forhold til fosforinnholdet i de undersøkte resipientene i 1994 i forhold til de foregående år.

Dyreplanktonsamfunnet i Haukåsvatnet har et stort innslag av moderat store arter som *Daphnia longispina* og store mengder hoppekreps. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Sammensetningen av dyreplanktonsamfunnet tyder på et moderat beitepress fra fisk i denne innsjøen.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Haukåsvatnet har store tilførsler av organisk stoff, spesielt på våren, og innsjøen hadde oksygenfritt bunnvann fra slutten av august. Det kjemiske oksygenforbruket, som gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale, var relativt høyt i hele perioden. Med en forventet naturtilstand anslått til 3 mg O/l, og oksygenfrie forhold i bunnvannet i august, settes innsjøens forurensningsgrad til 3 med hensyn på virkningen av organisk stoff.

Oksygenforbruket i dypvannet i Haukåsvatnet var meget stort den første måneden etter våromrøringen. Seinere i sesongen var imidlertid oksygenforbruket meget lavt. Dette skyldes trolig store tilførsler av organisk materiale tidlig i sesongen. Spredning av husdyrgjødsel på jordene kan være en sannsynlig forklaring på de store tilførslene av organisk stoff på dette tidspunktet. Uten disse tilførslene tidlig på våren, ville Haukåsvatnet ikke hatt oksygenfrie forhold i bunnvannet. Dersom en ser bort fra det høye oksygenforbruket fra april til mai, og regner oksygenforbruket resten av sesongen som gjeldene, vil bare halvparten av det tilgjengelige oksygenet være oppbrukt i november. Det er derfor meget viktig at disse tilførslene reduseres dersom man vil gjenopprette en god vannkvalitet i innsjøen.



LITTERATUR SOM OMTALER HAUKÅSVASSDRAGET

BJØRKLUND, A & G.H.JOHNSEN 1993.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk.
Rådgivende Biologer, rapport nr. 79, 35 sider. ISBN 82-7658-009-2

BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994

Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6

BJØRKLUND, A. & G.H.JOHNSEN 1994.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på kloakk, 1994.
Rådgivende Biologer, rapport 121, 29 sider. ISBN 82-7658-030-0.

G.H.JOHNSEN, G.B.LEHMANN & K.BIRKELAND 1992.

Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 61, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3

NIVA 1989.

Upublisert undersøkelse av Haukåsvassdraget.

MÅLEDATA

TABELL 1.4. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra Haukåsvassdraget 1994. I august ble det i tillegg tatt en vannprøve like over bunnen ved innsjøens dypeste punkt. pH og ledningsevne er målt av Rådgivende Biologer, og de andre analysene er utført ved Chemlab Services as.

STASJON	18.MAI	13.JUNI	11.JULI	8.AUGUST		8.SEPT.	13.OKT.
				overfl.	bunn		
TERMOSTABILE KOLIFORME BAKTERIER, overflate							
Haukåsvatnet	< 5	< 5	195	5	< 5	< 5	255
Utløp ved Hylkje	30	< 5	6900	45		50	1550
pH, overflate							
Haukåsvatnet	6,82	6,76	6,77	7,32	6,1	6,9	6,58
Utløp ved Hylkje	6,91	6,71	6,74	7,02		7,17	6,95
LEDNINGSEVNE, : S/cm, overflate							
Haukåsvatnet	91	89,2	70,5	71	89,3	79,6	87,2
Utløp ved Hylkje	88	65	62,4	85,8		97,6	68,7
TOTAL FOSFOR, mg P/l, 0 - 6 meter							
Haukåsvatnet	0,039	0,014	0,024	0,019	0,027	0,019	0,018
Utløp ved Hylkje	0,059	0,046	0,092	0,037		0,04	0,046
TOTAL NITROGEN, mg N/l, 0 - 6 meter							
Haukåsvatnet	0,776	0,447	0,629	0,42	0,585	0,623	0,578
Utløp ved Hylkje	0,638	0,391	0,819	0,567		0,657	0,597
KJEMISK OKSYGENFORBRUK, mg O/l, 0 - 6 meter							
Haukåsvatnet	5,33	5,79	5,77	4,66	3,27	4,69	4,31
Utløp ved Hylkje	5,09	7,18	9,69	7,02		7,76	9,01



TABELL 1.5. Temperatur og oksygenmålinger i Haukåsvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Model 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	18. MAI		13. JUNI		11. JULI		8. AUG.		13. OKT.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	13,5	101	12,4	92	17,2	99	19	109	8,6	82
1 m	13,3	99	12,5	91	17,2	99	19	109	8,5	83
2 m	11,8	112	12,4	90	14,8	109	18,8	109	8,4	88
3 m	8,6	112	12,0	89	12,2	104	16,7	125	8,4	89
4 m	7,1	105	11,1	89	10,8	95	12,8	73	8,3	90
5 m	5,9	86	10,0	94	8,4	95	10,5	76	8,3	90
6 m	5,6	78	6,8	90	6,9	85	8,9	78	8,2	87
7 m	5,3	72	5,7	74	6,2	73	8,0	68	8,1	78
8 m	5,2	72	5,4	64	5,5	66	7,2	62	7,4	66
9 m	5,2	69	5,2	60	5,2	63	6,5	57	6,2	49
10 m	5,1	68	5,1	58	5,1	61	5,9	56	5,7	48
11 m	5,0	66	5,0	58			5,4	53		
12 m	4,9	65			4,9	58	5,2	53	5,4	47
13 m	4,8	63	4,9	56			5,1	52		
14 m	4,8	62					5,0	50		
15 m	4,7	61	4,8	55	4,8	55	5,0	50	5,0	46
16 m	4,7	61					5,0	48		
17 m	4,7	61	4,7	54	4,7	56	5,0	49	4,9	45
18 m	4,6	60					4,9	48		
19 m	4,5	58					4,8	48		
20 m	4,5	56	4,6	50	4,5	51	4,8	47	4,7	42
25 m	4,3	49	4,3	40	4,4	40	4,8	30	4,5	33
27 m					4,3	27			4,5	28
30 m	4,2	40	4,3	29	4,3	23	4,5	19	4,4	16
31 m			4,2	18						
32 m							4,4	9		
34 m										



Tabell 1.6. Planteplankton fra Haukåsvatnet oppgitt i antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) i månedlige prøver i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 6 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	18. MAI		13. JUNI		11. JULI		8. AUG.		8. SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Synedra sp.			0,0153	0,0077	0,0459	0,023				
Ubest.pennate diatomeer	0,0306	0,0018	0,0153	0,0046			0,0306	0,0153		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankistrodesmus spp.	0,107	0,0107	0,0765	0,0077	0,275	0,0275	0,0459	0,0046	0,352	0,0352
Coelastrum sp.	0,122	0,0079	0,062	0,004						
Elakatothrix sp.	0,0153	0,0031								
Crucigeniella sp.			0,490	0,0245	3,504	0,1051				
Chlorophycea sp.									1,591	0,0525
Chlorophycea spp.			0,02	0,0003	0,153	0,0054				
Staurastrum sp.					0,0153	0,0612				
Staurodesmus sp.					0,0153	0,0612				
Scenedesmus sp.							0,153	0,0306		
Eudorina sp.							0,0320	0,0021	0,122	0,0079
Sphaerocystis sp.			0,0153	0,0077	1,346	0,0519			0,003	0,0008
KRYPTOALGER (Cryptophyceae)										
Chryptomonas sp.			0,0765	0,0421	0,0153	0,0153	0,0153	0,0153		
Rhodomonas sp.	1,209	0,0846	0,0153	0,0011	0,153	0,0092	0,107	0,0086	0,0459	0,0459
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon spp.	0,0153	0,0031	0,0153	0,0031						
Dinobryon divergens					0,005	0,0010				
Synura sp.					0,0153	0,0077				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Gymnodinium sp.	0,0459	0,0275								
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Chroococcus sp.	0,321	0,0209								
Microcystis sp. (kol.)									0,001	0,0015
C.f. Microcystis sp.	18,369	0,0735								
Anabaena sp.					0,275	0,0179			0,027	0,0009
Cyanphyceae spp.					0,0918	0,0073				
Lyngbya limnetica					0,0153	0,0179				
FLAGELLATER OG MONADER										
Flag.og monader > 5 µm	0,383	0,0689	0,0765	0,0138	0,0765	0,0086	0,168	0,019	0,153	0,0173
Flag.og monader < 5µm	1,521	0,0335	0,352	0,0049	0,52	0,0073	3,042	0,0426	1,484	0,0208
TOTALT	22,1391	0,3355	1,23	0,1215	6,5523	0,4295	3,5938	0,1381	3,7789	0,1828



TABELL 1.7. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i fem prøver fra Haukåsvatnet i 1994. Prøvene er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	18. MAI	13. JUNI	11. JULI	8. AUGUST	8. SEPT.
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
<i>Daphnia longispina</i>	75	3500	250	1300	50
<i>Bosmina longispina</i>	25	25	50	6	20
<i>Bythotrephes longimanus</i>	1	6	10	55	2
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>					10
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
<i>Cyclops</i> sp.	2600	4000	2500	450	250
Nauplii	150	3300	2500	2000	2000
Calanoidae	150	3400	1500	600	400
ROTATORIER					
<i>Rotatoria</i> sp.		få			
<i>Conochilus unicornis</i>		få			
<i>Kellicottia longispina</i>	få	mye	1500	få	
<i>Keratella cochlearis</i>	få	få	få	få	
<i>Keratella hiemalis</i>	få	få	få	få	
ANDRE					
Acari			3		



2. ÅSTVEITVASSDRAGET



INNHOLDSFORTEGNELSE

))

BESKRIVELSE	side 39
TILSTAND	side 41
UTLØPET TIL SJØEN	side 41
GRIGGASTEMMA	side 42
ÅSTVEITSTEMMA	side 46
VURDERING	side 50
UTLØPET TIL SJØEN	side 50
GRIGGASTEMMA	side 51
ÅSTVEITSTEMMA	side 52
LITTERATUR SOM OMHANDLER ÅSTVEITVASSDRAGET	side 54
MÅLEDATA	side 55

))

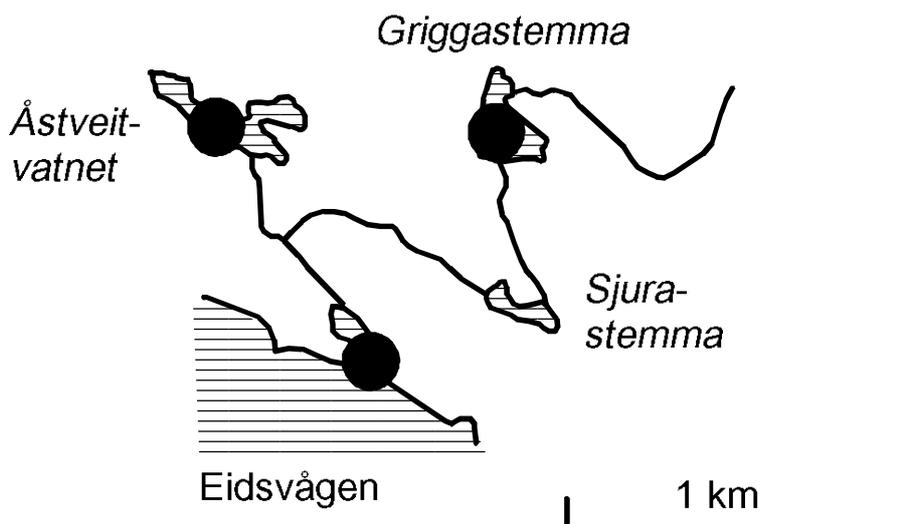




KORT BESKRIVELSE AV ÅSTVEITVASSDRAGET

Åstveitvassdraget ligger i Åsane og har utløp vestover til Eidsvågen ved Åstveit (figur 2.1). Nedslagsfeltet er på 2,26 km², og domineres av skog og tettbebygde områder. Berggrunnen består av gneiss og granitt uten særlige løsmasseavsetninger, og forventet naturtilstand med hensyn på næringsrikhet ligger på 4 - 6 : g fosfor/liter (Johnsen mfl. 1992). Årlig middelavrenning er rundt 60 l/s pr. km² (NVE 1987), og vassdragets middelvannføring til sjø er 136 liter pr. sekund, eller 4,3 millioner m³ årlig.

Vassdraget består av to greiner som møtes noen hundre meter før utløpet til sjøen. I den vestre greina ligger Åstveitvatnet, og i den østre ligger Griggastemma og Sjurastemma. Like før utløpet til sjøen ligger enda en liten stemme. Alle innsjøene er oppdemmet. Deler av vassdraget ble undersøkt med hensyn på tarmbakterier i forbindelse med Bergen kommune sin undersøkelse for å registrere kloakklekkasjer i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993) og 1994 (Bjørklund og Johnsen 1994). Åstveitvatnet og Griggastemma ble ekkoloddet i 1991 (Johnsen mfl. 1992).



FIGUR 2.1. Kart over de sentrale deler av Åstveitvassdraget med prøvetakingsstasjonene inntegnet.

Griggastemma (KN 976 075, 61 meter over havet) har et nedslagsfelt på 1,14 km², som domineres av skogsområder. Det er spredd bebyggelse i nedslagsfeltet, og antall husstander er anslått til 30. Det er offentlig kloakksystem i området.

Griggastemma er en grunn innsjø, med et gjennomsnittsdyp på 3,5 meter og vannutskiftning oftere enn en gang hver måned (tabell 2.1). Innsjøen er oppdemmet. Forventet naturtilstand mht. næringsrikhet er på 4 : g fosfor/liter (Johnsen mfl. 1992). Det er utarbeidet dybdekart for innsjøen (Johnsen mfl. 1992).



TABELL 2.1. Morfologiske og hydrologiske data for Griggastemma.

INNSJØAREAL (km ²)	VOLUM (mill. m ³)	MAKS DYP (meter)	SNITTDYP (meter)	UTSKIFTING (ganger/år)	HYDR.BEL (m ³ /m ² /år)
0,039	0,135	8	3,5	14	55,3

Åstveitstemma (KN 968 076, 30 meter over havet) har et nedslagsfelt på 0,42 km², dominert av skog og tettbebyggelse. Sandviken sykehus og skolekomplekset på Myrane ligger blant annet i nedslagsfeltet til Åstveitstemma. Det er imidlertid bare 20 personer som har utslipp til innsjøens nedslagsfelt, resten er tilkoblet offentlig kloakk. Tidligere beregninger av fosfortilførsler fra nedslagsfeltet, totalt 14 kg pr. år, tydet på at innsjøen hadde tilførsler som lå opp mot innsjøens tålegrense (Bjørklund mfl. 1994).

Åstveitstemma er også en oppdemmet og grunn innsjø, med et gjennomsnittsdyp på 4 meter og en vannutskifting omtrent hver fjerde måned (tabell 2.2). Forventet naturtilstand mht. næringsrikhet er på 6 : g fosfor/liter (Johnsen mfl. 1992). Det er utarbeidet dybdekart for innsjøen (Johnsen mfl. 1992).

TABELL 2.2. Morfologiske og hydrologiske data for Åstveitstemma.

INNSJØAREAL (km ²)	VOLUM (mill. m ³)	MAKS DYP (meter)	SNITTDYP (meter)	UTSKIFTING (ganger/år)	HYDR.BEL (m ³ /m ² /år)
0,052	0,213	14	4	3,4	12,7

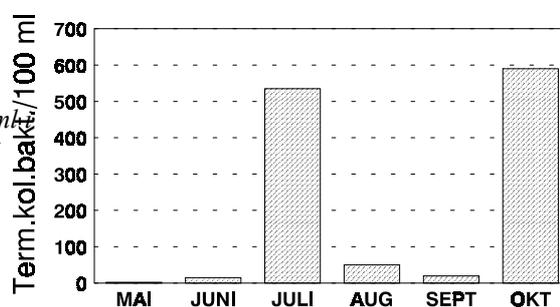


TILSTANDEN VED UTØPET TIL SJØEN

TARMBAKTERIER

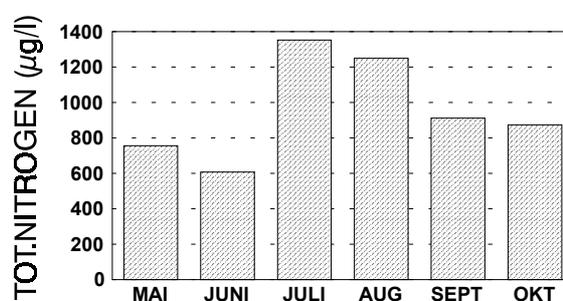
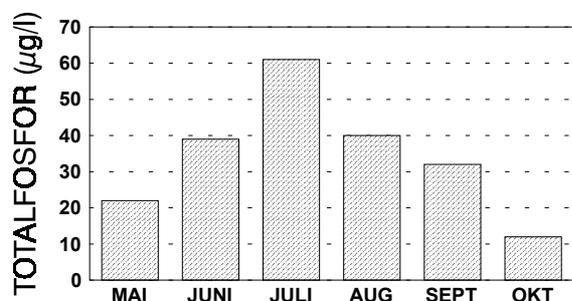
Det ble funnet tarmbakterier i vassdraget ved utløpet til sjøen i hele undersøkelsesperioden, men spesielt i juli og oktober var innholdet høyt (figur 2.2). Høyeste konsentrasjon ble målt i oktober og var da 590 termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml. Dette gjør at elva klassifiseres i tilstandsklasse IV. Den store variasjonen i innholdet av tarmbakterier viser at det både er jevnlige tilførsler av bakterier til elva, men også at det kan være relativt store periodevise tilførsler (figur 2.2).

FIGUR 2.2. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6).



NÆRINGSFORHOLD

Åstveitvassdraget er næringsrikt ved utløpet til sjøen. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden, men var spesielt høyt i juli (figur 2.3). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 34 : g/l og av nitrogen på 959 : g/l.



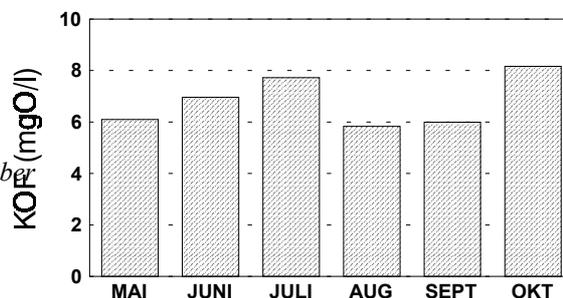
FIGUR 2.3. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen fra mai til oktober 1994 (tabell 2.6).

OKSYGENFORHOLD

Det kjemiske oksygenforbruket var også høyt i hele undersøkelsesperioden. Høyest oksygenforbruk ble målt i juli og oktober, og var i oktober på 8,16 mg O/l (figur 2.4). Dette klassifiserer utløpet av Åstveitvassdraget i tilstandsklasse V, som er dårligste tilstandsklasse.



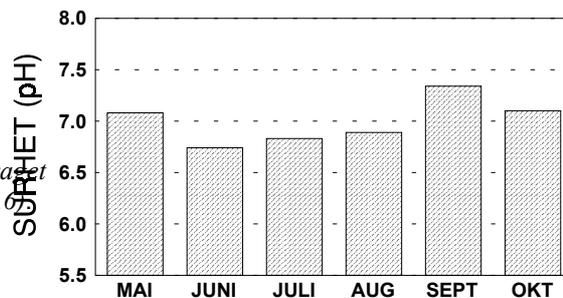
FIGUR 2.4. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6).



SURHET

Det er gode og stabile forhold med hensyn på surhet i den nedre delen av Åstveitvassdraget. pH ligger rundt 7,0, med laveste pH på 6,74 målt i juni (figur 2.5).

FIGUR 2.5. pH-verdier i månedlige prøver fra Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6).

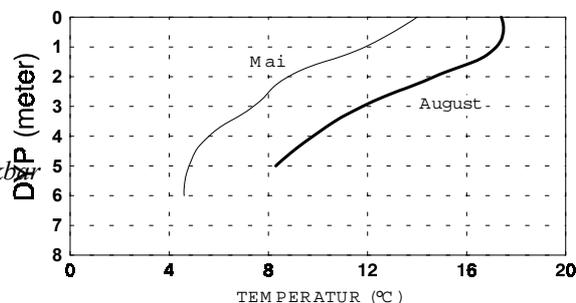


TILSTANDEN I GRIGGASTEMMA

TEMPERATURFORHOLD

Griggastemma hadde en temperaturskikning som lå rundt 2 meter i mai og bare noe lavere i august (figur 2.6). Våromrøringen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen trolig i slutten av oktober.

FIGUR 2.6. Temperaturprofiler for Griggastemma målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai, og 13. oktober 1994 (tabell 2.7). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.

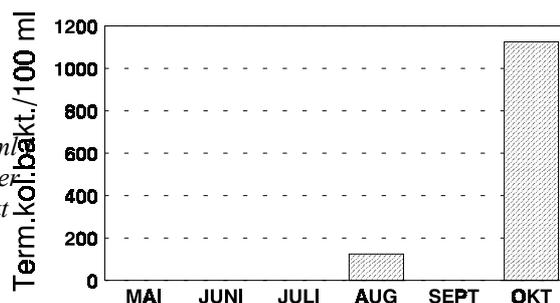




TARMBAKTERIER

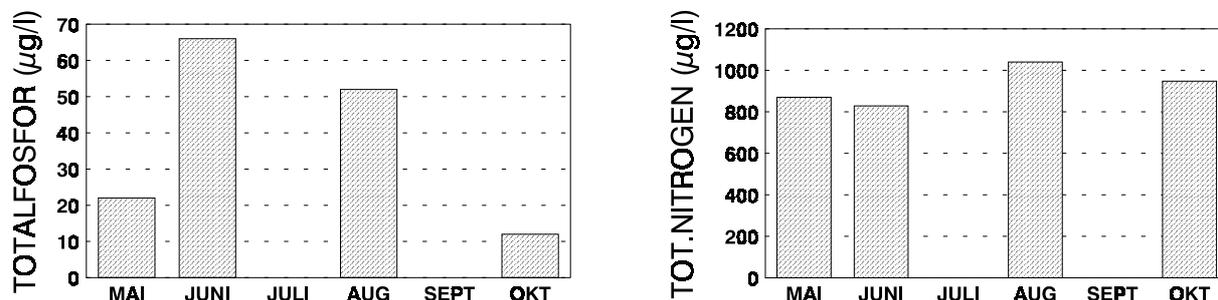
I Griggastemma ble det kun registrert tarmbakterier i august og oktober 1994 (figur 2.7). Høyest var det i oktober da det ble funnet 1125 termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml, og Griggastemma klassifiseres derfor i tilstandsklasse V. Ved undersøkelsen i august ble det tatt prøver av dypvannet, og det ble ikke observert tarmbakterier der.

FIGUR 2.7. Antall termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml månedlige prøver fra Griggastemma i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 2.6).



NÆRINGSFORHOLD

Griggastemma er meget næringsrik. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i det meste av undersøkelsesperioden (figur 2.8). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 38 g/l og av nitrogen på 922 g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og tilstandsklasse V for nitrogen.



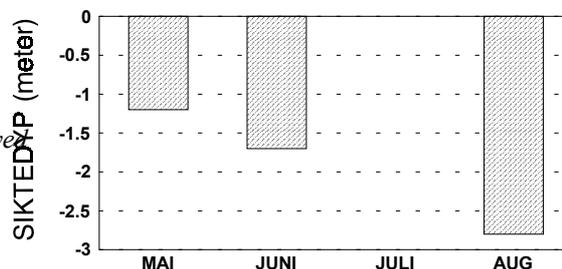
FIGUR 2.8. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i fire prøver fra Griggastemma i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøvene er fra blandeprøver fra de 2 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar rundt 120 kg fosfor pr. år. Dette er 50 % mer enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 79 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Griggastemma viser at innsjøen kun har en tålegrense på 60 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på 60 kg fosfor pr. år.

Siktedypet i Griggastemma var på 2,03 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 2,8 meter ble målt i august (figur 2.9), og siktedypet varierer i forhold til algemengdene i innsjøen (figur 2.10).

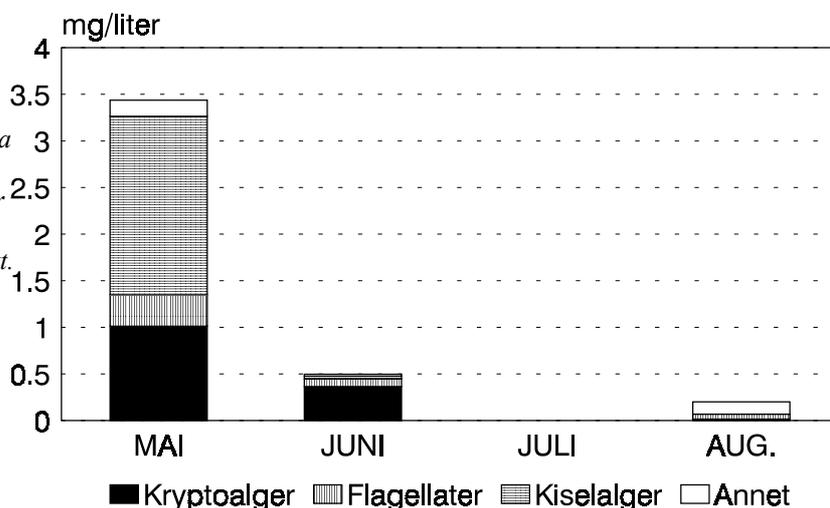


FIGUR 2.9. Siktedyb målt med Secchi-skive i Griggastemma ved tre tidspunkt fra mai til august 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Griggastemma i perioden mai til august var på 1,38 mg/liter. Største algemengder ble funnet i mai (figur 2.10), da det var en klar dominans av kiselalger av slekten *Synedra*. Kryptoalgene var også viktige i mai og juni, der slektene *Chryptomonas* og *Rhodomonas* dominerte i henholdsvis mai og juni (tabell 2.9). Det ble også funnet små mengder blågrønnalger i slekten *Croococcus* i mai og juni. Også algemengdene i Griggastemma i juli og august var lavere enn ventet ut fra næringsinnholdet.

FIGUR 2.10. Mengder av de forskjellige algetyper i tre prøver fra Griggastemma i perioden mai til august 1994 (tabell 2.9). Prøvene er fra blande-prøver fra de 2 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

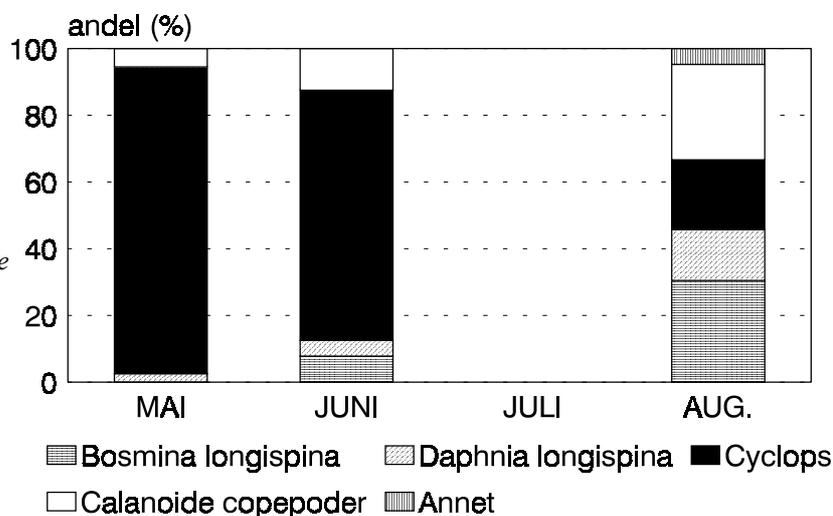


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Griggastemma hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. Slekten *Cyclops* var antallsmessige dominerende i første del av sesongen, mens de kalanoide hoppekrepsene, og vannloppene *Daphnia longispina* og *Bosmina longispina* utgjorde en større andel i august (figur 2.11).



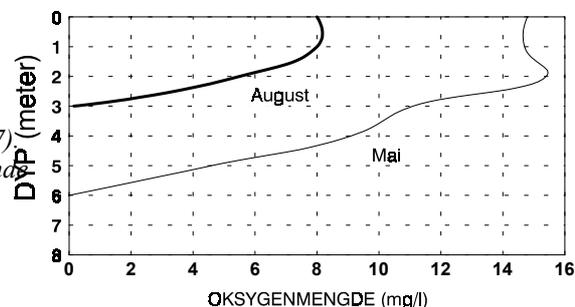
FIGUR 2.11. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i månedlige prøver i Grigga-stemma sommeren 1994 (tabell 2.11). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen, ved innsjøens dypeste punkt.



OKSYGENFORHOLD

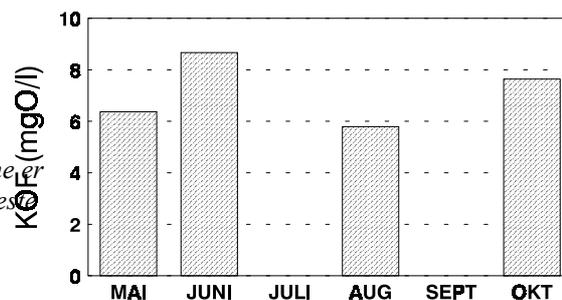
Oksygenforbruket i dypvannet i innsjøen var middels stort, og det reelle oksygenforbruket i dypvannet var på 2,89 mg O/l pr. mnd. Imidlertid har innsjøen et lite dypvannsvolum, og bunnvannet var derfor oksygenfritt allerede ved prøvetakingen i midten av mai (figur 2.12). Ved prøvetakingen i august var det kun de tre øverste meterne i vannsøylen som ikke var oksygenfrie. Det høye oksygeninnholdet i de øvre vannmassene i mai er naturlig og skyldes en høy algeproduksjon på dette tidspunktet.

FIGUR 2.12. Oksygenprofiler for Griggastemma målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai og 8. august 1994 (tabell 2.7). Prøvene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar sonda ved innsjøens dypeste punkt.



Det kjemiske oksygenforbruket i Griggastemma var også relativt høyt, både i bunnvannet og i overflatevannskiktet. Høyeste forbruk på 8,7 mg O/l ble målt i overflatevannet i juni (figur 2.13). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse IV. Det kjemiske oksygenforbruket i bunnvannet ble undersøkt i august, og det var da på 7,3 mg O/l (tabell 2.6). Oksygenforbruket var da høyere i bunnvannet enn i overflatevannskiktet.

FIGUR 2.13. Kjemisk oksygenforbruk i Griggastemma ved 4 tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøvene er fra blandeprøver fra de 2 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

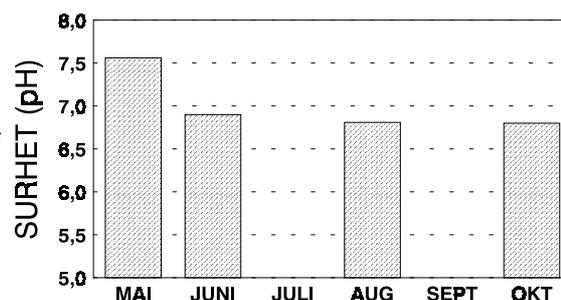




SURHET

Griggastemma har pH-verdier nær det nøytrale, og surhet er ikke noe problem i innsjøen. Laveste registrerte pH var på 6,80 i oktober (figur 2.14).

FIGUR 2.14. pH-verdier i Griggastemma ved fire tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

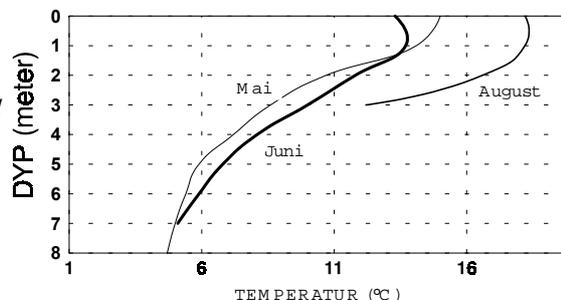


TILSTANDEN I ÅSTVEITSTEMMA

TEMPERATURFORHOLD

Temperaturskikningen i Åstveitstemma lå rundt 3 meter sommeren 1994 (figur 2.15).

FIGUR 2.15. Temperaturprofiler for Åstveitstemma målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai, 13. juni og 8. august 1994 (tabell 2.8).

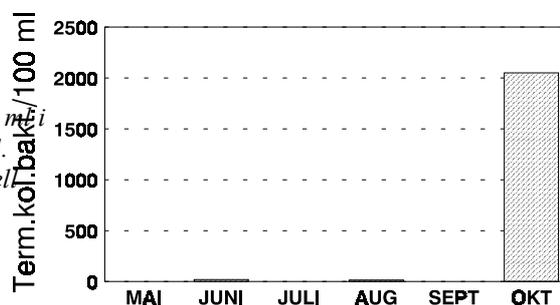


TARMBAKTERIER

Det ble registrert tarmbakterier i Åstveitstemma i hele undersøkelsesperioden bortsett fra i mai (figur 2.16). I oktober var innholdet av tarmbakterier meget høyt, og var på hele 2050 termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml. Ellers ble det ikke registrert høyere konsentrasjoner enn 20 tarmbakterier pr. 100 ml. På grunn av de høye konsentrasjonene i oktober klassifiseres Åstveitstemma i tilstandsklasse V. Den store variasjonen i innholdet av tarmbakterier viser at det periodevis er meget store tilførsler av tarmbakterier til innsjøen, og at de jevnlige tilførslene trolig er relativt små. I dypvannet ble det ikke observert tarmbakterier i august, og dette viser at tarmbakterietilførslene skjer til overflateskiktet i innsjøen.

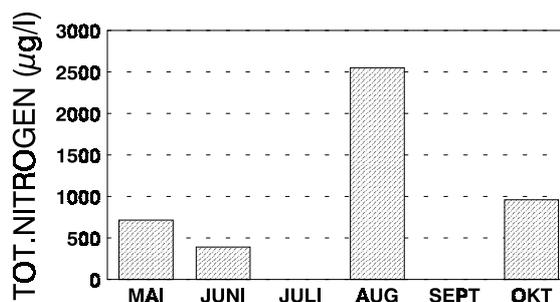
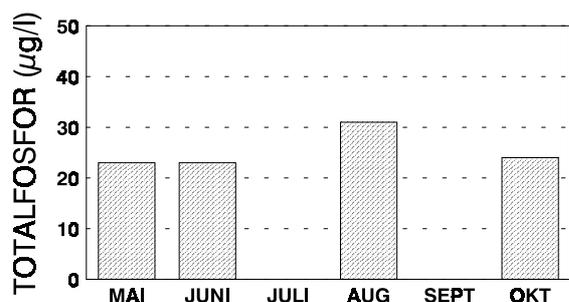


FIGUR 2.16. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i fire prøver fra Åstveitstemma i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 2.6).



NÆRINGSFORHOLD

Åstveitstemma er næringsrik, og innholdet av nitrogen var spesielt høyt i august (figur 2.17). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 25 : g/l og av nitrogen på 1154 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og tilstandsklasse V for nitrogen.

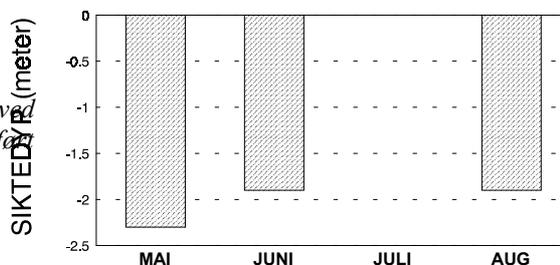


FIGUR 2.17. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i fire prøver fra Åstveitstemma i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøven er tatt som blandeprøve fra de 4 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar i underkant av 40 kg fosfor pr. år. Dette er høyere enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 14 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Åstveitstemma viser at innsjøen kun har en tålegrense på 30 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på omtrent 10 kg fosfor pr. år.

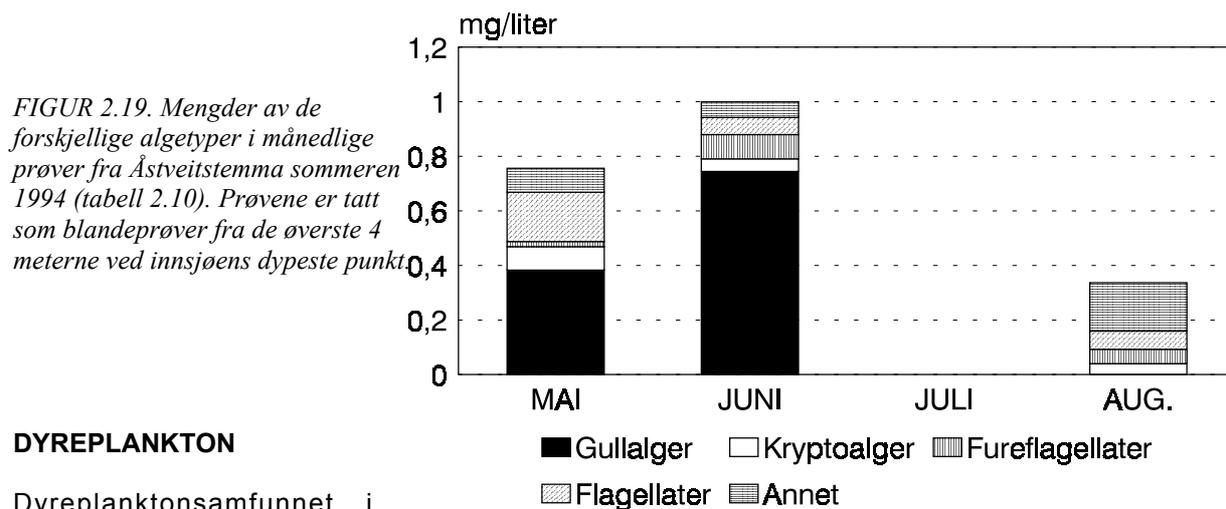
Siktedypet i Åstveitstemma var på 1,90 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 2,30 meter ble målt i mai (figur 2.18).

FIGUR 2.18. Siktedyp målt med Secci-skive i Åstveitstemma ved tre tidspunkt i perioden mai til august 1994. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt.





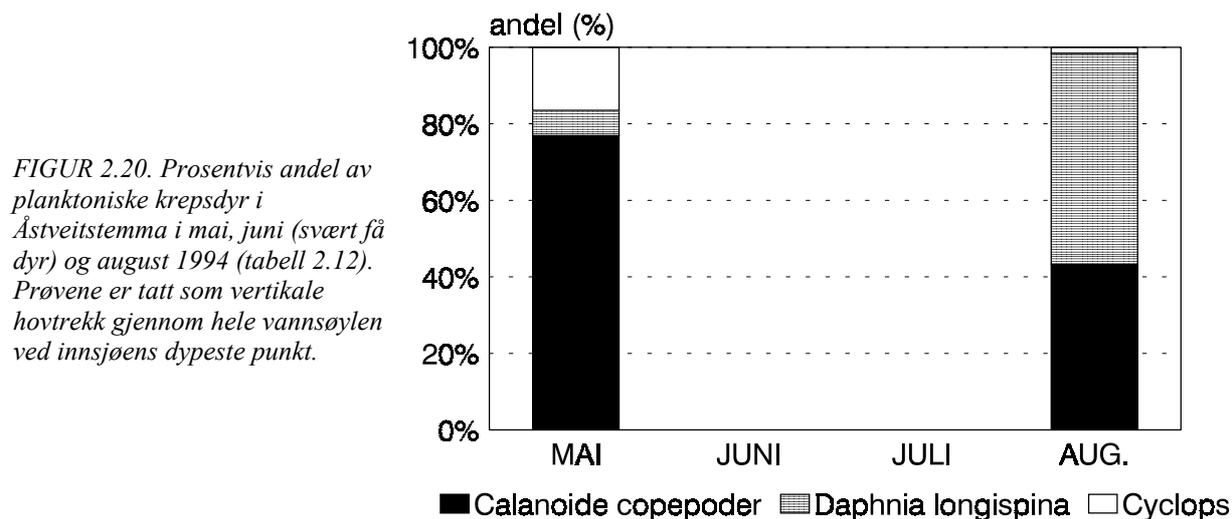
Algemengdene i Åstveitstemma i 1994 er lave, med gjennomsnittlig algemengde på 0,68 mg pr. liter. Heller ikke i denne innsjøen er det samsvar mellom forventede algemengder i forhold til fosforinnholdet i innsjøen. Den gjennomsnittlige algemengden tilsvarer algemengdene en finner i lite næringsrike innsjøer, men algetyperne tyder på mer næringsrike forhold. Gullalgen *Diobryon divergens* dominerte i mai og juni, og slekten *Synura* ble også funnet i relativt store mengder (tabell 2.10). Det ble også funnet flere typer blågrønnalger i hele perioden. I august var det ingen stor dominans av enkeltgrupper (figur 2.19).



DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i

Åstveitstemma var dominert av hoppekreps i mai, mens vannlopper dominerte i august. Det var vannloppen *Daphnia longispina* som dominerte i august (figur 2.20). Ved prøvetakingen i juni ble det funnet svært lite dyreplankton. Kun enkeltindivider av *Daphnia longispina* og hoppekreps ble registrert på dette tidspunktet (tabell 2.12). Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis* og *Keratella hiemalis*, og disse ble funnet i store tettheter i juni (tabell 2.12).

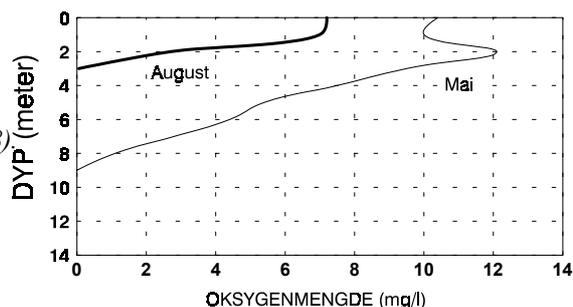




OKSYGENFORHOLD

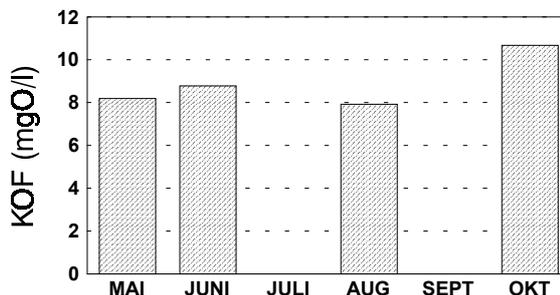
Oksygenforbruket i dypvannet i Åstveitstemma var meget stort, og allerede i midten av mai var det oksygenfrie forhold i dypvannet under 9 meters dyp (figur 2.21). Det reelle oksygenforbruket i dypvannet var på 4,06 mg O/l pr. måned. I august var det oksygen kun i de 3 øverste meterne i vannmassene. Det høye oksygeninnholdet i de øvre vannmassene i mai skyldtes høy algeproduksjon i overflateskiktet.

FIGUR 2.21. Oksygenprofiler for Åstveitstemma målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai og 8. august 1994 (tabell 2.8). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket i de øvre vannmassene, var også høyt i hele undersøkelsesperioden i Åstveitstemma. Høyeste forbruk ble målt i oktober og var da på 10,67 mg O/l (figur 2.22). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse V. I bunnvannet var det kjemiske oksygenforbruket lavere enn i overflateskiktet og var på 6,58 mg O/l ved undersøkelsen av dypvannet i august.

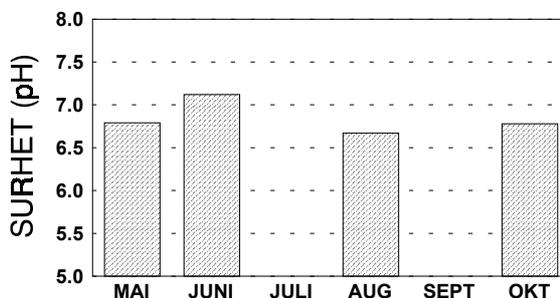
FIGUR 2.22. Kjemisk oksygenforbruk i Åstveitstemma ved 4 tidspunkter i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøven er tatt som blandeprøve fra de 4 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Åstveitstemma har pH-verdier nær det nøytrale, og surhet er ikke noe problem i innsjøen. Laveste registrerte pH var på 6,67 i august (figur 2.23).

FIGUR 2.23. pH-verdier i Åstveitstemma ved 4 tidspunkter i perioden mai til oktober 1994 (tabell 2.6). Prøven er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.





VURDERING

Utløpet til sjø

Åstveitvassdraget er meget næringsrikt, og har et høyt innhold av organisk stoff. Vassdraget er også periodevis sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier (tabell 2.3). Vassdraget er imidlertid et lite vassdrag, og derfor meget følsomt for selv moderate tilførsler.

TABELL 2.3. Tilstandsklassifisering av Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen i 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992).

Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
V	V	I	IV

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Åstveitvassdraget ved utløpet til sjøen har små direkte kloakktilførsler og store kloakktilførsler i perioder med mye nedbør. Tilførslene kommer hovedsakelig med avrenningen fra Griggastemma og Åstveitstemma. Vassdraget har forurensningsgrad 4.

De største konsentrasjonene av tarmbakterier ble, bortsett fra i juni, funnet ved store nedbørmengder. Ettersom det ikke er husdyrdrift i vassdragets nedslagsfelt, må bakterietilførslene skyldes overløp på kloakkledningsnett. Det ble imidlertid registrert tarmbakterier i hele undersøkelsesperioden bortsett fra i mai, og det tyder på at det også er små direkte tilførsler til vassdraget. Det er også tidligere registrert tarmbakterier i vassdraget i en periode med lite nedbør (Bjørklund og Johnsen 1994).

I mai, juni, august og oktober er det tatt prøver både ved utløpet av vassdraget og i Griggastemma og Åstveitstemma. Ved samtlige av lokalitetene ble det funnet et lavt innhold av bakterier ved prøvetakingen de tre første månedene, og et meget høyt innhold i oktober. Tarmbakterieinnholdet var lavere ved utløpet enn i innsjøene, og det er derfor nærliggende å anta at det høye bakterieinnholdet ved utløpet i oktober hovedsakelig skyldes tilførsler fra de to ovenforliggende innsjøene. I juli ble det også funnet et høyt innhold av tarmbakterier ved utløpet av vassdraget. Da ble det imidlertid ikke tatt prøver ellers i vassdraget, men det er ikke utenkelig at innholdet av tarmbakterier var høyt i innsjøene på dette tidspunktet.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Vassdraget er næringsrikt. Med et naturgrunnlag på 6 : g fosfor pr. liter og 200 : g nitrogen pr. liter (Johnsen mfl. 1992), blir forurensningsgraden 5 for begge næringsstoffer. Innholdet av næringsstoffene var høyt i hele undersøkelsesperioden, og de høyeste verdiene ble målt i juli. Dette har sammenheng med at det var mye nedbør denne dagen, etter en periode med tørt vær, og det ble også funnet høye konsentrasjonene av tarmbakterier på dette tidspunktet. Næringstilførslene til vassdraget skyldes trolig både kloakktilførsler og arealavrenning, og næringsinnholdet ved utløpet synes å gjenspeile tilførslene fra Griggastemma og Åstveitstemma.



STOFFTRANSPORT TIL SJØ

Tilførslene av organisk stoff til vassdraget er også høyt, og oksygenforbruket var meget stort i hele undersøkelsesperioden. Høyest forbruk ble målt i oktober. Med en forventet naturtilstand anslått til 3 mg O/l vil elva ha forurensningsgrad 4 med hensyn på virkningen av organisk stoff. På denne tiden finner en imidlertid ofte et høyt oksygenforbruk ettersom det på dette tidspunktet er store tilførsler av dødt organisk materiale både fra planter i vassdraget og fra planter i nedslagsfeltet.

De totale fosfortilførslene til sjøen fra dette vassdraget ligger på rundt 150 kg pr. år. Disse tilførslene kommer delvis som naturlig avrenning fra nedslagsfeltet og delvis fra menneskelige aktiviteter. Ut fra antatt naturtilstand for fosfor på 6 : g pr. liter, ble de naturlige tilførslene fra nedslagsfeltet beregnet til å utgjøre ca. 25 kg fosfor pr. år. Tilførsler fra antropogene kilder utgjør dermed rundt 125 kg fosfor pr. år. Nitrogentilførslene til sjøen utgjorde 4,1 tonn pr. år, hvorav ca. 900 kg skyldes naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. De resterende 3 tonn tilføres på grunn av menneskelige aktiviteter. De totale tilførsler av organisk stoff regnet i organisk karbon ligger på omtrent 24 tonn pr. år. Disse er regnet ut fra målt kjemisk oksygenforbruk omregnet til mengde organisk karbon (SFT 1989).

Disse beregningene baserer seg på målinger av de enkelte stoff gjort i de seks månedene i undersøkelsesperioden. Det er ikke tatt målinger på vinteren. Ettersom det i denne delen av landet sjelden er snødekket, vil tilførslene av både fosfor og nitrogen til vassdraget avhenge mer av nedbørmengdene enn årstiden, og målinger fra mai til oktober er derfor antatt å utgjøre et tilfredsstillende gjennomsnitt for året.

Griggastemma

Griggastemma har i perioder meget store tilførsler av tarmbakterier (tabell 2.4). Innsjøen er næringsrik, men algemengdene i innsjøen var små. Innholdet av organisk stoff er høyt, og innsjøen har oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai. I august var det kun de tre øverste meterne i innsjøen som fremdeles hadde oksygenrikt vann. Algemengdene i innsjøen var lave, og dominerende algegrupper var kryptoalger og kiselalger, der slektene *Chryptomonas* og *Rhodomonas* var dominerende. Det ble funnet små mengder blågrønnalger i hele undersøkelsesperioden. Dyrplanktonsamfunnet var dominert av *Cyclops* sp., men det ble også funnet *Daphnia longispina* og *Bosmina longispina*, særlig i siste del av perioden.

TABELL 2.4. Tilstandsklassifisering av Griggastemma i 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992).

Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
IV-V	IV	I	V

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Griggastemma har periodevis et meget høyt innhold av tarmbakterier og har derfor forurensningsgrad 4. Utenom disse periodene er imidlertid innholdet av tarmbakterier meget lavt, og viser at innsjøen ikke er belastet med store direkte kloakkutslipp fra sitt lokale nedslagsfelt. Imidlertid ble innløpsbekken til Griggastemma undersøkt våren 1994, og det ble funnet tarmbakterier i bekken i perioder med lite nedbør (Bjørklund & Johnsen 1994). Det er derfor trolig at Griggastemma mottar noe tilførsler med med denne bekken. Høyt innhold av tarmbakterier ble, bortsett fra i juni, funnet kun i perioder med mye nedbør. Det er ikke husdyrdrift i nedslagsfeltet til innsjøen, og bakterietilførslene må derfor skyldes overløpsproblemer på kloakkledningsnett som går langs veien vest for innsjøen, eller arealavrenning etter spredning av husdyrgjødsel på områder i nedslagsfeltet.



TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Griggastemma er meget næringsrik, og innsjøen tilhører tilstandsklasse IV for fosfor og V for nitrogen. Med en antatt naturtilstand på 6 : g P/l og 200 : g N/l (Johnsen mfl. 1992), har innsjøen forurensningsgrad 5 for begge næringsstoffer. Innsjøens tålegrense for fosfortilførsler ligger på rundt 60 kg pr. år, og beregninger av tilførslene ut fra målte konsentrasjoner i innsjøen, viser at innsjøen mottar fosfortilførsler på hele 120 kg pr. år. Beregningene av tilførslene fra nedslagsfeltet, viste også at kloakktilførsler bidro med 70 kg fosfor til innsjøen, altså med 10 kg mer enn tålegrensen for Griggastemma.

Dyreplanktonsamfunnet i Griggastemma er dominert av arter som til en viss grad er i stand til å regulere algemengdene i innsjøen. Imidlertid er disse trolig ikke årsaken til de relativt lave algemengdene i innsjøen, ettersom mønsteret med lave algemengder ble registrert i samtlige av de undersøkte innsjøene i 1994.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Griggastemma er sterkt forurenset med hensyn på organisk stoff i innsjøen, og det kjemiske oksygenforbruket i overflatevannet i Griggastemma, som gjenspeiler mengdene av lett nedbrytbart organisk materiale i de øvre vannmassene, var relativt høyt. Antatt naturtilstand for innsjøen er på 4 mg O/l, og forurensningsgraden med hensyn på kjemisk oksygenforbruk er da 4.

I bunnvannet var det kjemiske oksygenforbruket høyere enn i overflateskiktet, og Griggastemma har tilførsler av organisk stoff som gjør at bunnvannet er oksygenfritt allerede i begynnelsen av mai. Ettersom Griggastemma er grunn og har et lite dypvannsvolum, kan imidlertid selv små tilførsler av organisk stoff forbruke det tilgjengelige oksygenet i bunnvannet relativt raskt. Både tilførsler fra nedslagsfeltet og tilførsler fra innsjøens egen produksjon bidrar til oksygenvinnet i dypvannet. Samlet sett vurderes derfor innsjøens forurensningsgrad til 4 med hensyn på virkning av tilførsler av organisk stoff.

Åstveitstemma

Åstveitstemma har vanligvis et relativt lavt innhold av tarmbakterier, men i oktober var tilførslene meget store (tabell 2.4). Innsjøen er næringsrik, men algemengdene er lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i vannet. Algetypene derimot indikerer mer næringsrike forhold med dominans av gullalgene *Dinobryon divergens* og *Synura* sp. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av *Daphnia longispina* og kalanoide kopepoder. Innholdet av organisk stoff er høyt, og Åstveitstemma har oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai. I august var det kun de tre øverste meterne i innsjøen som fremdeles hadde oksygenrikt vann.

TABELL 2.5. Tilstandsklassifisering av Åstveitstemma i 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992).

Næringsalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
IV-V	V	I	V



TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Åstveitstemma er belastet med kloakktilførsler, trolig i forbindelse med overløp på kloakkledningsnett, men det er lite direkte tilførsler til innsjøen.

Innholdet av tarmbakterier var meget høyt i oktober, og Åstveitstemma har forurensningsgrad V. Det vanligvis lave innholdet av tarmbakterier viser at innsjøen ikke er belastet store direkte kloakktilførsler. Høyt innhold av tarmbakterier ble imidlertid funnet i perioder med mye nedbør. Ettersom det er lite områder med dyrket mark som drenerer til innsjøen, der det evt. kunne spres husdyrgjødsel, tyder på at det kan være overløpsproblemer på kloakkledningsnettet i innsjøens nedslagsfelt.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Åstveitstemma er næringsrik. Med en antatt naturtilstand på 6 : g P/l og 200 : g N/l (Johnsen mfl. 1992), har innsjøen forurensningsgrad 4 med hensyn på fosfor og 5 med hensyn på nitrogen. Innsjøens tålegrense for fosfortilførsler ligger på bare 30 kg pr. år, og tidligere beregninger av tilførslene viser at innsjøen mottar fosfortilførsler fra nedslagsfeltet på kun 14 kg pr. år (Bjørklund mfl. 1994). Dette er klart et altfor lavt estimat for de totale tilførslene til innsjøen, men den indre gjødslingen i Åstveitstemma vil være relativt stor, ettersom bunnvannet er oksygenfritt hele sommersesongen. Bunnvannet i Åstveitstemma hadde høyere fosforkonsentrasjon enn overflatevannskiktet, og dette viser at indre gjødsling er av stor betydning for fosfortilførsler til innsjøen.

Algemengdene i Åstveitstemma var også lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i middels næringsrike innsjøer. Årsaken er trolig de klimatiske forholdene dette året med en spesielt kald og nedbørrik juni måned. Algetypene derimot tyder på mer næringsrike forhold med dominans av *Dinobryon divergens* og *Synura* sp. Det ble også funnet små mengder blågrønnalger i hele perioden.

Dyreplanktonsamfunnet i Åstveitstemma var dominert av arter som til en viss grad er i stand til å regulere algemengdene i innsjøen. Dyreplanktonet tyder også på at det er lite planktonspisende fisk i innsjøen.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Åstveitstemma har det høyeste målte kjemiske oksygenforbruket i dette vassdraget. Med antatt naturtilstand på 4 mg O/l har innsjøen forurensningsgrad 5. Det reelle oksygenforbruket i dypvannet var også meget høyt, blant de høyeste som ble registrert i denne undersøkelsen, og innsjøen har oksygenfritt bunnvann allerede i mai.

Åstveitstemma har også et lite dypvannsvolum, slik at relativt moderate tilførsler av organisk stoff kan forbruke det tilgjengelige oksygenet i bunnvannet relativt raskt. Både tilførsler fra nedslagsfeltet og tilførsler fra innsjøens egen produksjon bidrar til oksygenvinnet i dypvannet. Samlet sett vurderes derfor innsjøens forurensningsgrad til 5 med hensyn på virkning av tilførsler av organisk stoff.



LITTERATUR SOM OMTALER ÅSTVEITVASSDRAGET

BJØRKLUND, A & G.H.JOHNSEN 1993.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk.
Rådgivende Biologer, rapport nr. 79, 35 sider. ISBN 82-7658-009-2

BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994

Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6

BJØRKLUND, A. & G.H.JOHNSEN 1994.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på kloakk, 1994.
Rådgivende Biologer, rapport 121, 29 sider. ISBN 82-7658-030-0.

G.H.JOHNSEN, G.B.LEHMANN & K.BIRKELAND 1992.

Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 6, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3



MÅLEDATA

TABELL 2.6. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra Åstveitvassdraget 1994. Innsjøprøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt og pH, ledningsevne og bakteriologiske prøver er tatt i overflaten. De andre vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver; fra de 2 øverste meterne i Griggastemma og de 4 øverste meterne i Åstveitstemma. I august ble det tatt en vannprøve like over bunnen ved innsjøens dypeste punkt. pH og ledningsevne er målt av Rådgivende Biologer, og de andre analysene er utført ved Chemlab Services as.

STASJON	18.MAI	13.JUNI	11.JULI	8.AUGUST		8.SEPT.	12.OKT.
				overfl.	bunn		
TERMOSTABILE KOLIFORME BAKTERIER							
Griggastemma	< 5	< 5		125	< 5		1125
Åstveitstemma	< 5	20		15	5		2050
Utløp	< 5	15	535	50		20	590
pH							
Griggastemma	7,56	6,9		6,81	6,56		6,80
Åstveitstemma	6,79	7,12		6,67	6,15		6,78
Utløp	7,08	6,74	6,83	6,89		7,34	7,10
LEDNINGSEVNE, : S/cm							
Griggastemma	132	107,7		104,5	64,2		91,4
Åstveitstemma	149,2	128,5		153	192,8		116,3
Utløp	63,8	111,6	95,7	113,8		123	92,8
TOTAL FOSFOR, mg P/l							
Griggastemma	0,022	0,066		0,052	0,261		0,012
Åstveitstemma	0,023	0,023		0,031	0,044		0,024
Utløp	0,022	0,039	0,061	0,04		0,032	0,012
TOTAL NITROGEN, mg N/l							
Griggastemma	0,87	0,829		1,04	2,55		0,948
Åstveitstemma	0,717	0,390		2,55	0,825		0,961
Utløp	0,756	0,607	1,352	1,25		0,912	0,874
KJEMISK OKSYGENFORBRUK, mg O/l							
Griggastemma	6,37	8,67		5,79	7,34		7,64
Åstveitstemma	8,19	8,78		7,92	6,58		10,67
Utløp	6,10	6,96	7,72	5,83		5,99	8,16



TABELL 2.7. Temperatur og oksygenmålinger i Griggastemma 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	18. MAI		13. JUNI		8. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14,0	140	11,8	99	17,4	83,7
1 m	11,9	135	10,4	99	17,2	83,9
2 m	8,8	130	9,6	90	14,7	53
3 m	7,4	91	8,9	64	11,8	13
4 m	5,6	75	7,7	15	9,8	2
5 m	4,8	34	6,3		8,3	
6 m	4,6					
7 m						
8 m						

TABELL 2.8. Temperatur og oksygenmålinger i Åstveitstemma 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	18. MAI		13. JUNI		8. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	15,0	103	13,3	100	18,2	74
1 m	14,1	97	13,7	97	18,2	73
2 m	10,7	109	11,8	77	16,6	30
3 m	8,6	81	10,0	55	12,2	3,5
4 m	7,2	81	8,1	33		
5 m	5,9	44	6,8	25		
6 m	5,4	35	5,9	16		
7 m	5,0	22	5,1			
8 m	4,7	7				
9 m						
10 m						
12 m						
14 m						



TABELL 2.9. Planteplankton fra Griggastemma oppgitt i antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) i månedlige prøver i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 2 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	18. MAI		13. JUNI		8.AUG.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)						
Synedra sp.	3,803	1,9015				
Ubest.pennate diatomeer	0,0306	0,0153	0,0612	0,0306		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)						
Ankyra judai					0,0612	0,0245
Chlorophyceae spp.	0,0306	0,0055				
Ankistrodesmus sp.	0,0459	0,0046	0,153	0,0153	0,750	0,075
Scenedesmus sp.	0,122	0,0073				
Sphaerocystis sp.					0,122	0,0327
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)						
Chryptomonas sp.	0,704	0,704	0,122	0,122	0,009	0,0135
Rhodomonas sp.	4,411	0,3088	4,056	0,2434	0,0306	0,0024
GULLALGER (Chrysophyceae)						
Mallomonas sp.	0,0306	0,0459				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)						
Peridinium sp.	0,0153	0,0765				
Gymnodinium sp.	0,0612	0,0367				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)						
Chroococcus sp.	0,0306	0,002	0,004	0,0001		
FLAGELLATER OG MONADER						
Flagellater og monader >5: m	2,028	0,2292	0,367	0,0415	0,0918	0,0104
Flagellater og monader <5: m	3,194	0,1054	2,716	0,0380	3,042	0,0426
TOTALT	14,4762	3,4372	7,5098	0,4964	4,1066	0,2011



Tabell 2.10. Planteplankton fra Åstveitstemma oppgitt i antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) i månedlige prøver i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	18.MAI		13. JUNI		8.AUG.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)						
Ubest.pennate diatomeer	0,0154	0,0077	0,0306	0,0153		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)						
Eudorina sp.			0,032	0,0071	0,064	0,0115
Ankyra judai					0,0612	0,0245
Ankistrodesmus spp.	0,0306	0,0031	0,0306	0,0031	0,0612	0,0061
Chlorophyceae spp.			0,0373	0,009		
Elakathothrix sp.			0,0306	0,003		
Sphaerocystis sp.					0,068	0,0010
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)						
Chryptomonas sp.	0,0765	0,0765	0,0306	0,0306	0,0153	0,0230
Rhodomonas sp.	0,138	0,0097	0,261	0,0157	0,214	0,0171
GULLALGER (Chrysophyceae)						
Dinobryon divergens	0,964	0,1928	6,987	0,6987		
Synura sp.	0,245	0,098	0,0306	0,0459		
Mallomonas sp.	0,0612	0,0918				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)						
Ceratium hirundinella			0,005	0,0875	0,003	0,0525
Gymnodinium sp.	0,0306	0,0184	0,001	0,001		
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)						
Chroococcus sp.	0,0612	0,0009				
C.f.Aphanothece sp.			0,001	0,0125		
Anabaena sp.			0,107	0,0070		
Cyanophyceae spp.			0,014	0,0005		
Aphanocpsa sp.					0,0306	0,0704
Gomphosphaeria sp.					0,003	0,033
ØYEALGER (Euglenophyceae)						
Phacus sp.	0,0153	0,0765				
FLAGELLATER OG MONADER						
Flagellater og monader >5: m	0,566	0,1517	0,460	0,0520	0,321	0,0363
Flagellater og monader <5: m	2,091	0,0293	0,761	0,0107	2,186	0,0306
TOTALT	4,2947	0,7456	8,8193	0,9996	3,0273	0,306



TABELL 2.11. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i tre prøver fra Griggastemma i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	18. MAI	13. JUNI	8. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)			
Daphnia longispina	55	75	400
Bosmina longispina		125	800
Diaphanosoma brachyurum			125
HOPPEKREPS (COPEPODA)			
Cyclops sp.	2000	1200	550
Nauplii	800	700	700
Calanoide	120	200	750
ROTATORIER			
Conochilus unicornis			en del
Kellicottia longispina	få	få	få
Keratella cochlearis	få	få	få
Keratella hiemalis	få	få	få
ANDRE			
Acari		1	1

TABELL 2.12. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i tre prøver fra Åstveitstemma i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	18. MAI	13. JUNI	8. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)			
Daphnia longispina	60	ikke mye	700
HOPPEKREPS (COPEPODA)			
Cyclops sp.	150		20
Nauplii		ikke mye	få
Calanoide	700	ikke mye	550
ROTATORIER			
Kellicottia longispina	veldig mye	få	få
Keratella cochlearis	veldig mye	få	få
Keratella hiemalis	mye		
ANDRE			
Acari	1		1





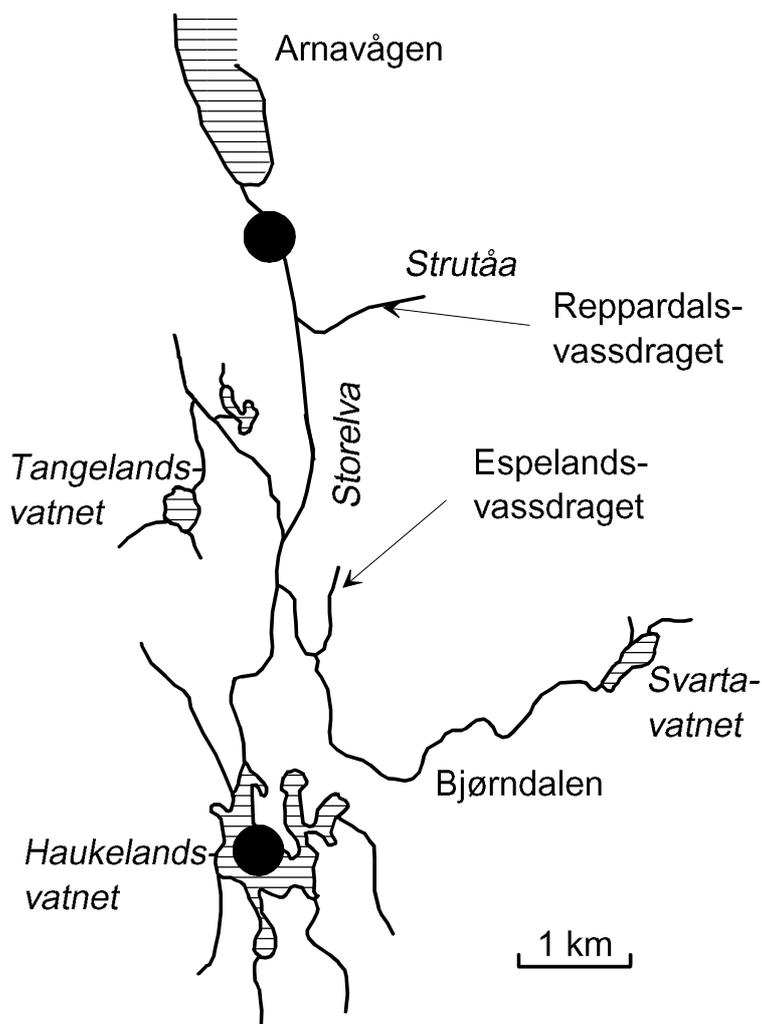


KORT BESKRIVELSE AV ARNAVASSDRAGET

Arnavassdraget ligger øst i Bergen kommune og renner gjennom Arnadalen til utløpet i Arnavågen (figur 3.1). Vassdraget består av Haukelandsvatnet og Storelva, samt sidevassdragene Bjørndalsvassdraget, Tangelandsvassdraget, Reppardalsvassdraget og Espelandsvassdraget.

Det totale nedslagsfeltet til Arnavassdraget er på 51 km², og store deler av nedslagsfeltet består av høyfjellsområder. I de lavereliggende deler er det landbruksområder og bebygde strøk. Berggrunnen domineres av granitt og gneiss i de høyereliggende deler og av anorthositt i de lavereliggende deler. Langs den sørøstre side av Haukelandsvatnet og ved den nedre delen av Storelva er det marine avsetninger.

Den gjennomsnittlige årlige middelavrenningen i dette nedslagsfeltet er på rundt 80 l/s pr. km² (NVE 1987), og vassdragets middelvannføring til sjø er på 4080 liter pr. sekund, eller 128,7 millioner m³ årlig.



FIGUR 3.1. Kart over de sentrale deler av Arnavassdraget med prøvetakingsstasjonene inntegnet.



Haukelandsvatnet (UTM LM 049 984, 73 meter over havet), ligger sentralt i Arnavassdraget, og er vassdragets største innsjø. Innsjøen ligger i et område med anorthosittbergarter, og det er løsmasseavsetninger langs den sørøstre delen av innsjøen. Dette gir gode og næringsrike forhold. Forventet naturtilstand med hensyn på fosfor settes likevel ikke høyere enn 10 : g pr. liter, siden deler av nedslagsfeltet ligger utenom og over området med de rike løsmasseavsetningene.

Nedslagsfeltet til Haukelandsvatnet er på 15,2 km², hvorav noe under 20 % er dyrket mark og nesten 25 % er skog (tabell 3.1). Det bodde pr. 1993 400 personer i boliger som ikke var koblet til offentlig avløpssystem, men som hadde slamavskiller og avrenning til Haukelandsvatnet. Disse tilførslene til innsjøen er nå noe redusert, ettersom det i byggefeltet sørvest for Haukelandsvatnet er foretatt en omfattende kloakksanering det siste året.

TABELL 3.1 Arealbruk i nedslagsfeltet til Haukelandsvatnet. Alle tall er i km². (Bjørklund mfl. 1994).

TOTALT	SKOG	DYRKET	ANNET
15,2	3,64	2,75	8,81

Haukelandsvatnet er en middels dyp innsjø, med vannutskifting litt oftere enn hver fjerde måned (tabell 3.2). Haukelandsvatn ble undersøkt av NIVA i 1982 (Aanes 1982), og også av NIVA i 1989,- men denne sistnevnte undersøkelsen er ikke rapportert. Det er utarbeidet dybdekart for innsjøen (Aanes 1982).

TABELL 3.2. Morfologiske og hydrologiske data for Haukelandsvatnet.

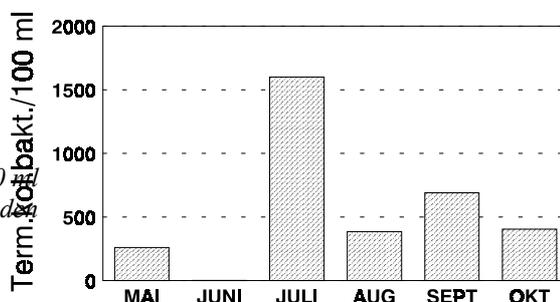
INNSJØAREAL (km ²)	VOLUM (mill. m ³)	MAKS DYP (meter)	SNITTDYP (meter)	UTSKIFTING (ganger/år)	HYDR. BEL (m ³ /m ² /år)
0,75	10,65	40	14,2	3,60	51,13



TILSTANDEN VED UTLØPET TIL SJØEN

TARMBAKTERIER

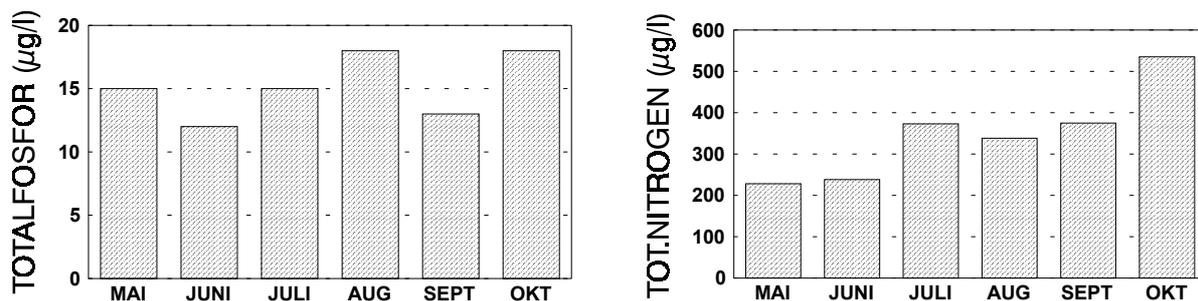
Det ble funnet et høyt innhold av tarmbakterier i vassdraget ved utløpet til sjøen i hele undersøkelsesperioden bortsett fra i juni (figur 3.2). Høyest innhold ble funnet i juli, og elva klassifiseres i tilstandsklasse V. Det er trolig både direkte tilførsler, overløp fra kloakkledningsnett og arealavrenning som er årsaken til det høye innholdet av tarmbakterier i Storelva ved utløpet til sjøen. Også ved undersøkelsen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1994) var elva sterkt forurenset på grunn av direkte tilførsler til vassdraget.



FIGUR 3.2. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Storelva ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5).

NÆRINGSFORHOLD

Storelva er middels næringsrik ved utløpet til sjøen (figur 3.3). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 15 : g/l og av nitrogen på 348 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse III for fosfor og tilstandsklasse II for nitrogen.



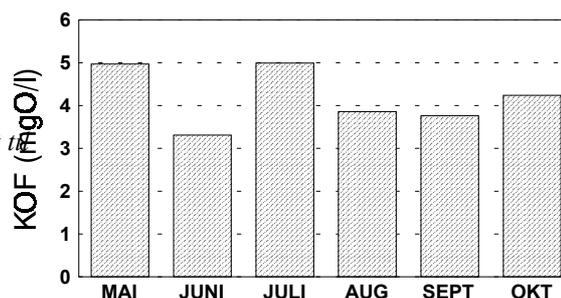
FIGUR 3.3. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Storelva ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5).



KJEMISK OKSYGENFORBRUK

Det kjemiske oksygenforbruket i Storelva er moderat og lå rundt 4 mg O/l i undersøkelsesperioden. Høyest oksygenforbruk ble målt i mai og juli og var da på 5,0 mg O/l (figur 3.4). Dette klassifiserer utløpet av Arnavassdraget i tilstandsklasse III. Med en forventet naturtilstand anslått til 3 mg O/l vil elva ha forurensningsgrad 2 med hensyn på virkning av organisk stoff.

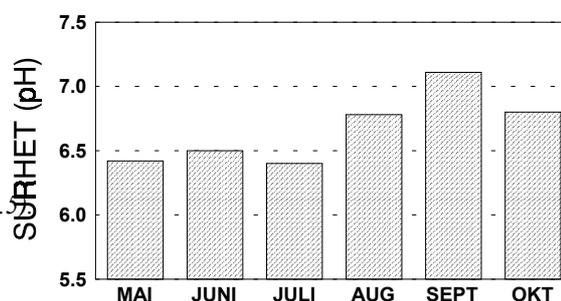
FIGUR 3.4. Kjemisk oksygenforbruk i Storelva ved utløpet til sjøen i månedlige prøver i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5).



SURHET

Deler av Arnavassdraget er påvirket av sur nedbør fordi store deler av nedslagsfeltet ligger i de høyereliggende områdene i Bergen som i perioder lave pH-verdier (Bjørklund mfl. 1994). I prøvetakingsperioden var pH-verdiene i den nedre delen av Storelva er bra og lå rundt 6,6. Laveste pH i undersøkelsesperioden ble målt i juli og var da på 6,40 (figur 3.5).

FIGUR 3.5. pH-verdier i Storelva ved utløpet til sjøen i månedlige prøver i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5).



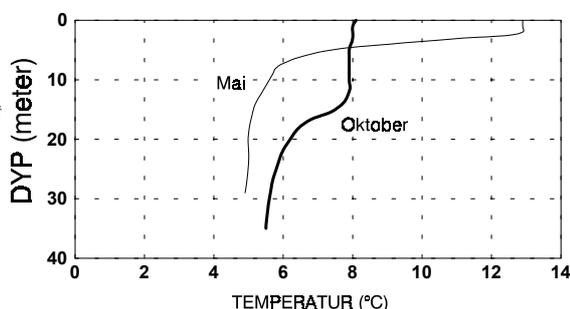
TILSTANDEN I HAUKELANDSVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Haukelandsvatnet hadde en temperaturskiktningen som lå rundt 4 meters dyp i mai (figur 3.6). Høstomrøringen var ikke skjedd ved den siste målingen i oktober og temperatursprangskiktet hadde sunket til rundt 17 meter. Våromrøringen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen trolig i midten av november.



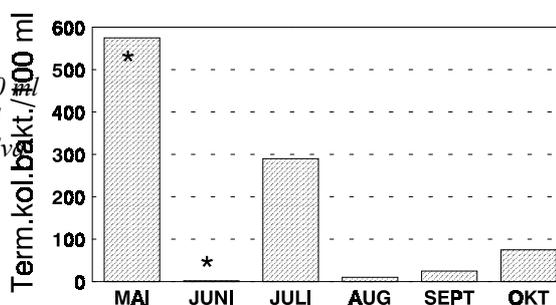
FIGUR 3.6. Temperaturprofiler for Haukelandsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i mai og oktober 1994 (tabell 3.5). Målingene er gjort med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



TARMBAKTERIER

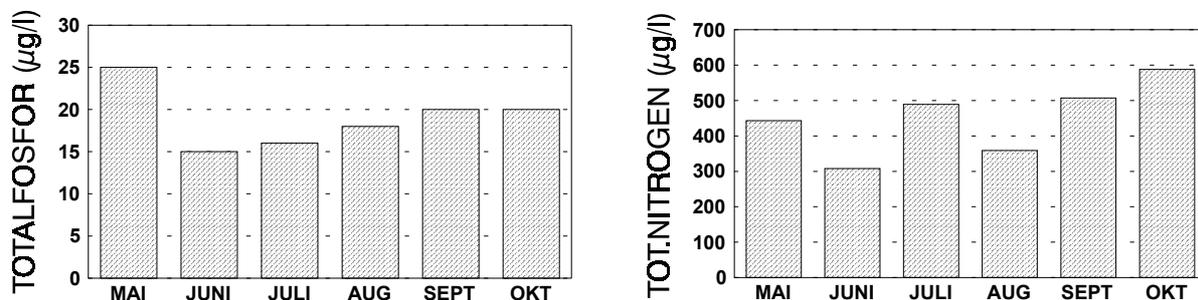
Det ble, bortsett fra i juni, alltid registrert tarmbakterier i Haukelandsvatnet i prøvetakingsperioden (figur 3.7). Periodevis var innholdet av tarmbakterier relativt høyt. Høyest innhold ble funnet i juli. I mai var også innholdet av tarmbakterier meget høyt, men denne prøven er tatt i utløpselva fra Haukelandsvatnet, og det høye innholdet av tarmbakterier i mai kan skyldes tilførsler mellom innsjøens utløp og prøvetakingspunktet som lå der E68 krysser utløpselva. Dersom en ser bort fra prøvene i mai og juni har innsjøen tilstandsklasse IV med hensyn på tarmbakterier. Ettersom det vanligvis ble registrert tarmbakterier i innsjøen tyder det på at det er jevnlig tilførsler til innsjøen, men at disse er relativt små. De høye konsentrasjonene etter dager med mye nedbør viser at det også tilføres store mengder tarmbakterier på grunn av arealavrenning eller overløp på kloakkledningsnett. I prøven fra dypvannet i august ble det ikke funnet tarmbakterier, og dette viser at tarmbakterietilførslene skjer til overflateskiktet i innsjøen. Temperaturskiktet fungerer som en sperre mot at tilførslene sprer seg til dypvannet i skiktningsperioden.

FIGUR 3.7. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Haukelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994. * = Prøvene fra mai og juni er tatt i utløpselva fra Haukelandsvatnet, de andre er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 3.5).



NÆRINGSFORHOLD

Haukelandsvatnet er middels næringsrikt (figur 3.8). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 19 : g/l og av nitrogen på 449 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse III for begge parametere. Ut fra en antatt naturtilstand på rundt 10 : g P/l og rundt 350 : g N/l (Bjørklund mfl. 1994), har innsjøen forurensningsgrad 2 med hensyn på både fosfor og nitrogen. I 1994 er fosforinnholdet noe høyere og nitrogeninnholdet noe lavere enn ved undersøkelsen i 1989 (NIVA, ikke rapportert).

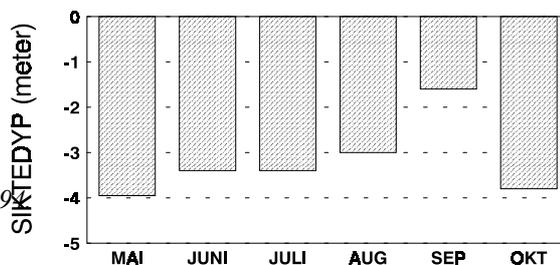


FIGUR 3.8. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Haukelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5). Prøvene er tatt som blandep prøver fra de 6 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar 1350 kg fosfor pr. år. Dette er nærmest identisk med de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 1300 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Haukelandsvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på 510 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på hele 850 kg fosfor pr. år. Imidlertid er denne innsjøen naturlig meget næringsrik, ettersom selv den naturlige avrenningen fra nedslagsfeltet, som er på 624 kg fosfor pr. år (Bjørklund mfl. 1994), er større enn innsjøens tålegrense.

Siktedypet i Haukelandsvatnet var på 3,2 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 4 meter ble målt i mai (figur 3.5).

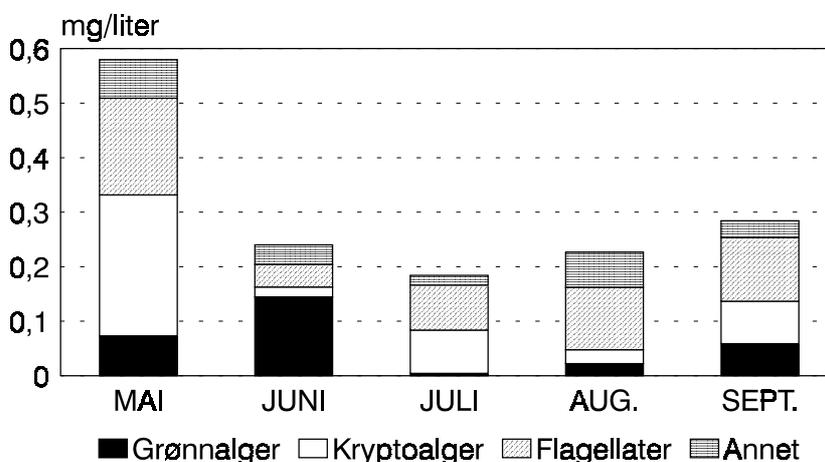
FIGUR 3.9. Siktedyp målt med Secchi-skive i månedlige målinger i Haukelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Haukelandsvatnet i perioden mai til september var meget lav og var kun på 0,3 mg pr. liter. Størst mengde ble funnet i mai, og mengdene på dette tidspunktet var rundt tre ganger høyere enn de påfølgende månedene (figur 3.9). Kryptoalger ble registrert i hele perioden med slektene *Rhodomonas* og *Chryptomonas* som de viktigste (tabell 3.7). Grønnalger, i slekten *Sphaerocystis*, utgjorde en stor del av algesamfunnet i juni. Algesamfunnet var relativt diversert i hele undersøkelsesperioden.



FIGUR 3.10. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Haukelandsvatnet i perioden mai til september 1994 (tabell 3.7). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne ved innsjøens dypeste punkt.

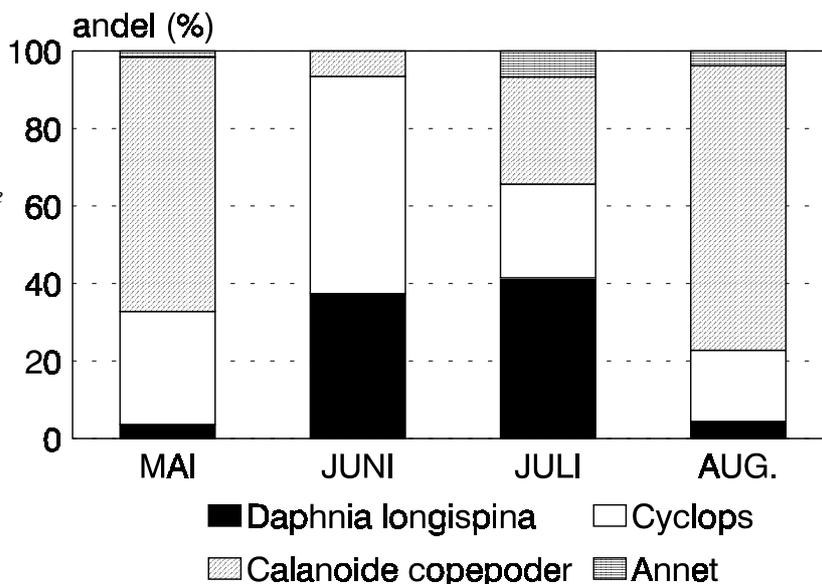


Algemengden i Haukelandsvatnet var lavere enn ventet ut fra innholdet av næringsstoffer. Dette ble imidlertid observert i samtlige av de undersøkte resipientene i Bergen i 1994. Det er derfor sannsynlig at det har sammenheng med de klimatiske forholdene i 1994 med en kald juni med meget store nedbørmengder.

DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Haukelandsvatnet var dominert av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden (tabell 3.8). Slekten *Cyclops* ble funnet i stort antall hele sesongen (figur 3.11), men også kalanoide copepoder var viktige, spesielt i mai og august. Vannloppene *Daphnia longispina* var viktige i juni og juli. *Kellicottia longispina* var dominerende art blant hjuldyrene (tabell 3.8).

FIGUR 3.11. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i månedlige prøver i Haukelandsvatnet i perioden mai til august 1994 (tabell 3.8). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen på innsjøens dypeste punkt.

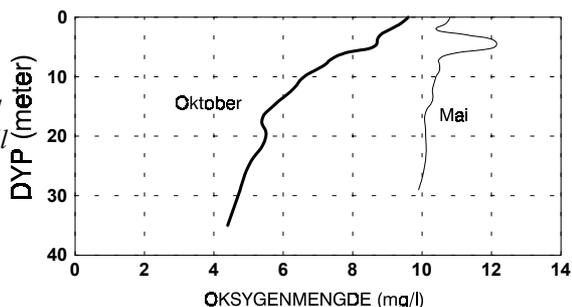




OKSYGENFORHOLD

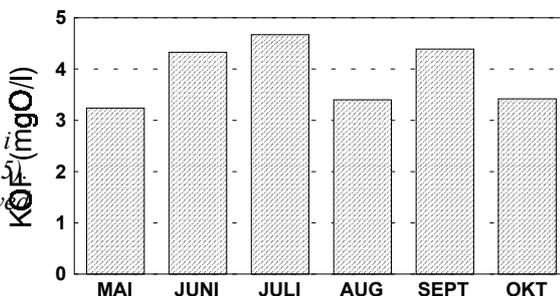
Det ble ikke observert oksygenfrie vannmasser i dypvannet i Haukelandsvatnet ved undersøkelsen i oktober (figur 3.12), og det var fremdeles 34 % oksygenmetning på 35 meters dyp i oktober. Det reelle oksygenforbruket i dypvannet var forholdsvis lavt og lå på 1,23 mg O/l pr. måned. Det høye oksygeninnholdet i overflateskiktet i mai skyldes en høy algeproduksjon på dette tidspunktet.

FIGUR 3.12. Oksygenprofiler i Haukelandsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 18. mai og 13. oktober 1994 (tabell 3.6). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket, som gjenspeiler mengdene av lett nedbrytbart organisk materiale i de øvre vannmassene, var moderat i hele undersøkelsesperioden i Haukelandsvatnet. Høyeste forbruk ble målt i juli og var da på 4,67 mg O/l (figur 3.13). Haukelandsvatnet klassifiseres, på grunnlag av denne målingen, i tilstandsklasse III. Med en forventet naturtilstand anslått til 3 mg O/l vil innsjøen ha forurensningsgrad 3 med hensyn på virkningen av tilførselene av organisk stoff. I bunnvannet var det kjemiske oksygenforbruket lavere enn i overflateskiktet og var på bare 1,77 mg O/l ved målingen i august.

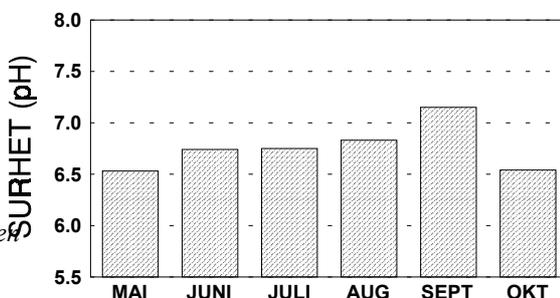
FIGUR 3.13. Kjemisk oksygenforbruk i Haukelandsvatnet i månedlige prøver i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5). Prøvene er tatt som blandeprøve fra de 6 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Haukelandsvatnet har pH-verdier rundt 6,6, og forsuring er ikke noe problem i innsjøen. Laveste registrerte pH var på 6,53 i mai (figur 3.14).

FIGUR 3.14. pH-verdier i Haukelandsvatnet i månedlige målinger i perioden mai til oktober 1994 (tabell 3.5). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.





VURDERING

Utløpet til sjø

Arnavassdraget, ved utløpet til sjøen, er sterkt belastet av tilførsler av tarmbakterier (tabell 3.3). Vassdraget er middels næringsrikt og har av et moderat innhold av fosfor mens nitrogeninnholdet er relativt lavere. Vassdraget har et middels høyt innhold av organisk stoff.

TABELL 3.3. Tilstandsklassifisering av Arnavassdraget ved utløpet til sjøen i 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992).

Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
III	III	II	V

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Arnavassdraget, ved utløpet til sjøen, er sterkt preget av tarmbakterietilførsler, og vassdraget tilhører tilstandsklasse V, som er dårligste klasse. Både direkte tilførsler og tilførsler i perioder med store nedbørmengder forurenses vassdraget ved utløpet til sjøen. Den eneste prøvetakingen der det ikke ble funnet tarmbakterier var i juni. Dette gjelder imidlertid også flere av de andre undersøkte resipientene i Bergen dette året, og trolig skyldes de ekstremt høye nedbørmengdene denne måneden. Nedbøren var tre ganger større enn normalt, og vannføringen i elva ekstremt stor. Dette kan ha gitt en så stor fortykning av alle typer tilførsler at tarmbakterier ikke ble funnet.

Det ble også registrert store mengder tarmbakterier i vassdraget ved undersøkelsen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993). Siden den gang har det imidlertid vært en omfattende kloakksanering i de nedre deler av Arnavassdraget, og kloakken ledes nå til renseanlegget på Garnes. Denne undersøkelsen tyder imidlertid på at det fremdeles er store kloakktilførsler til denne delen av vassdraget.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Arnavassdraget, ved utløpet til sjøen, er middels næringsrikt med hensyn på fosforinnhold, mens innholdet av nitrogen er relativt lavt. Ettersom nedslagsfeltet både består av store deler høyereliggende fjellområder, men også av noe lavereliggende områder med marine avsetninger, er naturtilstanden antatt å være på 6 : g fosfor pr. liter og 150 : g nitrogen pr. liter. Forurensningsgraden for fosfor blir da på 3, og for nitrogen på 1-2. Ettersom vassdraget er sterkere belastet med fosfortilførsler enn med nitrogentilførsler, og innholdet av tarmbakterier er høyt, tyder det på at det er kloakk som er den største kilden til næringstilførsler til vassdraget.

STOFFTRANSPORT TIL SJØ

Belastningen av organisk stoff på vassdraget er moderat, og vassdraget klassifiseres i tilstandsklasse III. Det kjemiske oksygenforbruket var høyest i mai og juli.

De totale fosfortilførslene til sjøen fra dette vassdraget ligger på rundt 1900 kg pr. år. Disse tilførslene kommer delvis som naturlig avrenning fra nedslagsfeltet og delvis fra menneskelige aktiviteter. Ut fra antatt naturtilstand for fosfor på 6 : g pr. liter (Johnsen mfl. 1992), ble de naturlige tilførslene fra nedslagsfeltet beregnet til å utgjøre ca. 800 kg fosfor pr. år. Tilførsler fra antropogene kilder utgjør dermed



bare rundt 1100 kg fosfor pr. år. Nitrogentilførslene til sjøen utgjorde 44,8 tonn pr. år, hvorav ca. 32 tonn skyldes naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. De resterende 12,8 tonn tilføres på grunn av menneskelige aktiviteter. De totale tilførsler av organisk stoff regnet i organisk karbon ligger på omtrent 450 tonn pr. år. Disse er regnet ut fra målt kjemisk oksygenforbruk omregnet til mengde organisk karbon (SFT 1989). Med et antatt naturgrunnlag for kjemisk oksygenforbruk på 3 mg O/l, vil de naturlige tilførslene til sjøen være på hele 300 tonn organisk karbon, mens tilførslene forårsaket av menneskelige aktiviteter kun utgjør 150 tonn.

Disse beregningene baserer seg på målinger av de enkelte stoffer gjort i de seks månedene i undersøkelsesperioden. Det er ikke tatt målinger på vinteren, og målingene fra mai til oktober er brukt som et gjennomsnitt for året. Ettersom det i de øvre deler av nedslagsfeltet til Arnassdraget er snødekke deler av vinteren, vil stofftransporten på denne årstiden være noe lavere, og dette kan føre til at de beregnede tilførslene til sjø også kan være noe lavere enn beregnet her.

Haukelandsvatnet

Haukelandsvatnet er vanligvis lite belastet med tarmbakterietilførsler, men i perioder er tilførslene relativt høye. Innsjøen er middels næringsrik, og har et moderat høyt innhold av organisk stoff. Det ble ikke observert oksygenfritt bunnvann i innsjøen i undersøkelsesperioden. Algemengdene dette året var meget lave, og dyreplanktonsamfunnet var dominert av relativt store arter av hoppekreps og vannlopper. Innsjøen er noe mindre næringsrik enn i 1981, men mer næringsrik enn i 1989. Forholdene har ikke endret seg særlig med hensyn på belastningen av organisk stoff (tabell 3.4).

TABELL 3.4. Tilstanden i Haukelandsvatnet i 1981, 1989 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikaasjonssystem (SFT 1992). Data fra tidligere år er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen; Aanes (1982), mens data fra undersøkelsen i 1989 er ikke rapportert.

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Partikler	Tarmbakterier
1981	IV-II	-	III	-	II-III
1989	II	III	II	III	-
1994	III	III	II	-	IV

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Haukelandsvatnet er noe belastet med direkte tilførsler av tarmbakterier, men i perioder med mye nedbør er det store tilførsler i forbindelse med arealavrenning eller overløp fra kloakkledningsnett. Innsjøen har forurensningsgrad 4. Bebyggelsen i nedslagsfeltet hadde tidligere slamavskillere med avrenning til vassdraget, men det har vært en omfattende kloakksanering i dette området siste året og i dag er byggefeltet sørvest for Haukelandsvatnet koblet til offentlig kloakkledningsnett og ledet vekk fra vassdraget.

Prøvene fra mai og juni er tatt i utløpselva fra Haukelandsvatnet, og det er mulig at de høye tarmbakteriekonsentrasjonene i mai skyldes tilførsler til elv mellom utløpet av innsjøen og prøvetakingspunktet som lå der E 68 krysser elva. I juni ble det ikke funnet tarmbakterier i elva, men dette skyldes trolig en meget stor fortykning på grunn av de ekstremt store nedbørmengdene denne måneden.



TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Haukelandsvatnet er middels næringsrikt, og klassifiseres i tilstandsklasse III for både fosfor og nitrogen. På grunn av løsmasseavsetninger i området vil innsjøen trolig naturlig ha et innhold av fosfor på 10 : g/l og av nitrogen på 350 : g/l (Bjørklund mfl. 1994) og Haukelandsvatnet har derfor forurensningsgrad 2 med hensyn på tilførsler av begge næringsstoffer. Innsjøen er imidlertid mer næringsrik i dag enn for fem år siden (tabell 3.4), og en bør forsøke å redusere tilførslene av næringsstoffer noe dersom en ønsker å stoppe en videre utvikling mot en dårligere vannkvalitet. Fosfortilførslene fra nedslagsfeltet er på hele 850 kg pr år, og landbruk og kloakk bidro tidligere med omtrent like store mengder fosfor. Etter kloakksaneringen av boligfeltet sørvest for Haukelandsvatnet er imidlertid bidraget fra kloakk vesentlig redusert. En bør likevel forsøke å fjerne enda mer av tilførslene til innsjøen, da selv den naturlige avrenningen fra nedslagsfeltet bidrar med fosfortilførsler som er større enn innsjøens tålegrense.

Algemengdene i innsjøen var adskillig lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i næringsfattige innsjøer. Dette ble imidlertid observert i samtlige av de undersøkte resipientene i Bergen i 1994, og det er derfor sannsynlig at det har sammenheng med de klimatiske forholdene i 1994 med en juni måned som var kaldere enn normalt og som hadde tre ganger høyere nedbørmengder enn normalt.

Dyreplanktonsamfunnet i Haukelandsvatnet har et stort innslag av moderat store arter som *Daphnia longispina* og store mengder hoppekreps. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Sammensetningen av dyreplanktonsamfunnet tyder på et lavt beitepress fra fisk i denne innsjøen.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Haukelandsvatnet har tilførsler av organisk stoff som kun har en moderat virkning på vannkvaliteten, og innsjøen hadde ikke oksygenfrie forhold i bunnvannet i undersøkelsesperioden. Det kjemiske oksygenforbruket i overflatevannet var moderat i hele perioden. Med en antatt naturtilstand på 3 mg O/l har innsjøen forurensningsgrad 3. Dette gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale i det øvre vannskiktet. Med hensyn på virkningen av tilførsler av organisk stoff er det ikke observert noen endring fra forholdene i 1989 (NIVA ikke utgitt).

Det reelle oksygenforbruket i bunnvannet var på 1,23 mg oksygen pr. liter, og dette er relativt lavt sett i forhold til de andre undersøkte resipientene i Bergen. Innsjøen hadde ikke oksygenfrie forhold i bunnvannet i løpet av denne undersøkelsen. Samlet sett vurderes derfor forurensningsgraden med hensyn på virkningen av tilførsler av organisk stoff til 3.



LITTERATUR SOM OMHANDLER ARNAVASSDRAGET

- AANES, K.J. 1982
Kalandsvatn og Haukelandsvatn i Bergen kommune. En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonen i 1981.
NIVA - rapport O-80107, 46 sider.
- BEKKESTAD, F. 1980
Kjemiske undersøkelser av Arnavassdraget.
Fiskerikonsulentene i Vest-Norge, 59 sider.
- BJØRKLUND, A & G.H.JOHNSEN 1993.
Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk.
Rådgivende Biologer, rapport nr. 79, 35 sider. ISBN 82-7658-009-2
- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994
Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6
- BJØRKLUND, A. & G.H.JOHNSEN 1994
Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på kloakk, 1994.
Rådgivende Biologer, rapport 121, 29 sider. ISBN 82-7658-030-0.
- FLO, A. 1958
Forurensning i Arnaelva.
Brev/rapport til Politimesteren i Hordaland datert 28. april 1958.
Fiskerikonsulentene i Vest-Norge.
- G.H.JOHNSEN, G.B.LEHMANN & K.BIRKELAND 1992.
Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 6, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3
- MADSEN J.P. 1977
Fiskeriundersøkelser i Haukelandsvatn i Arna 1976.
Fagsekretæren for ferskvannsfiske i Hordaland. Rapport datert 1977.
- MØKKELGJERD, P.I. 1969
Rapport fra prøvefiske i Haukelandsvatn, Arna kommune.
Fiskerikonsulentene i Vest-Norge. Datert 19. februar 1969.
- VIAK A/S, Rådgivende ingeniører og arkitekter, 1971
Registreringer av vannforekomster på Bergenshalvøya.
Rapport nr. 62.1128, 32 sider.



MÅLEDATA

TABELL 3.5. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra Arnavassdraget 1994. Innsjøprøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt, som blandeprøver fra de 6 øverste meterne, bortsett fra pH, ledningsevne og bakteriologiske prøver som er tatt i overflaten. I august ble det tatt en vannprøve like over bunnen, også ved innsjøens dypeste punkt. pH og ledningsevne er målt av Rådgivende Biologer, og de andre analysene er utført ved Chemlab Services as.

* Prøvene er tatt ved utløpet.

STASJON	18.MAI	13.JUNI	11.JULI	8.AUGUST		8.SEPT.	13.OKT.
				overfl.	bunn		
TERMOSTABILE KOLIFORME BAKTERIER							
Haukelandsvatnet	* 575	* < 5	290	10	< 5	25	75
Storelva ved utløp til sjø	260	< 5	1600	385		690	405
pH							
Haukelandsvatnet	6,53	6,74	6,75	6,83	6,15	7,15	6,54
Storelva ved utløp til sjø	6,42	6,50	6,40	6,78		7,11	6,80
LEDNINGSEVNE, : S/cm							
Haukelandsvatnet	105,1	56,4	38,8	46,8	63,4	55	52,4
Storelva ved utløp til sjø	58,8	34	23,2	46,2		79,3	48,5
TOTAL FOSFOR, mg P/l							
Haukelandsvatnet	0,025	0,015	0,016	0,018	0,019	0,020	0,020
Storelva ved utløp til sjø	0,015	0,012	0,015	0,018		0,013	0,018
TOTAL NITROGEN, mg N/l							
Haukelandsvatnet	0,443	0,308	0,489	0,359	0,501	0,507	0,588
Storelva ved utløp til sjø	0,228	0,238	0,373	0,338		0,375	0,535
KJEMISK OKSYGENFORBRUK, mg O/l							
Haukelandsvatnet	3,24	4,33	4,67	3,4	1,77	4,39	3,42
Storelva ved utløp til sjø	4,97	3,31	4,99	3,86		3,76	4,24



TABELL 3.6. Temperatur og oksygenmålinger i Haukelandsvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	18. MAI		13. JUNI		11. JULI		8. AUG.		8. OKT.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	12,9	102	11,6	92	15,9	99	18,7	98	8,1	82
1 m	12,9	101	11,4	92	15,9	100	18,7	98	8,0	79
2 m	12,9	98	11,2	92	15,9	100	18,6	97	8,0	77
3 m	11,2	103	10,6	88	14,4	97	18,3	90	8,0	73
4 m	9,1	106	9,9	85	12,3	94	17,7	68		
5 m	7,4	100	9,4	83	11,4	91	14,6	60	7,9	70
6 m	6,6	89	8,8	81	10,9	89	12,2	60	7,9	65
7 m	6,1	85	7,5	78	10,5	86	11,1	62	7,9	62
8 m	5,8	84	6,8	78	9,7	83	8,8	62	7,9	59
9 m	5,7	83	6,2	76	8,4	82	8,0	66	7,9	57
10 m	5,6	82	5,8	76	7,9	81	7,5	66	7,9	55
11 m							7,1	67		
12 m	5,4	82	5,5	75	6,4	76	7,0	68	7,9	52
13 m							6,6	68		
14 m							6,2	68		
15 m	5,2	81	5,4	75	5,8	79	6,0	69	7,5	46
16 m							5,9	68		
17 m	5,1	80	5,3	75			5,8	69	6,7	43
18 m							5,7	68		
19 m							5,6	69		
20 m	5,0	79	5,2	75	5,5	79	5,5	67	6,2	42
25 m	5,0	79	5,1	74	5,3	75	5,4	70	5,8	39
30 m	4,9	77	5,0	75	5,2	76	5,3	68	5,6	36
32 m			5,0	73			5,3	68		
35 m			5,0	72					5,5	34



TABELL 3.7. Planteplankton fra Haukelandsvatnet oppgitt i antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) i månedlige prøver i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 6 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbejdet av cand. real. Nils Bernt Andersen

ALGETYPE	18.MAI		13. JUNI		11.JULI		8.AUG.		8.SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Synedra sp.	0,0153	0,0077			0,0153	0,0077				
Ubest. pen.diatomeer	0,0153	0,0077	0,0153	0,0077			0,0459	0,023	0,0306	0,0153
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankistrodesmus spp.	0,702	0,0702	0,0459	0,0046	0,0306	0,0031	0,0918	0,0092	0,444	0,0444
Ankyra judai							0,0153	0,0061		
Chlorophyceae sp.	0,0612	0,0028							0,107	0,0015
Closterium sp.					0,002	0,0013				
Xanthidium sp.							0,001	0,0015		
Staurastrum sp.									0,003	0,0120
Sphaerocystis sp.			0,842	0,1401			0,0153	0,0054	0,010	0,0007
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)										
Chryptomonas sp.	0,0306	0,0306	0,0153	0,0153	0,0306	0,0306	0,001	0,001	0,0306	0,0306
Rhodomonas sp.	3,259	0,2281	0,0459	0,0028	0,811	0,0487	0,245	0,0245	0,474	0,0474
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon spp.			0,0153	0,0046			0,0459	0,0138		
Mallomonas sp.	0,0459	0,0459	0,0306	0,0214	0,0153	0,0107				
Synura sp.							0,0306	0,0275	0,0306	0,0153
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Ceratium hirundinella										
Gymnodinium sp.	0,0153	0,0092								
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Chroococcus sp.			0,0306	0,0004						
Anabena sp.			0,0459	0,0015						
Cyanophyceae spp.			0,612	0,0003						
FLAGELLATER OG MONADER										
Flag.og monader > 5	1,065	0,1203	0,199	0,0225	0,306	0,0346	0,459	0,0826	0,658	0,0744
Flag.og monader < 5:	1,728	0,0570	1,345	0,0188	1,438	0,0475	2,282	0,0319	3,042	0,0426
TOTALT	6,9376	0,5795	3,2428	0,2400	2,6488	0,1842	3,2328	0,2265	4,8298	0,2842



TABELL 3.8. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i månedlige prøver fra Haukelandsvatnet i perioden mai til september 1994. Prøvene tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen, og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	18. MAI	13. JUNI	11. JULI	8. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)				
Daphnia longispina	100	4000	1200	30
Bosmina longispina	45		180	
Bythotrephes longimanus			15	26
HOPPEKREPS (COPEPODA)				
Cyclops sp.	800	6000	700	125
Nauplii	1000	1000	500	600
Calanoide	1800	700	800	500
ROTATORIER				
Conochilus kolonier		få	få	en del
Conochilus unicornis		en del	en del	en del
Kellicottia longispina	mye	mye	en god del	mye
Polyarthra sp.			få	
Keratella cochlearis		en del	få	
Keratella hiemalis		få	få	

4. NESTTUNVASSDRAGET



INNHOLDSFORTEGNELSE

))

BESKRIVELSE	side 81
TILSTAND	side 84
UTLØPET TIL SJØEN	side 84
GRIMEVATNET	side 85
MYRDALSVATNET	side 89
BYRKJELANDSVATNET	side 93
NESTTUNVATNET	side 97
MYRAVATNET	side 101
VURDERING	side 105
UTLØPET TIL SJØEN	side 105
GRIMEVATNET	side 106
MYRDALSVATNET	side 107
BYRKJELANDSVATNET	side 109
NESTTUNVATNET	side 110
MYRAVATNET	side 112
LITTERATUR SOM OMHANDLER NESTTUNVASSDRAGET	side 114
MÅLEDATA	side 115

))



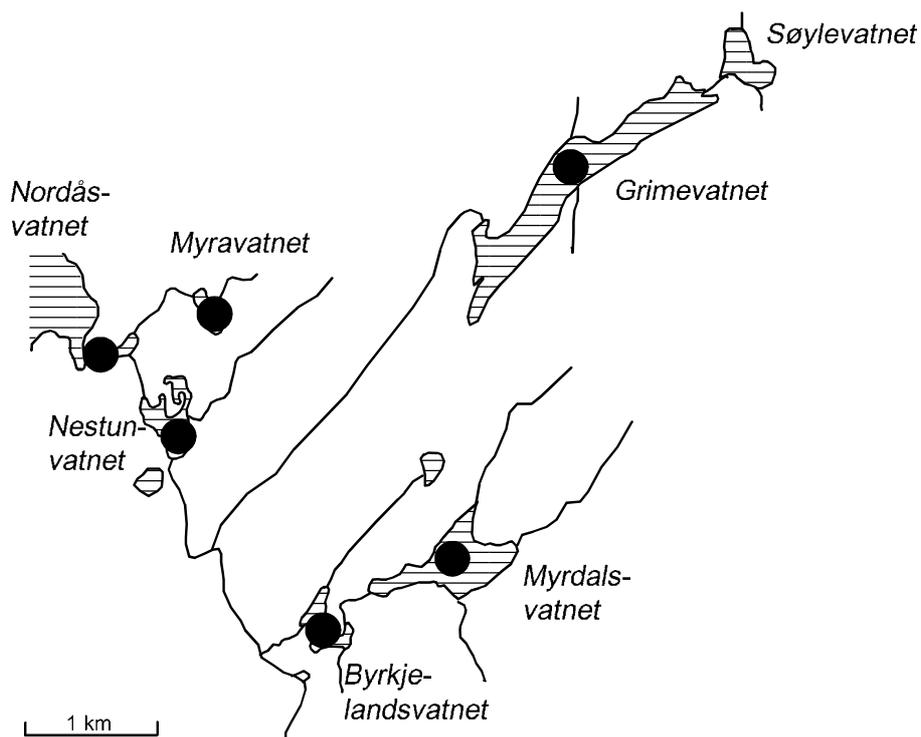


KORT BESKRIVELSE AV NESTTUNVASSDRAGET

Nesttunvassdraget ligger i Fana og har utløp til Nordåsvatnet (figur 4.1). Store deler av de nedre områder av nedslagsfeltet er utbygget til boligformål. Vassdraget består av flere greiner, med mange innsjøer. Myrdalsvatn renner ned i Byrkjelandsvatnet, og utløpet derfra møter elven fra Grimevatnet. Sammen renner disse inn i Nesttunvatnet. Utløpet derfra renner inn i Hopsvatn (ikke med i denne oppstillingen) der også utløpselven fra Myravatn renner ut. Fra Hopsvatn renner utløpet ned i Nordåsvatnet via Hopsfossen.

Vassdraget drenerer også høyere liggende områder med fattige bergarter, og uten særlige løsavsetninger. Forventet naturtilstand med hensyn på næringsrikhet for de øvre deler er derfor 4 : g fosfor/liter, og selv om de nedre deler ved Byrkjelandsvatn og Nesttunvatn har løsavsetninger av betydning i sine lokale nedslagsfelt, betyr dette lite i forhold til den dominerende vanntilførselen fra hovedvassdraget. Den store vanngjennomstrømningen gjør at forventet naturtilstand også for de nedre deler settes til 4 : g fosfor/liter.

Vassdraget har et nedslagsfelt på 43,8 km² og ligger i et område med årlig middelavrenning som varierer fra 55 liter pr. sekund pr. km² til 90 liter pr. sekund pr. km² (NVE 1987), og beregnet i forhold til avrenningen i de enkelte delfeltene er vassdragets middelvanntilførsel til sjø er på 100 millioner m³ årlig, eller rundt 3170 liter pr. sekund.



FIGUR 4.1. Kart over de sentrale deler av Nesttunvassdraget med prøvetakingsstasjonene inntegnet.



Grimevatnet (UTM LM 013 940, 72 meter over havet) ligger øverst i den nordøstlige greina av Nesttunvassdraget. Nedslagsfeltet er på 11,58 km², hvorav over 80 % består av høyereliggende områder, mens bare 5 % er dyrket mark (tabell 4.1). Bebyggelsen i nedslagsfeltet er spredd, anslått til 284 personer i 1993, og kloakkeringsforholdene består av slamavskillere med avrenning til vassdraget. Grimevatnet er privat drikkevannskilde for en del av husene langs innsjøen. Innsjøen er 90 meter dyp, og har vannutskiftning omtrent en gang hvert år (tabell 4.2). Bergen kommune har utarbeidet dybdekart over innsjøen (trykket i Aanes og Brettum 1989), og innsjøen ble undersøkt av NIVA i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

TABELL 4.1. Arealfordeling i delnedslagsfeltene til innsjøene i Nesttunvassdraget. Alle tall er i km² (Bjørklund mfl. 1994).

INNSJØ	DELFELT	SKOG	DYRKET	ANNET
Grimevatnet	11,58	0,96	0,64	9,98
Myrdalsvatnet	13,65	3,57	1,24	8,84
Byrkjelandsvatnet	2,85	1,50	0,82	0,53
Nesttunvatnet	10,53	0,82	0,19	9,52
Myrvatnet	2,6	0,07	0	2,53

TABELL 4.2. Morfologiske og hydrologiske data for innsjøene i Nesttunvassdraget (Bjørklund mfl. 1994).

INNSJØ	AREAL (km ²)	MAKS DYP (meter)	SNITT DYP (meter)	VOLUM (mill m ³)	UTSKIFTIN G ganger/år	HYDR.BE L.m ³ /m ² /år
Grimevatnet	0,823	90	35,5	29,27	1	35,50
Myrdalsvatnet	0,215	35	13	2,841	13,6	180,20
Byrkjelandsvatnet	0,113	14	5,5	0,635	73	410,50
Nesttunvatnet	0,172	10	3,5	0,612	164	583,64
Myrvatnet	0,0615	18	7,7	0,465	9,7	73,33

Myrdalsvatnet (LM 004 917, 74 meter over havet) ligger i den sørøstlige greina til Nesttunvassdraget, og har tilrenning fra Stignavatnet. Innsjøen er regulert og tidvis delvis tørrlagt. Vannrettighetene tilhører Pedek fabrikker. Nedslagsfeltet til Myrdalsvatnet er på 13,65 km², hvorav hoveddelen består av ubebodde områder. Kun 9 % er dyrket mark (tabell 4.1). Det er spredd bebyggelse i nedslagsfeltet, -anslått til 184 personer i 1993. All bebyggelse har slamavskillere med avrenning til vassdraget. Myrdalsvatnet er en middels dyp innsjø med vannutskiftning omtrent hver måned (tabell 4.2). Bergen kommune har utarbeidet dybdekart over innsjøen (trykket i Aanes og Brettum 1989), og innsjøen ble undersøkt av NIVA i 1988 (Aanes & Brettum 1989).



Byrkjelandsvatnet (LM 997 915, 55 meter over havet) har tilrenning fra Myrdalsvatnet og Bjørnevatnet. Nedslagsfeltet domineres av skog, og det er spredd bebyggelse i nedslagsfeltet (tabell 4.1). I 1993 bodde det 246 personer i nedslagsfeltet, i boliger som ikke var knyttet til offentlig avløpssystem, men som hadde slamavskiller med avrenning til vassdraget. Innsjøen er liten og grunn, og har vannutskiftning hver 5. dag (tabell 4.2). Bergen kommune har utarbeidet dybdekart over innsjøen (trykket i Aanes og Brettum 1989), og innsjøen ble undersøkt av NIVA i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

Nesttunvatnet (LM 984 935) er en av Nesttunvassdragets nederste innsjøer. Det er tett bebyggelse i store deler av nedslagsfeltet, der de fleste er tilknyttet offentlig kloakkledningsnett. Det bor imidlertid omtrent 160 personer i nedslagsfeltet, i boliger som ikke er knyttet til det offentlige avløpssystemet, men som har slamavskillere og avrenning til vassdraget. Nesttunvatnet har tilrenning fra Byrkjelandsvatnet og Grimevatnet i sørøst, og i nord kommer elva fra Helldalen inn. Nesttunvatnet har derfor en meget stor vanngjennomstrømming, og vannutskiftningen skjer nesten annenhver dag (tabell 4.2). Bergen kommune har utarbeidet dybdekart over innsjøen (trykket i Aanes og Brettum 1989), og innsjøen ble undersøkt av NIVA i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

Myrvatn ligger ved Paradis i Fana, i den minste og nordligste sidegrenen til Nesttunvassdraget. Nedslagsfeltet består delvis av ubebodde skogsområder og delvis av relativt tettbygde strøk (tabell 4.1). Det er ingen hus i nedslagsfeltet som ikke er tilkoblet offentlig kloakk, men det er en kum som til stadighet renner over like ved innsjøen. Dette fører til periodevis stor tilførsel av kloakk til Myrvatn. Myrvatnet er en middels dyp innsjø, med et gjennomsnittsdyp på 7,7 meter, og vannutskiftning hver sjettede uke (tabell 4.2). I innsjøen er det gjennomført mange hovedfagsoppgaver ved Universitetet i Bergen. Innsjøen er også benyttet som undervisningslokalitet knyttet til opplegg ved lærerskolen og Universitetet. Det er utarbeidet dybdekart for innsjøen (Universitetet i Bergen, Zoologisk Museum).

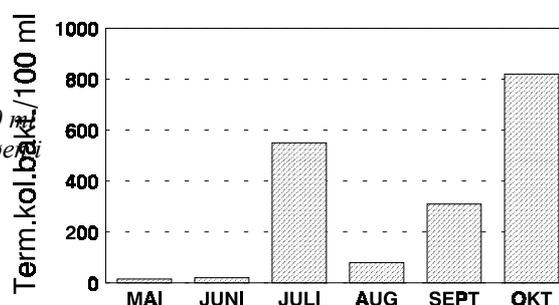


TILSTANDEN I NESTTUNVASSDRAGET VED UTLØPET TIL SJØEN

TARMBAKTERIER

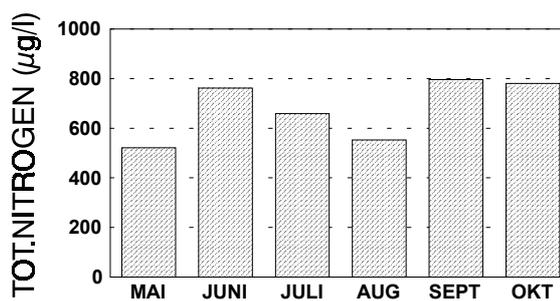
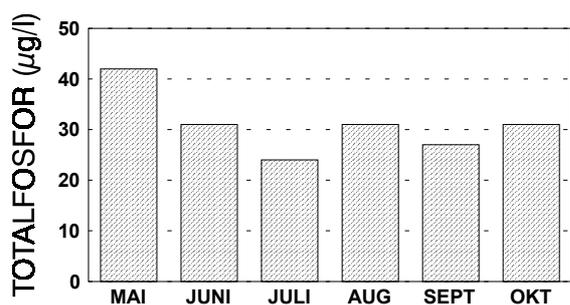
Det ble funnet tarmbakterier i vassdraget ved utløpet ved Hopsfossen i hele prøvetakingsperioden (figur 4.2). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i juli og oktober, men også i august og september var tarmbakterieinnholdet høyt. På grunn av de høye konsentrasjonene i oktober klassifiseres elva i tilstandsklasse IV. Ettersom utløpet både er forurenset ved lav vannføring, samt at tarmbakterieinnholdet øker når det er mye nedbør, tyder det på at både direkte tilførsler og overløp fra kloakkledningsnett eller avrenning fra områder med husdyrgjødsel er forurensningskilder. Vassdraget ble undersøkt i 1988 (Aanes og Brettum 1989), og også den gang var vassdraget forurenset med tarmbakterier ved utløpet.

FIGUR 4.2. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Nesttunvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9).



NÆRINGSFORHOLD

Den nedre delen av Nesttunvassdraget er næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var relativt høyt i hele undersøkelsesperioden (figur 4.3). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 31 : g/l og av nitrogen på 679 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for både fosfor og nitrogen. Innholdet av næringsstoffer synes å være omtrent på samme nivå som i 1988 (Aanes og Brettum, 1989).

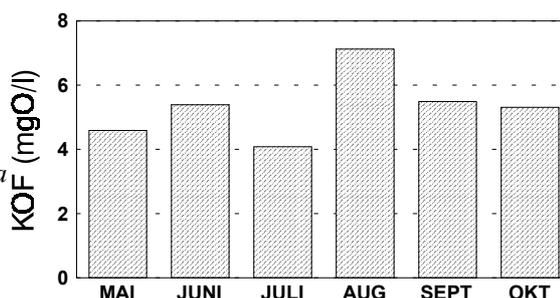


FIGUR 4.3. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Nesttunvassdraget ved utløpet til sjøen fra mai til oktober 1994 (tabell 4.9).



KJEMISK OKSYGENFORBRUK

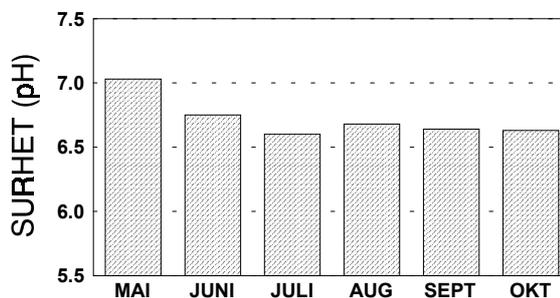
Det kjemiske oksygenforbruket var relativt høyt i hele undersøkelsesperioden. Høyest verdi ble målt i august, og var da på 7,12 mg O/l (figur 4.4). Dette klassifiserer utløpet av Nesttunvassdraget i tilstandsklasse IV, som er nest dårligste klasse. Det kjemiske oksygenforbruket i den nedre delen av vassdraget er adskillig høyere enn ved undersøkelsen i 1988, da høyeste målte kjemiske oksygenforbruk kun var på 3,0 mg O/l (Aanes og Brettum, 1989).



FIGUR 4.4. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Nesttunvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9).

SURHET

Det er relativt gode og stabile forhold med hensyn på surhet i den nedre delen av Nesttunvassdraget. pH ligger rundt 6,7, med laveste pH på 6,6 målt i juli (figur 4.5). I den øvre delen er imidlertid vassdraget påvirket av sur nedbør.



FIGUR 4.5. pH-verdier i månedlige prøver fra Nesttunvassdraget ved utløpet til sjøen i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9).

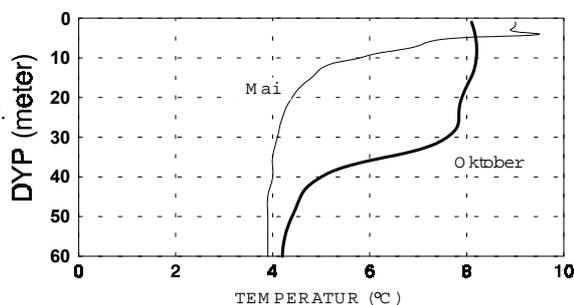
TILSTANDEN I GRIMEVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Grimevatnet hadde en temperaturskiktningen som lå rundt 10 meter i mai (figur 4.6). Høstomrøringen var ikke skjedd ved den siste målingen i oktober og temperatursprangskiktet hadde da sunket til rundt 35 meter. Våromrøringen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen rundt slutten av november.



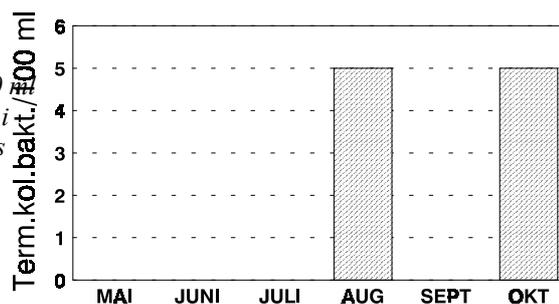
FIGUR 4.6 Temperaturprofiler for Grimevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i mai og oktober 1994 (tabell 4.10).



TARMBAKTERIER

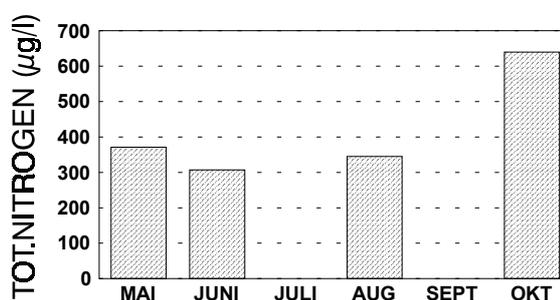
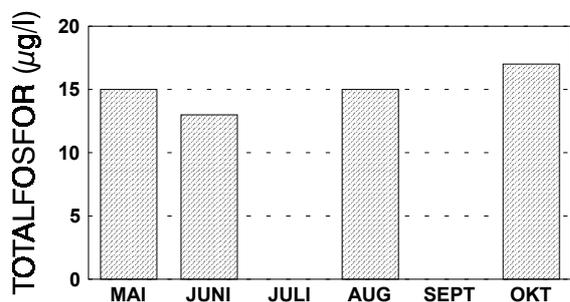
Innholdet av tarmbakterier i Grimevatnet var meget lavt, og det ble aldri registrert høyere konsentrasjoner enn 5 termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml (figur 4.7). Grimevatnet klassifiseres derfor i tilstandsklasse II. I dypvannet ble det ikke observert tarmbakterier i august.

FIGUR 4.7. Antall termotabile koliforme bakterier pr. 100 i fire prøver fra Grimevatnet 1994. Det ble ikke tatt prøver i juli og september. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 4.9).



NÆRINGSFORHOLD

Grimevatnet er middels næringsrikt (figur 4.8). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 15 : g/l og av nitrogen på 416 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse III for begge parametere.



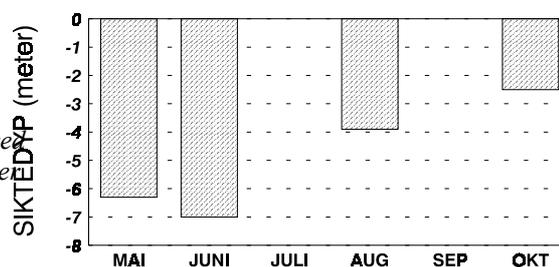
FIGUR 4.8. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i fire prøver i Grimevatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de 6 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i dype innsjøer, i hht. Rognerud mfl. (1979), viser beregninger for 1994 at innsjøen mottar rundt 250 kg fosfor pr. år. Dette er adskillig mindre enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 500 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Rognerud mfl. 1979), og beregninger for Grimevatnet viser at innsjøens tålegrense er på 120 kg fosfor pr. år, og innsjøen mottar dermed fosfortilførsler som er dobbelt så store som tålegrensen.

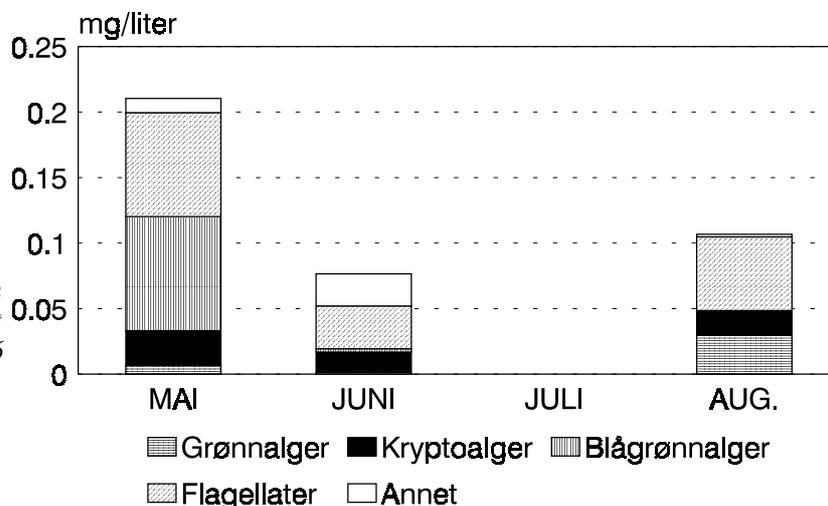
Siktedypet i Grimevatnet var på 4,9 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 7 meter ble målt i juni (figur 4.9).

FIGUR 4.9. Siktedyp målt med Secchi-skive i Grimevatnet, ved innsjøens dypeste punkt, ved fire tidspunkt fra mai til oktober 1994.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Grimevatnet i tre prøver i perioden mai til august 1994 var meget lavt og var kun på 0,13 mg/liter. Største algemengder ble funnet i mai og var da på 0,2 : g/l (figur 4.10).

FIGUR 4.10. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Grimevatnet sommeren 1994 (tabell 4.16). Prøvene er tatt som blandep prøver fra de øverste 6 meterne ved innsjøens dypeste punkt.



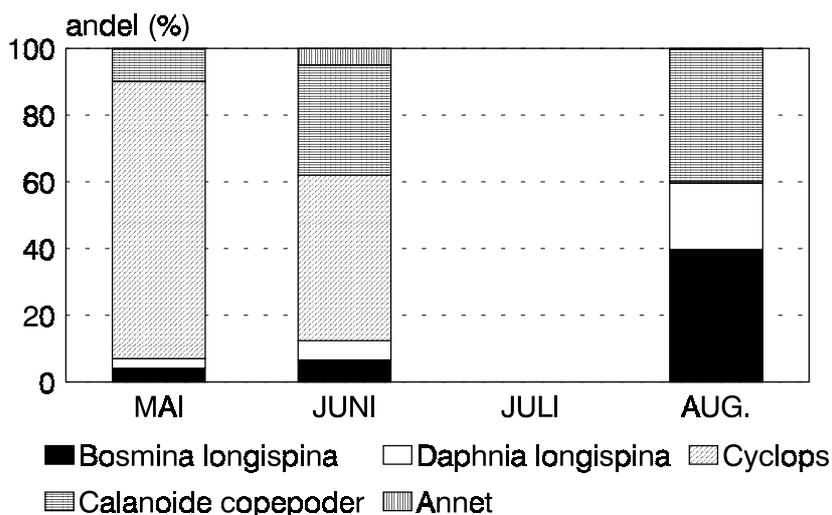
Algemengden i Grimevatnet var lavere enn ventet ut fra innholdet av næringsstoffer, og dette har trolig sammenheng med de klimatiske forholdene i 1994 med en kald juni med store nedbørmengder. De målte algemengdene i 1994 var også lavere enn i 1988, og som var på 0,48 mg/l (Aanes og Brettum 1989).



DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Grimevatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. *Cyclops* var den antallsmessige dominerende i første del av sesongen, mens de kalanoide hoppekrepsene dominerte i august (figur 4.11). Det ble også funnet små mengder vannlopper, *Daphnia longispina*, i hele perioden, og spesielt i august utgjorde disse en større del av dyreplanktonsamfunnet. Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia longispina* (tabell 4.9).

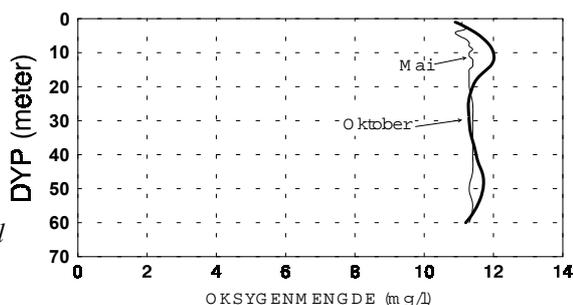
FIGUR 4.11. Prosentvis andel av planktoniske krepser i månedlige prøver i Grimevatnet sommeren 1994 (tabell 4.21). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



OKSYGENFORHOLD

Det reelle oksygenforbruket i dypvannet i Grimevatnet var meget lavt og lå på 0,17 mg O/l pr. måned. Ved målingene i oktober ble det målt 86 % oksygenmetning, eller 4,2 mg O/l på 60 meters dyp (figur 4.12).

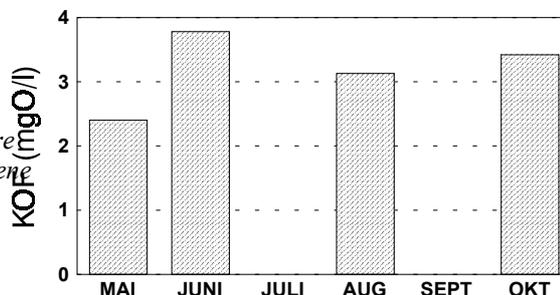
FIGUR 4.12. Oksygenprofiler for Grimevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 12. oktober 1994 (tabell 4.10).



Det kjemiske oksygenforbruket var moderat, med høyeste forbruk på 3,78 mg O/l i juni (figur 4.13). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse III. Ved undersøkelsen av dypvannet i august, var oksygenforbruket på 60 meters dyp det samme som i overflateskiktet på samme tidspunkt, og var på 3,1 mg O/l.



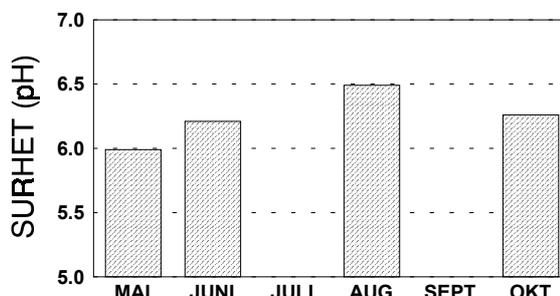
FIGUR 4.13. Kjemisk oksygenforbruk i Grimevatnet ved fire tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Grimevatnet er svakt påvirket av sur nedbør, men har pH-verdier rundt 6,2. Surhetsnivået i innsjøen er imidlertid ikke noe problem for de fiskeartene som finnes i denne innsjøen. Laveste registrerte pH var på 6,0 i oktober (figur 4.14).

FIGUR 4.14. pH-verdier i Grimevatnet ved fire tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

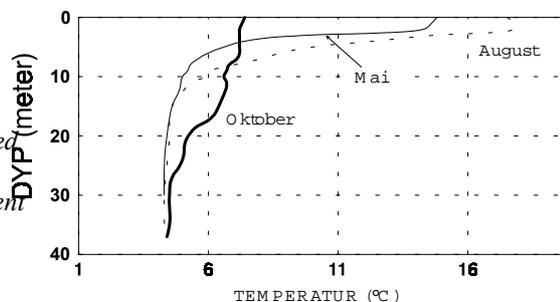


TILSTANDEN I MYRDALSVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Myrdalsvatnet hadde en temperaturskiktning som lå rundt 3 meter i mai, og rundt 5 meter i august (figur 4.15). I midten av oktober lå sprangskiktet rundt 18 meters dyp. Høstomrøringen skjer trolig rundt midten av november, og våromrøringen i midten av april.

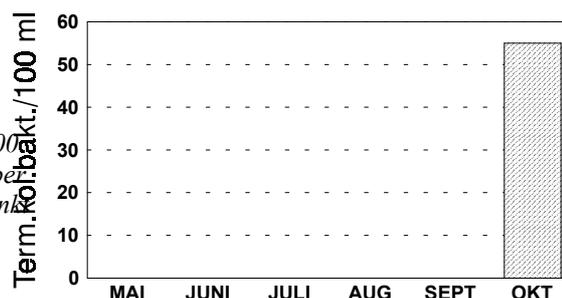
FIGUR 4.15. Temperaturprofiler for Myrdalsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i 25. mai, 9. august og 12. oktober 1994 (tabell 4.11). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.





TARMBAKTERIER

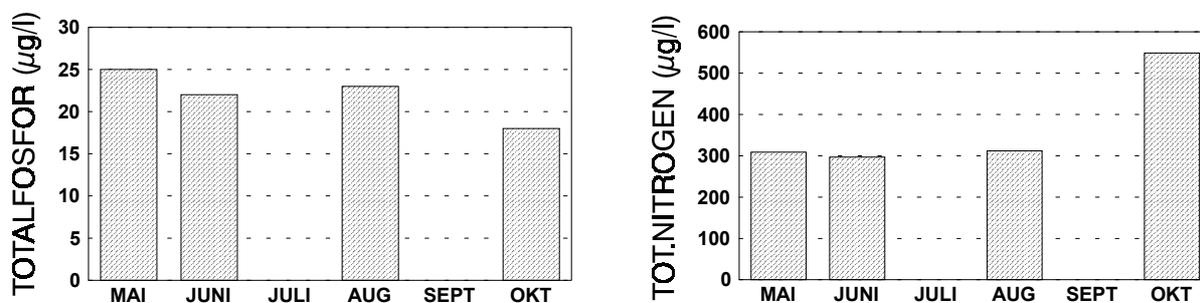
Myrdalsvatnet er ikke belastet med direkte kloakktilførsler og det ble bare registrert tarmbakterier i Myrdalsvatnet i oktober. Da det ble imidlertid registrert 55 termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml (figur 4.16). På grunn av konsentrasjonene av tarmbakterier i oktober klassifiseres Myrdalsvatnet i tilstandsklasse III. Det ble ikke registrert tarmbakterier i utløpet fra Myrdalsvatnet ved undersøkelsen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993), og kun i lavt antall i 1988 (Aanes og Brettum 1989).



FIGUR 4.16. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i Myrdalsvatnet 20. mai, 15. juni, 9. august og 12. oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 4.9).

NÆRINGSFORHOLD

Myrdalsvatnet er en middels næringsrik innsjø, med et relativt høyt innhold av fosfor og et relativt lavt innhold av nitrogen. Innholdet av fosfor var høyest i mai og avtok deretter noe utover i undersøkelsesperioden mens nitrogeninnholdet derimot økte utover i samme periode (figur 4.17). Det gjennomsnittlige innholdet av fosfor var på 22 : g/l og av nitrogen på 368 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og II for nitrogen. Ved undersøkelsen i 1988 (Aanes og Brettum 1989) var også innsjøen moderat næringsrik, men innholdet av nitrogen var vesentlig høyere enn nå.



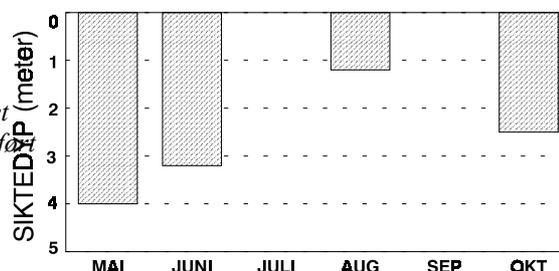
FIGUR 4.17. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i fire prøver fra Myrdalsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandepøver fra de 6 øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar omtrent 1300 kg fosfor pr. år. Dette er adskillig høyere enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 600 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Myrdalsvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på 460 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på hele 840 kg fosfor pr. år.



Siktedypet i Myrdalsvatnet var på 2,7 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 4 meter ble målt i mai (figur 4.18).

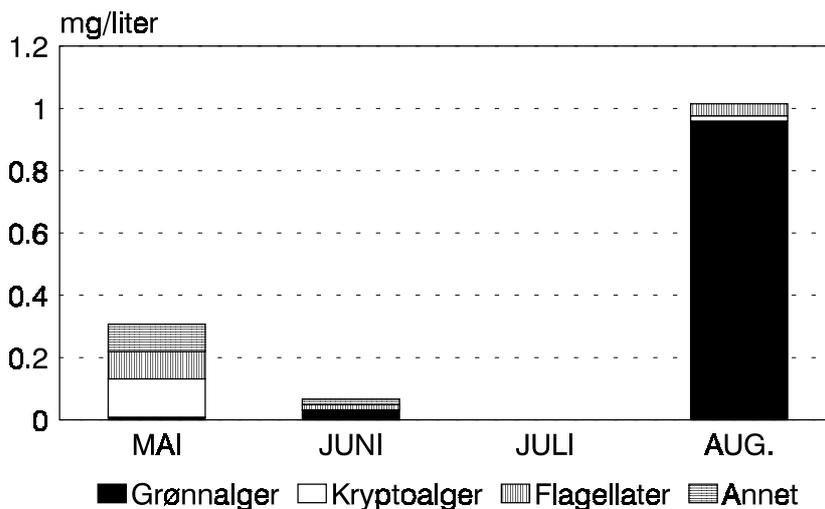
FIGUR 4.18. Siktedyp målt med Secci-skive i Myrdalsvatnet ved fire tidspunkt fra mai til oktober 1994. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Myrdalsvatnet i perioden mai til august 1994 var lavt og var kun på 0,5 mg/liter. De største algemengdene ble funnet i august (figur 4.19), da grønnalger dominerte algesamfunnet. Dominerende slekt var *Sphaerocystis* (tabell 4.16). I mai og juni var algesamfunnet mer diversert uten dominans av enkeltarter.

Algemengden i Myrdalsvatnet var også lavere enn ventet ut fra innholdet av næringsstoffer, og også adskillig lavere enn i 1988 da gjennomsnittlig algevolum var på 3,0 mg/l (Aanes og Brettum 1989).

FIGUR 4.19. Mengder av de forskjellige algetyper i tre prøver fra Myrdalsvatnet i perioden mai til august 1994 (tabell 4.16). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne ved innsjøens dypeste punkt.

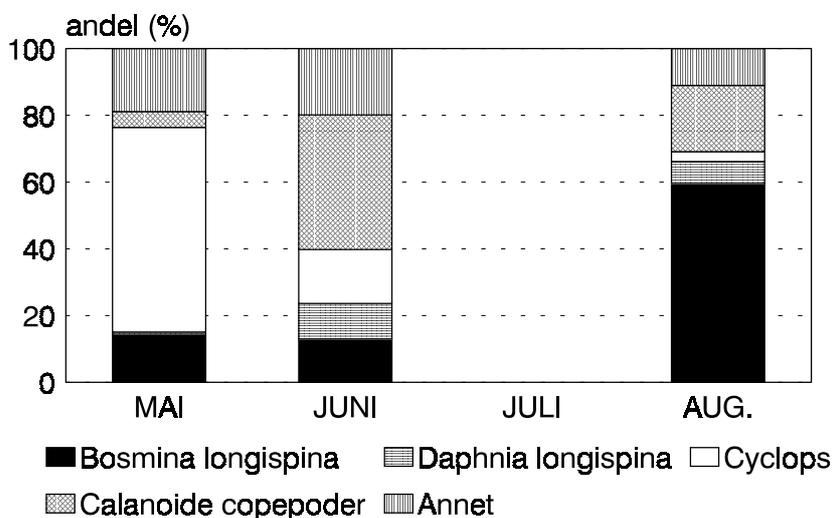


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Myrdalsvatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden, men de var spesielt dominerende i mai og juni. *Cyclops* var den antallsmessige dominerende i juni, mens de kalanoide hoppekrepsene dominerte i mai (figur 4.20). Det ble imidlertid også funnet vannlopper i hele perioden, hvorav de små *Bosmina longispina* var de antallsmessig dominante. De større vannloppene *Daphnia longispina* ble også registrert i hele perioden, men i mindre mengder (tabell 4.21). Vannloppene *Holopedium gibberum* og *Diaphanosoma* ble også registrert i til dels betydelige mengder i undersøkelsesperioden. Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia longispina* i juni og juli (tabell 4.21).



FIGUR 4.20. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i månedlige prøver i Myrdalsvatnet sommeren 1994 (tabell 4.21). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.

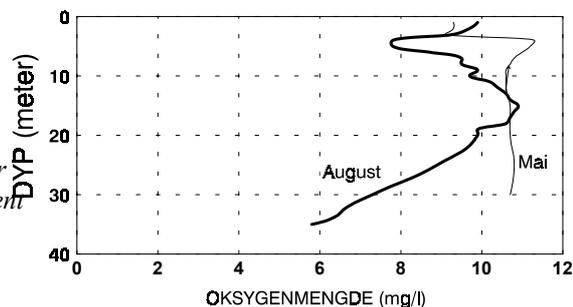


OKSYGENFORHOLD

Oksygenforbruket i dypvannet

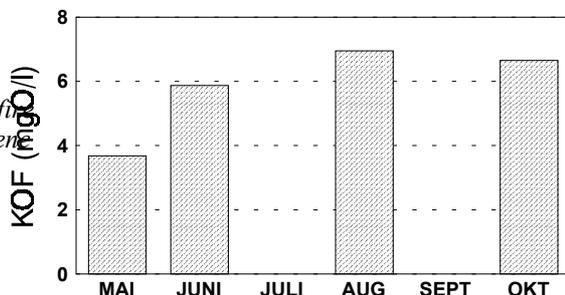
i Myrdalsvatnet var lavt og det ble ikke registrert oksygenfrie forhold i bunnvannet i undersøkelsesperioden (figur 4.21). Det reelle oksygenforbruket i dypvannet er beregnet til kun 0,68 mg O/l pr. Det høye oksygeninnholdet i de øvre vannmassene i mai skyldes en høy algeproduksjon i overflateskiktet.

FIGUR 4.21. Oksygenprofiler for Myrdalsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 9. august og 12. oktober 1994 (tabell 4.11). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket var relativt høyt, med høyeste forbruk på 6,95 mg O/l i august (figur 4.22). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse IV. I bunnvannet var oksygenforbruket lavere enn i overflateskiktet og var på 5,3 mg O/l ved målingen i dypvannet i august.

FIGUR 4.22. Kjemisk oksygenforbruk i Myrdalsvatnet ved fire tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

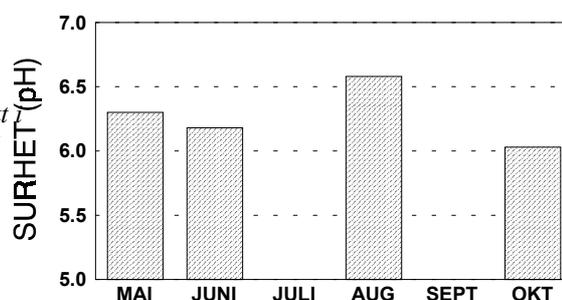




SURHET

pH-verdiene i Myrdalsvatnet i undersøkelsesperioden lå mellom 6,0 og 6,6. Laveste pH-verdi ble registrert i oktober (figur 4.23).

FIGUR 4.23. pH-verdier i Myrdalsvatnet ved fire tidspunkt i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

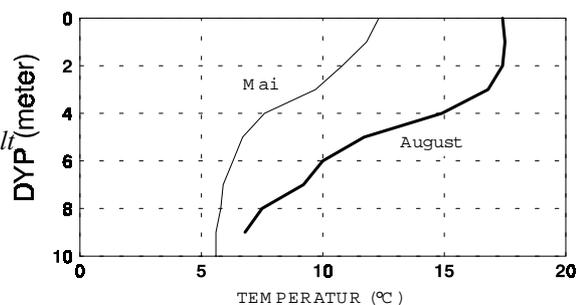


TILSTANDEN I BYRKJELANDSVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Byrkjelandsvatnet hadde en temperaturskiktningen som lå rundt 3 meter i mai og rundt 4-5 meter i august (figur 4.24). Våromrøringen i innsjøen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen i slutten av oktober.

FIGUR 4.24. Temperaturprofiler for Byrkjelandsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i mai og oktober 1994 (tabell 4.12). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.

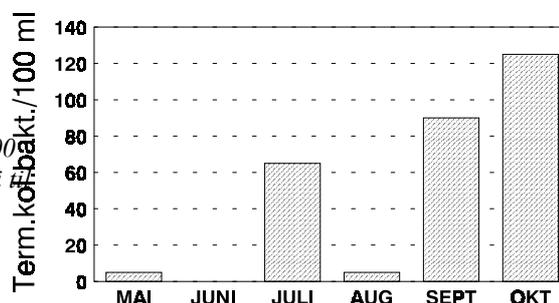


TARMBAKTERIER

Det ble funnet tarmbakterier i Byrkjelandsvatnet ved samtlige prøvetakinger bortsett fra i juni, og tarmbakterieinnholdet var periodevis høyt (figur 4.25). Høyest innhold ble funnet i september og oktober. På grunnlag av konsentrasjonene i oktober klassifiseres Byrkjelandsvatnet i tilstandsklasse III. Ved undersøkelsen av dypvannet i august, ble det ikke observert tarmbakterier, og dette viser at tarmbakterietilførslene skjer til overflateskiktet i innsjøen. Ved undersøkelsen i 1988 ble det også registrert store mengder tarmbakterier i denne innsjøen (Aanes og Brettum 1989).

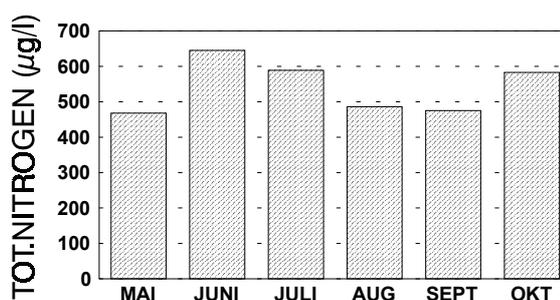
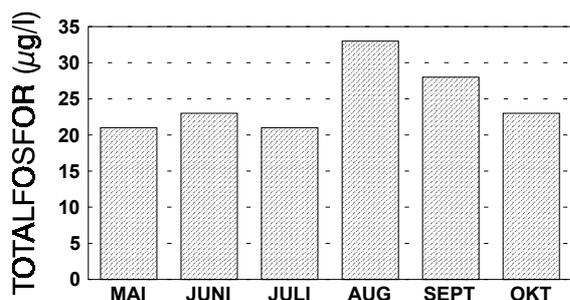


FIGUR 4.25. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Byrkjelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 4.9).



NÆRINGSFORHOLD

Byrkjelandsvatnet er næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden (figur 4.26). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 23 : g/l og av nitrogen på 541 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og tilstandsklasse III for nitrogen. Innsjøen var næringsrik også i 1988, men nitrogeninnholdet er noe lavere i 1994 enn den gang (Aanes og Brettum 1989).



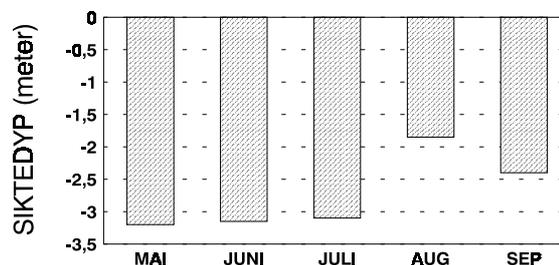
FIGUR 4.26. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Byrkjelandsvatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøven er tatt som blandepøver fra de fire øverste meterne i innsjøen.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar nesten 1200 kg fosfor pr. år. Dette er mer enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 860 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Byrkjelandsvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på rundt 770 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på omtrent 400 kg fosfor pr. år.

Siktedypet i Byrkjelandsvatnet var på 2,7 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Laveste siktedyp på 1,85 meter ble målt i august og høyeste på 3,2 meter ble målt i mai (figur 4.27). Variasjonen i siktedyp samsvarer godt med variasjonen i algemengder.

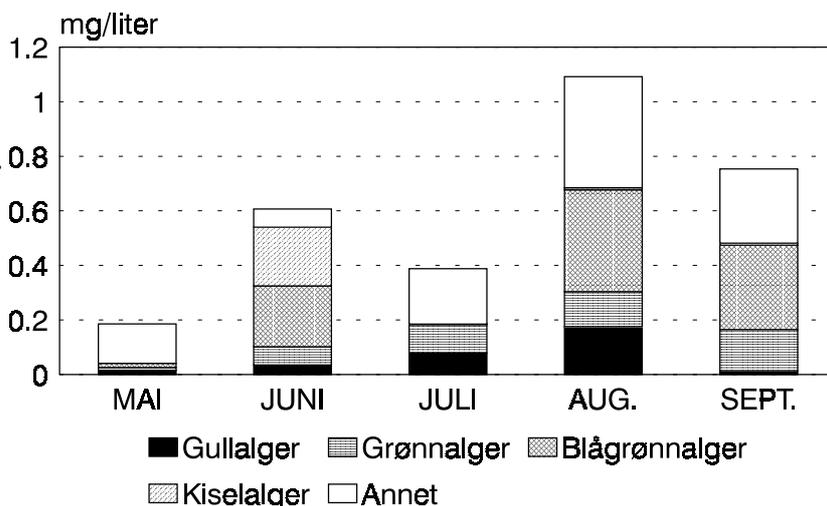


FIGUR 4.27. Siktedyb målt med Secci-skive i månedlige målinger i Byrkjelandsvatnet fra mai til september 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Byrkjelandsvatnet i perioden mai til september var lavt, og var kun på 0,6 mg/liter. Største mengder ble funnet i august (figur 4.28). Algemengdene i innsjøen er slike en finner i moderat næringsrike innsjøer, men algetypene tyder på en næringsrik innsjø. Blågrønnalger var et meget viktig innslag i undersøkelsesperioden (figur 4.28), og i mai og juni var *Lyngbya limnetica* dominerende art (tabell 4.22). I august og september var slekten *Anabaena* dominerende.

FIGUR 4.28. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Byrkjelandsvatnet i perioden mai til september 1994 (tabell 4.17). Prøvene er tatt som blandepøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.

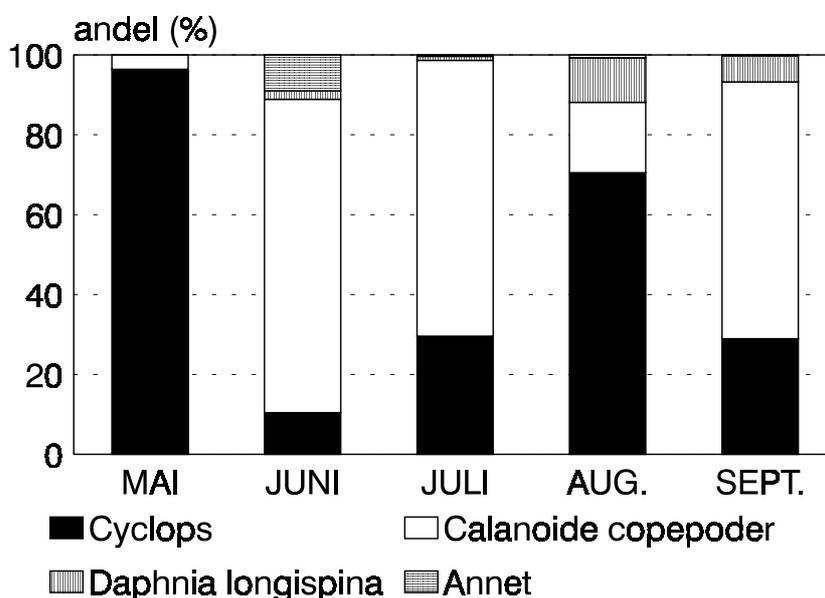


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Byrkjelandsvatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. *Cyclops* var den antallsmessige dominerende i mai og august, mens de kalanoide hoppekrepsene dominerte ved de andre prøvetakingene (figur 4.29). Det ble imidlertid også funnet vannlopper, *Daphnia longispina*, i små mengder i hele undersøkelsesperioden. Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Keratella cochlearis* og *Keratella hiemalis* i juni og juli (tabell 4.22).



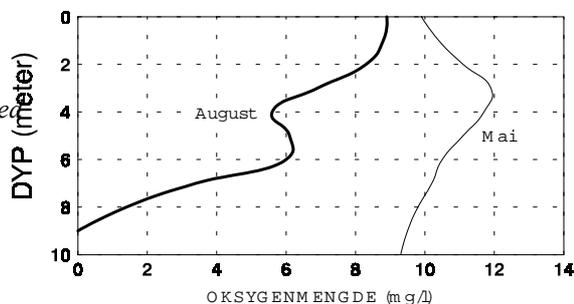
FIGUR 4.29. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i månedlige prøver i Byrkjelandsvatnet i perioden mai til september 1994 (tabell 4.22). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



OKSYGENFORHOLD

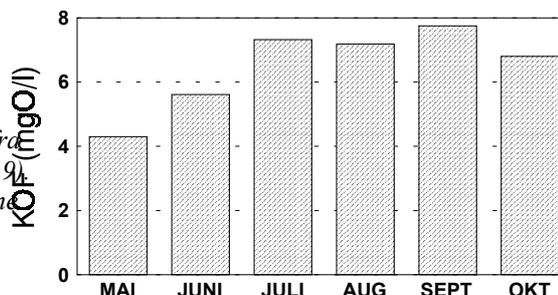
Oksygenforbruket i dypvannet i Byrkjelandsvatnet var relativt stort, og det ble registrert oksygenfrie forhold på 10 meters dyp ved målingene i august (figur 4.30). Det reelle månedlige oksygenforbruket i dypvannet var på 2,37 mg O/l. Oksygenvinnnet på 4 meters dyp i august (figur 4.30) skyldes at dødt organisk materiale blir liggende like over temperatursprangskiktet og gi et ekstra stort oksygenforbruk i dette skiktet.

FIGUR 4.30. Oksygenprofiler for Byrkjelandsvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 9. august 1994 (tabell 4.12). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket i overflateskiktet var relativt høyt, med høyeste forbruk på 7,8 mg O/l i september (figur 4.31). Det kjemiske oksygenforbruket var imidlertid lavere i bunnvannet enn i overflatevannmassene (tabell 4.9). Med hensyn på virkningen av tilførsler av organisk stoff klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse IV.

FIGUR 4.31. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Byrkjelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.

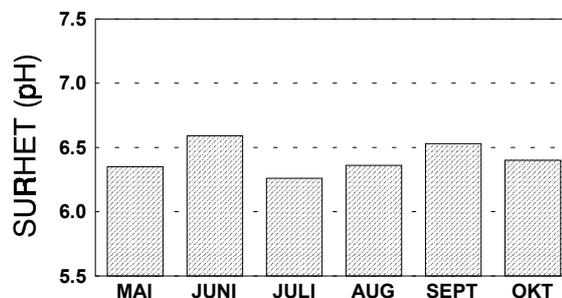




SURHET

Byrkjelandsvatnet har pH-verdier i prøvetakingsperioden som var relativt stabile og lå rundt pH 6,4. Lavest pH ble målt i juli og var da på 6,3 (figur 4.31).

FIGUR 4.31. pH-verdier i månedlige målinger fra Byrkjelandsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

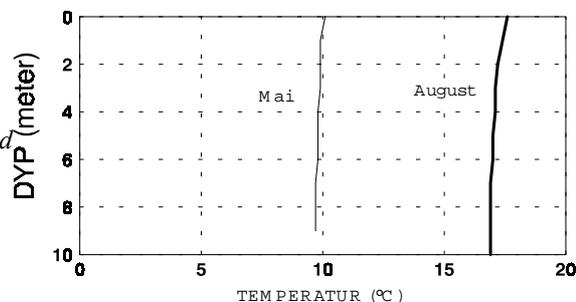


TILSTANDEN I NESTTUNVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Nesttunvatnet har en meget stor tilrenning, og innsjøen har ingen stabil temperaturskiktning i sommerperioden (figur 4.32). Innsjøen kan, på grunn av den store gjennomstrømmingen, nærmest regnes som en elv og ikke en innsjø.

FIGUR 4.32. Temperaturprofiler for Nesttunvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 9. august 1994 (tabell 4.13).

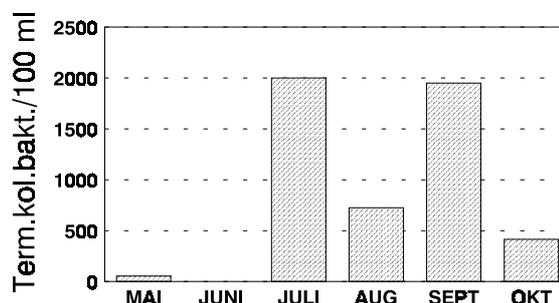


TARMBAKTERIER

Innholdet av tarmbakterier i Nesttunvatnet var meget høyt, og det ble funnet tarmbakterier i innsjøen ved samtlige prøvetakingstidspunkter bortsett fra i juni (figur 4.33). Innsjøen var den klart mest belastede innsjøen i vassdraget. Høyest innhold ble funnet i juli, og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse V. Det ble også funnet et meget høyt innhold av tarmbakterier i dypet i Nesttunvatnet (tabell 4.9).

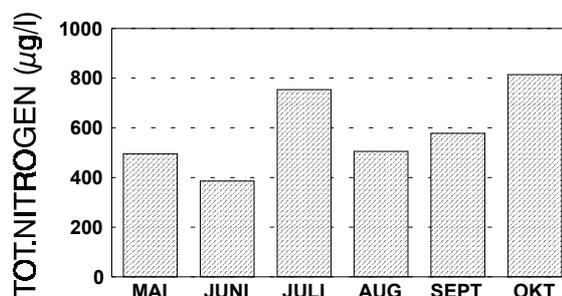
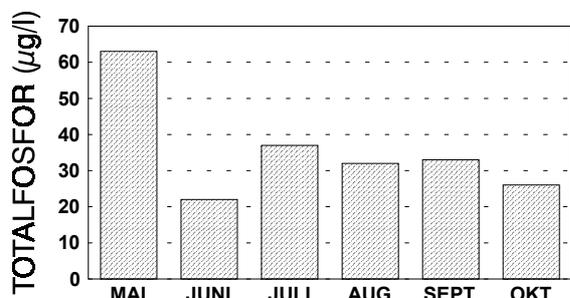


FIGUR 4.33. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Nesttunvatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 4.9).



NÆRINGSFORHOLD

Nesttunvatnet er næringsrikt, og innholdet av fosfor var imidlertid spesielt høyt i mai (figur 4.34). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 36 : g/l og av nitrogen på 589 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for begge parametere. Det synes ikke å ha skjedd store endringer i innsjøens næringsstatus siden undersøkelsen i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

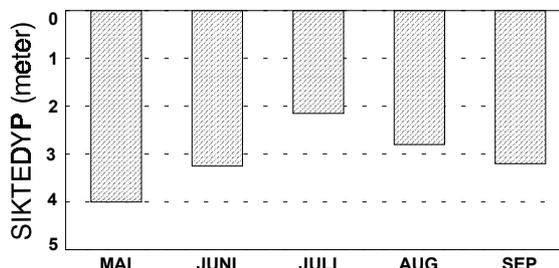


FIGUR 4.34. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Nesttunvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøve fra de fire øverste meterne i innsjøen.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar over 3300 kg fosfor pr. år. Dette er adskillig høyere enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 1300 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Nesttunvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på rundt 1800 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på hele 1500 kg fosfor pr. år.

Siktedypet i Nesttunvatnet var på 3,08 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Største siktedyp på 4 meter ble målt i juni (figur 4.35).

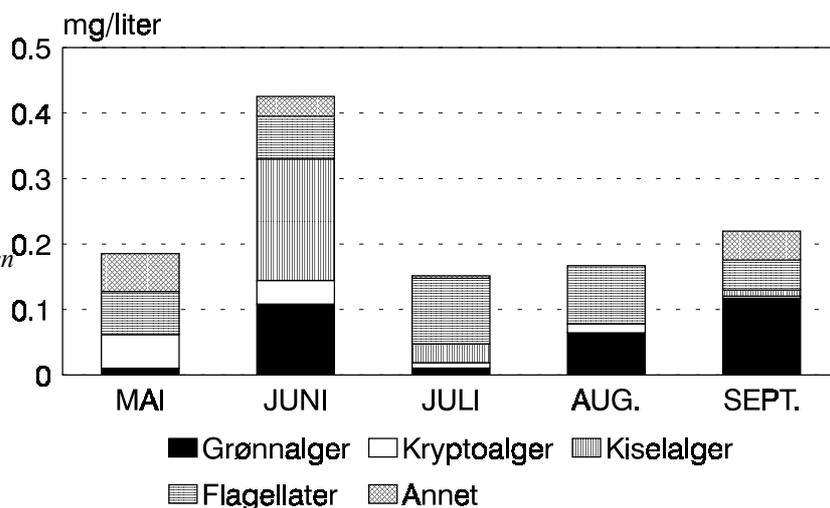
FIGUR 4.35. Siktedyp målt med Secci-skive i månedlige målinger i Nesttunvatnet i perioden mai til september 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.





Det gjennomsnittlige algevolumet i Nesttunvatnet i perioden mai til september var imidlertid lavt og var kun på 0,2 mg/liter. Største algemengder ble funnet i juni (figur 4.36). Algesamfunnet i Nesttunvatnet var meget diversert i hele undersøkelsesperioden uten noen stor dominans av enkeltarter (tabell 4.23). Ved undersøkelsen i 1988 ble funnet et gjennomsnittlig algevolum på 0,7 mg/l (Aanes og Brettum 1989).

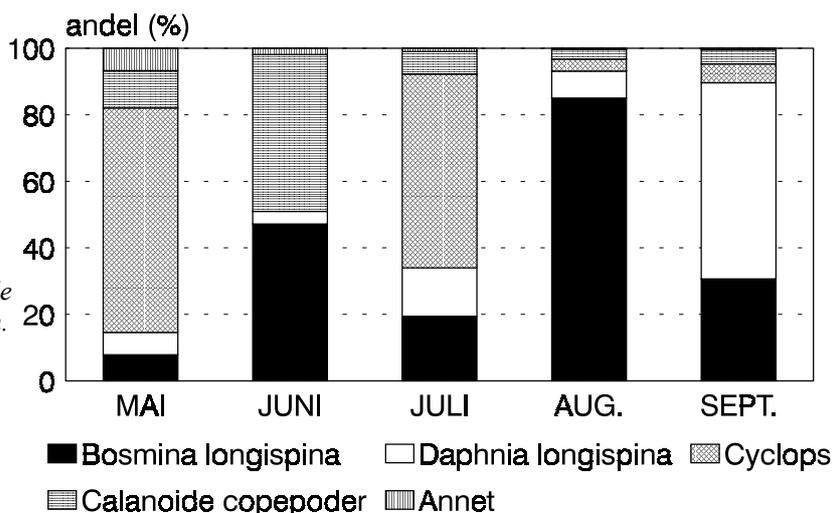
FIGUR 4.36. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Nesttunvatnet i perioden mai til september 1994 (tabell 4.18). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.



DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Nesttunvatnet var dominert av hoppekreps (Copepoda) i den første delen av undersøkelsesperioden, mens vannlopper (Cladocera) dominerte i siste del av perioden. Hoppekreps av slekten *Cyclops* var viktige i mai og juli, mens de kalanoide hoppekrepsene dominerte i juni (figur 4.37). De små vannloppene *Bosmina longispina* ble registrert ved samtlige prøvetakinger. Denne arten var dominerende vannloppe ved samtlige prøvetakinger bortsett fra i september da den større vannloppen *Daphnia longispina* dominerte (figur 4.37). Hjuldyrsamfunnet var også diversert uten sterk dominans av noen enkeltart (tabell 4.23).

FIGUR 4.37. Prosentvis andel av planktoniske krepssdyr i månedlige prøver i Nesttunvatnet i perioden mai til september 1994 (tabell 4.23). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.

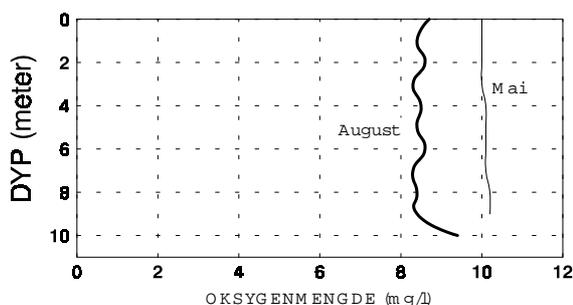




OKSYGENFORHOLD

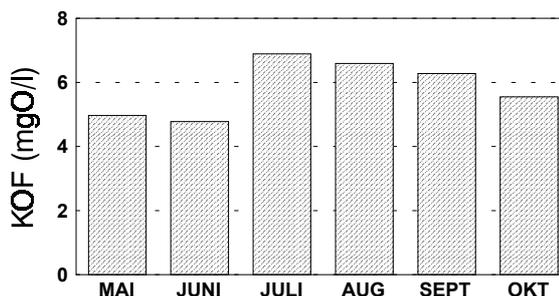
Nesttunvatnet er preget av en så stor gjennomstrømning at det ikke blir temperatursprangskiktning i innsjøen. Hele vannsøylen er derfor preget av det tilrennende vannet, og det ble derfor ikke registrert oksygenvinn i bunnvannet (figur 4.38).

FIGUR 4.38. Oksygenprofiler for Nesttunvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 9. august 1994 (tabell 4.13). Målingene er gjort med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket i Nesttunvatnet var høyt, med høyeste forbruk på 7,0 mg O/l i bunnvannet i august (tabell 4.9). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse IV. Høyeste oksygenforbruk i de øvre vannmasser ble funnet i juli og var på 6,9 mg O/l (figur 4.39). Det kjemiske oksygenforbruket i Nesttunvatnet var imidlertid stort sett lavere enn i Byrkjelandsvatnet, og det har sammenheng med innblanding av vann fra Grimevatnet, som har et lavere kjemisk oksygenforbruk (Tabell 4.9).

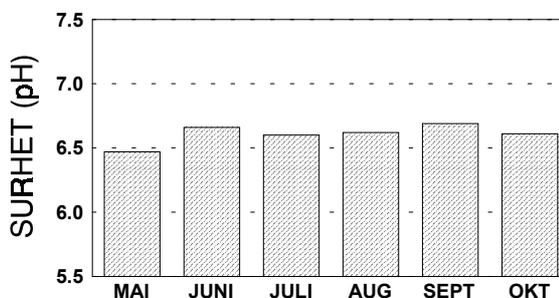
FIGUR 4.39. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Nesttunvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de fire øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Nesttunvatnet hadde stabile pH-verdier rundt pH 6,5 i undersøkelsesperioden (figur 4.40). Nesttunvatnet er preget av vannmassene fra de ovenforliggende innsjøene, men pH-verdiene er noe høyere enn de vi finner i Grimevatnet og Byrkjelandsvatnet. Laveste registrerte pH var på 6,5 og ble målt i mai (figur 4.40).

FIGUR 4.40. pH-verdier i månedlige målinger fra Nesttunvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt på 1 meters dyp ved innsjøens dypeste punkt.



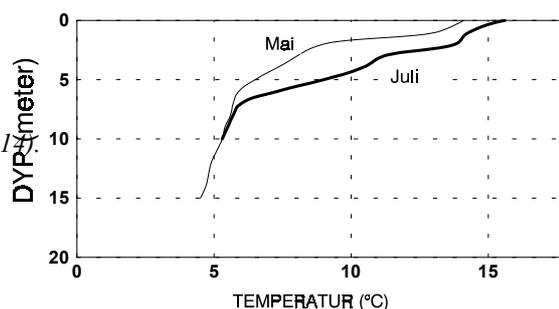


TILSTANDEN I MYRAVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Myravatnet hadde en temperatursprangskiktning som lå rundt 2 meter i mai og rundt 5 meter i juli (figur 4.41). Våromrøringen i innsjøen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen trolig i begynnelsen av november.

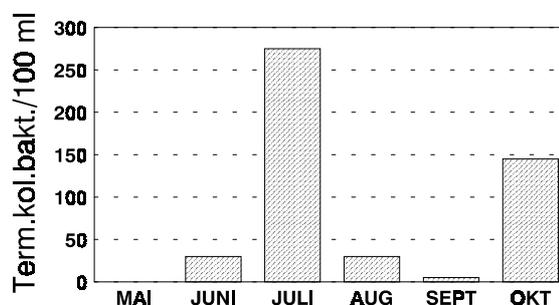
FIGUR 4.41. Temperaturprofiler for Myravatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i 20. mai og 11. juli 1994 (tabell 4.12).



TARMBAKTERIER

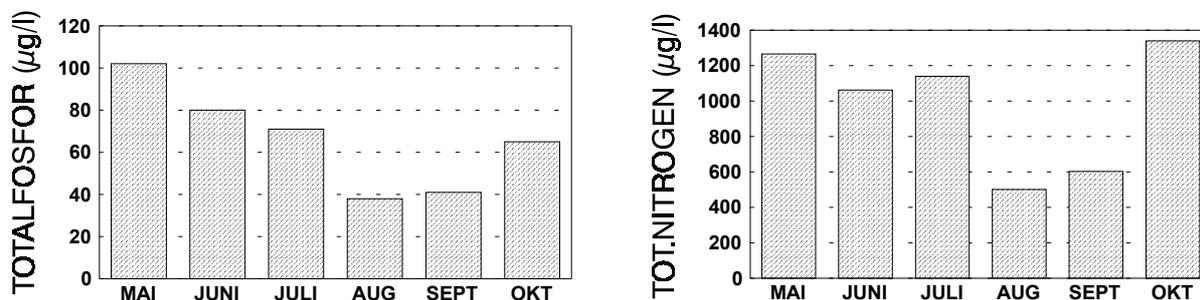
Det ble registrert tarmbakterier i Myravatnet ved hver måling, bortsett fra i mai, og periodevis var tarmbakterieinnholdet meget høyt (figur 4.42). Høyest innhold ble registrert i juli, og på grunnlag av disse klassifiseres Myravatnet i tilstandsklasse IV. Den store variasjonen i innholdet av tarmbakterier viser at det både er jevnlig tilførsler av tarmbakterier til innsjøen og at det i perioder er ekstra store tilførsler. Det ble også registrert at lavt tarmbakterieinnhold i dypvannet i Myravatnet i august. Dette viser at tarmbakterietilførslene ikke bare skjer til overflateskiktet i denne innsjøen. Det ble også påvist tarmbakterier i innsjøen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).

FIGUR 4.42. Antall termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Myravatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 4.9).



NÆRINGSFORHOLD

Myravatnet er meget næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden, men var spesielt høyt i begynnelsen av perioden (figur 4.43). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på hele 66 : g/l og av nitrogen på 985 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse V for begge parametere.

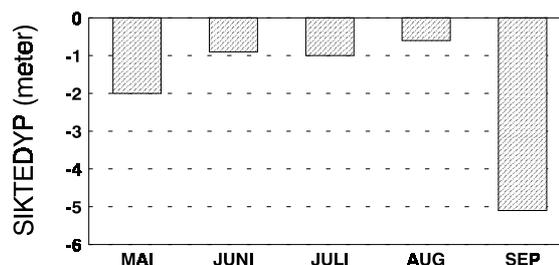


FIGUR 4.43. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Myravatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandepøver fra de fire øverste meterne i vannsøylen.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar rundt 470 kg fosfor pr. år. Dette er adskillig mer enn tidligere teoretiske beregnede tilførsler på bare 28 kg fosfor pr. år (Bjørklund mfl. 1994). I disse beregningene er det imidlertid ikke tatt med periodevise tilførsler til innsjøen fra en kloakkum som renner over i perioder med mye nedbør. Myravatnet har også oksygenfrie forhold i bunnvannet hele sommeren (figur 4.46), og dermed fosfortilførsler fra egne sedimenter. Ved målingene av bunnvannet i august ble det der funnet hele 138 : g P/l i bunnvannet mot "bare" 38 : g P/l i overflatevannmassene (tabell 4.9).

Myravatnets tålegrense for fosfortilførsler ligger på bare 90 kg fosfor, og tilførslene er dermed overskredet med hele 380 kg, eller over fire ganger tålegrensen.

Siktedypet i Myravatnet var meget lavt i perioden fram til september. Største siktedyp på 5.1 meter ble målt i september (figur 4.44), på det tidspunktet da algemengdene var lavest. Gjennomsnittlig siktedyp i undersøkelsesperioden var på 1,9 meter, og laveste siktedyp ble målt i august og var bare på 60 cm.

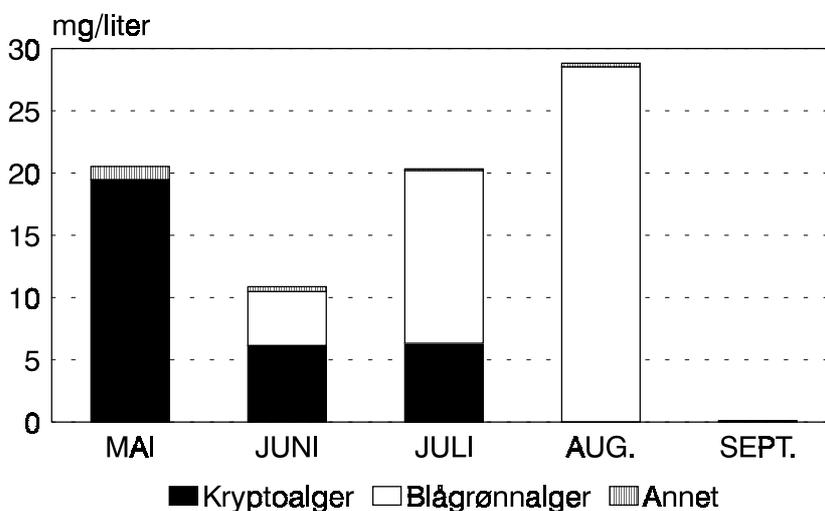


FIGUR 4.44. Siktedyp målt med Secci-skive i månedlige målinger fra Myravatnet i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt.

Algemengdene i Myravatnet var ekstremt høye, og blågrønnalger dominerte i juli og august (figur 4.45). Det gjennomsnittlige algevolumet i Myravatnet var på hele 16,2 mg pr. liter, det høyeste volumet som er observert ved noen av lokalitetene i Bergen. Største algemengder ble funnet fra mai til august, mens det i september var adskillig lavere mengder (figur 4.45). I mai, juni og september dominerte kryptoalger i slekten *Chryptomonas*, mens blågrønnalgen *Lyngbya limnetica* dominerte i juli og august.



FIGUR 4.45. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Myrvatnet sommeren 1994 (tabell 4.4.19). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.



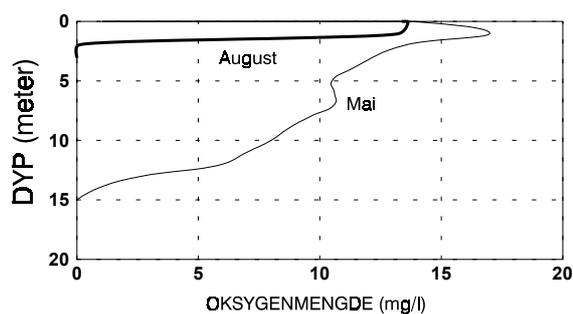
DYREPLANKTON

Det ble funnet ekstremt lite dyreplankton i Myrvatnet. Kun få individer av vannloppene *Daphnia longispina* ble funnet fra mai til juli (tabell 4.24). Det ble også registrert kun enkeltindivider av hoppekrepsen *Cyclops*. I august var imidlertid tettheten av vannloppene økt noe. Årsaken til den ekstremt lave tettheten av dyreplankton, er trolig både den massive forekomsten av *Chaoborus* i denne innsjøen, samt fullstendig oksygenvinn og de store mengdene blågrønnalger som er uspiselige for dyreplankton. *Chaoborus* er en innsektlarve som er rovdyr på dyreplanktonet. Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia hiemalis* i juni (tabell 4.24).

OKSYGENFORHOLD

Myrvatnet har et stort oksygenforbruk i dypvannet og allerede i midten av mai var det oksygenfritt bunnvann under 15 meters dyp (figur 4.46). Det reelle oksygenforbruket var på 4,4 mg O/l pr. mnd. I august var det kun de øverste 3 meterne av vannmassen som hadde oksygenrikt vann. Dette er omtrent som observert i 1983 (Giske 1996).

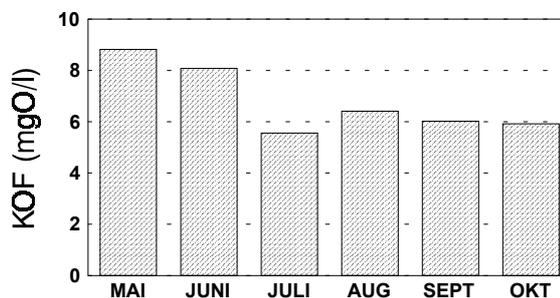
FIGUR 4.46. Oksygenprofiler for Myrvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 20. mai og 9. august 1994 (tabell 4.14). Målingene er gjort med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket i overflateskiktet i Myrvatnet var høyt, med høyeste forbruk på 8,8 mg O/l i mai (figur 4.47). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse IV. I bunnvannet var oksygenforbruket lavere enn i overflateskiktet og var på 4,0 mg O/l i august.



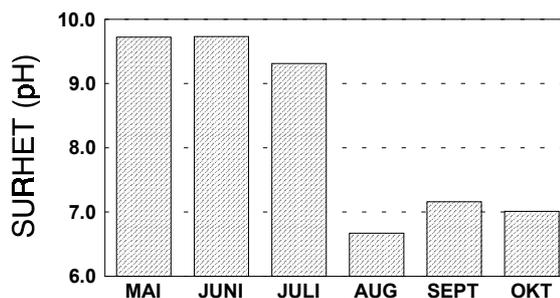
FIGUR 4.47. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Myrvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de fire øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Myrvatnet hadde ekstremt høye pH-verdier ved målingene i mai, juni og juli, der høyeste måling var på hele 9,7 i mai og juni (figur 4.48). Disse høye pH-verdiene skyldes en ekstremt høy algeproduksjon i innsjøen på disse tidspunktene. Målingene i siste del av perioden lå nær det nøytrale, og ligger nærmere pH-nivået i innsjøen resten av året.

FIGUR 4.48. pH-verdier i månedlige prøver fra Myrvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 4.9). Prøvene er tatt på 1 meters dyp ved innsjøens dypeste punkt.





VURDERING

Utløpet til sjøen

Nesttunvassdraget er næringsrikt ved utløpet til Hopsvatnet, og har et høyt innhold av organisk stoff. Vassdraget er også sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier, og i perioder er tarmbakterieinnholdet meget høyt (tabell 4.3). Tilførslene av både tarmbakterier og organisk stoff er større nå enn for seks år siden (tabell 4.3).

TABELL 4.3. Tilstanden i Nesttunvassdraget ved utløpet til sjøen i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser (Aanes og Brettum 1989), basert på en () og to (**) målinger.*

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Partikler	Tarmbakterier
1988	IV*	II**	I**	II*	III **
1994	IV	IV	II	-	IV

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Den nedre delen av Nesttunvassdraget er preget av tilførsler av tarmbakterier, og vassdraget har forurensningsgrad 4. Tarmbakterieinnholdet kan, ved de fleste tidspunkt, forklares med tilførsler fra Nesttunvatnet og Myrvatnet, ettersom innholdet av tarmbakterier ved utløpet var lavere enn i Nesttunvatnet som bidrar med de største tilførslene. Målingene i juni og oktober tyder imidlertid på at det også er direkte tilførsler av tarmbakterier til vassdraget nedstrøms disse to innsjøene.

Det ble også observert et høyt innhold av tarmbakterier i den nedre delen av Nesttunvassdraget ved undersøkelsene i 1988 (Aanes og Brettum 1989) og i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Nesttunvassdraget er næringsrikt ved utløpet til sjøen. Vassdraget har store deler av nedslagsfeltet i høyereliggende strøk, og vannføringen i vassdraget er relativt stor. Antatt naturtilstand er satt til 4 : g fosfor pr. liter og 200 : g nitrogen pr. liter også ved utløpet til sjøen (Johnsen mfl. 1992). Dette gir vassdraget en forurensningsgrad for fosfor på 5 og for nitrogen på 4. Det er både kloakktilførsler og landbruksavrenning som gir det høye næringsinnholdet i elva. Næringsrikheten ved utløpet til sjøen synes ikke å ha endret seg vesentlig siden undersøkelsen i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

STOFFTRANSPORT TIL SJØ

Tilførslene av organisk stoff til vassdraget er også høyt, og oksygenforbruket var stort i hele undersøkelsesperioden. Høyeste målte kjemiske oksygenforbruk ble målt i august og var på 7,1 mg O/l. Med en antatt naturtilstand på 3 mg O/l blir forurensningsgraden med hensyn på tilførsler av organisk stoff på 4.



De totale fosfortilførslene til Nordåsvatnet fra dette vassdraget ligger på rundt 3100 kg pr. år. Disse tilførslene kommer delvis som naturlig avrenning fra nedslagsfeltet og delvis fra menneskelige aktiviteter. Ut fra antatt naturtilstand for fosfor på 4 : g pr. liter (Johnsen mfl. 1992), ble de naturlige tilførslene fra nedslagsfeltet beregnet til å utgjøre ca. 400 kg fosfor pr. år. Tilførsler fra antropogene kilder utgjør dermed rundt 2700 kg fosfor pr. år. Nitrogentilførslene til sjøen utgjorde 69,7 tonn pr. år, hvorav ca. 20 tonn skyldes naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. De resterende 50 tonn tilføres på grunn av menneskelige aktiviteter. De totale tilførsler av organisk stoff regnet i organisk karbon ligger på rundt 448 tonn pr. år, med 252 av disse som naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. Disse er regnet ut fra målt kjemisk oksygenforbruk omregnet til mengde organisk karbon (SFT 1989).

Disse beregningene baserer seg på målinger av de enkelte stoffer gjort i de seks månedene i undersøkelsesperioden. Det er ikke tatt målinger på vinteren. Ettersom det i denne delen av landet sjelden er snødekket, vil tilførslene av både fosfor og nitrogen til vassdraget avhenge mer av nedbørmengdene enn årstiden, og målinger fra mai til oktober antas derfor å utgjøre et tilfredsstillende gjennomsnitt for året.

Grimevatnet

Grimevatnet er lite belastet med tarmbakterietilførsler. Innsjøen er middels næringsrik (tabell 4.4), og mottar fosfortilførsler som er dobbelt så store som tålegrensen. Innsjøen har også et moderat innhold av organisk stoff, og belastningen fører ikke til oksygenfrie forhold i bunnvannet. Algemengdene var imidlertid lavere enn ventet i forhold til næringsrikheten, trolig på grunn av spesielle klimatiske forholdene denne sommeren, samt at i arealavrenning fra høyfjellsområder er fosforen ofte ikke direkte tilgjengelig for algevekst. Algesamfunnet i innsjøen tydet imidlertid på mer næringsrike forhold, og blågrønnalger i slekten *Croococcus* dominerte i mai, mens kiselalger, kryptoalger og grønnalger dominerte i juni og august. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av *Cyclops* i mai og juni og av *Bosmina longispina* og *Daphnia longispina* i august.

Ved undersøkelsen i 1989 ble innsjøen karakterisert som lite til middels næringsrik på grunnlag av algeundersøkelser, og det ble ikke registrert tarmbakterier ved denne undersøkelsen (tabell 4.4).

TABELL 4.4. Tilstanden i Grimevatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser basert på to prøver (Aanes og Brettum 1989).

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
1988	-	-	-	I
1994	III	III	II	II

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Grimevatnet har ikke tarmbakterietilførsler som utgjør noen stor belastning på innsjøen. Det ble knapt registrert tarmbakterier ved prøvetakingene, innsjøen tilhører tilstandsklasse II og har forurensningsgrad 2. Dette behøver imidlertid ikke bety at det ikke er kloakktilførsler til innsjøen. Ingen av boligene i nærheten av innsjøen er koblet til offentlig kloakkledningsnett, men i forhold til innsjøens store volum har disse tilførslene liten eller ingen betydning med hensyn på innholdet av tarmbakterier generelt i innsjøen.



TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Grimevatnet er middels næringsrikt. Ettersom størstedelen av innsjøens nedslagsfelt består av høyereliggende fjellområder, antas innsjøen å ha en forventet naturtilstand på 4 : g/l med hensyn på fosfor, og 200 : g/l med hensyn på nitrogen (Johnsen mfl. 1992). Grimevatnet har dermed forurensningsgrad 4 med hensyn på fosfor og forurensningsgrad 3 med hensyn på nitrogen. De totale fosfortilførslene til Grimevatnet er på 250 kg pr. år, og dette er dobbelt så mye som tålegrensen.

Likevel var algemengdene i innsjøen lave, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i meget næringsfattige innsjøer. En av årsakene til de lave algemengdene i denne innsjøen er trolig at i avrenning fra høyfjellsområder er store deler av fosforet ikke direkte tilgjengelig for algeveksten. En annen grunn er de klimatiske forholdene i juni. Det gjennomsnittlige algevolumet i 1989 var på 0,5 mg/l mot 0,1 mg/l i 1994.

Dyreplanktonsamfunnet i Grimevatnet har et stort innslag av moderat store arter som *Daphnia longispina* og store mengder hoppekreps. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Den store vannloppen *Holopedium gibberum* ble også registrert i juni, og sammensetningen av store arter av dyreplankton tyder på at beitepresset fra røya i innsjøen kun er moderat.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Tilførslene av organisk stoff til Grimevatnet har liten betydning for tilstanden i innsjøen, og det kjemiske oksygenforbruket i overflatevannmassene, som gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale, var moderat. Med en forventet naturtilstand anslått til 3 mg O/l har innsjøen forurensningsgrad 2 med hensyn på kjemisk oksygenforbruk. Det ble målt en oksygenmetning på 86 % på 60 meters dyp i oktober, og det er usannsynlig at det er oksygenfritt på 90 meters dyp, spesielt ettersom det reelle oksygenforbruket i dypvannet i innsjøen kun var på 0,17 mg O/l pr. måned. Med et så lavt oksygenforbruk ville det gå hele 6 år før alt tilgjengelig oksygen under 25 meters dyp er oppbrukt.

Myrdalsvatnet

Myrdalsvatnet er ikke belastet med direkte kloakktilførsler. Innsjøen er imidlertid næringsrik (tabell 4.5), og mottar fosfortilførsler som er dobbelt så store som tålegrensen. Innsjøen har også et høyt innhold av organisk stoff, men belastningen er ikke så stor at det fører til oksygenfrie forhold i bunnvannet. Algesamfunnet var variert i mai og juni, og grønnalger dominerte i august. Algemengdene var lavere enn ventet i forhold til næringsrikheten. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av *Cyclops* i mai og av *Bosmina longispina* i august.

Innsjøen synes å være noe mer næringsrik enn for fem år siden, men de to undersøkelsene er vanskelige å sammenligne direkte på grunn av ulik parameterbruk. Innholdet av organisk stoff i innsjøen har imidlertid økt (tabell 4.5).



TABELL 4.5. Tilstanden i Myrdalsvatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen (Aanes og Brettum 1989), basert på en (*) og to (**) prøver.

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
1988	III* (kun tot. N)	III* (bunn)	II*	II***
1994	IV	IV	II	III

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Myrdalsvatnet er ikke belastet med direkte kloakktilførsler, og det ble ikke registrert tarmbakterier i innsjøen i perioden fra mai til september. I oktober var imidlertid innholdet av tarmbakterier meget høyt og innsjøen har derfor forurensningsgrad 4. Trolig er det arealavrenning fra områder med husdyrgjødsel som forurenset vassdraget på dette tidspunktet. Ved undersøkelsen i 1989 ble det også påvist tarmbakterier kun ved ett tidspunkt, og innholdet var i tillegg svært lavt, og det er trolig enkeltepisoder at slik forurensning er til stede.

Det ble ikke påvist tarmbakterier i innløpselva til Myrdalsvatnet fra Stignavatnet verken ved undersøkelsen våren 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993) eller våren 1994 (Bjørklund og Johnsen 1994).

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Myrdalsvatnet er middels næringsrik. Innholdet av fosfor er middels høyt, men innholdet av nitrogen er relativt lavere enn forventet sett i forhold til fosforinnholdet. Ettersom Myrdalsvatnet har store deler av sin avrenning fra høyereliggende områder er forventet naturtilstand satt til 4 : g fosfor pr. liter og til 200 : g nitrogen pr. liter (Johnsen mfl. 1992). Myrdalsvatnet har derfor forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfortilførsler og forurensningsgrad 3 med hensyn på nitrogentilførsler.

Innsjøen mottar betydelige mengder fosfor, og beregninger tyder på at tilførslene er dobbelt så store som innsjøens tålegrense. Ettersom det er relativt større tilførsler av fosfor enn nitrogen kan det tyde på at tilførslene skyldes tilsig fra kloakkummer eller husdyrgjødsel. Arealavrenning fra landområder ville gitt en forholdsmessig større andel av nitrogentilførsler. Innsjøen er mer næringsrik i 1994 enn for seks år siden, og tilførslene bør reduseres dersom en vil forhindre en videre utvikling mot en dårlig vannkvalitet i innsjøen.

Algemengdene i denne innsjøen var også adskillig lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i næringsfattige til middels næringsrike innsjøer. Klimatiske forhold har trolig hatt stor betydning for de lave algemengdene i 1994.

Dyreplanktonsamfunnet i Myrdalsvatnet har et stort innslag av små arter som kun i liten grad er i stand til å regulere algemengdene i innsjøen, og dette gjør at innsjøens selvrensende effekt er liten. Dominansen av små arter tyder på at beitepresset fra planktonspisende fisk i denne innsjøen er relativt stort.



TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Virkningene av tilførsler av organisk stoff til Myrdalsvatnet er moderate, og tilførslerne var ikke store nok til å gi oksygenfrie forhold i bunnvannet i innsjøen. Det reelle oksygenforbruket i bunnvannet var kun på 0,68 mg O/l. Målt kjemisk oksygenforbruk i overflatevannmassene var også moderat i hele perioden, og med en antatt naturtilstand på 4 mg O/l vil forurensningsgraden bli 2.

Oksygeninnholdet i dypvannet i august var på 45 % metning. Forurensningsgraden sett i forhold til det relativt høye oksygeninnholdet gjør at forurensningsgraden for virkningen av tilførsler av organisk stoff samlet sett vurderes til 2.

Byrkjelandsvatnet

Byrkjelandsvatnet er belastet med tilførsler av tarmbakterier, og i perioder er tilførslerne relativt store (tabell 4.6). Innsjøen er også næringsrik, med et høyt innhold av både fosfor og nitrogen. Forholdene med hensyn på næringsrikhet ser ikke ut til å ha endret seg vesentlig de siste årene (tabell 4.6). Belastningen av tilførsler av organisk stoff er også høy, og dette har ført til at innsjøen hadde oksygenfritt bunnvann de nederst 4 meterne av vannsøylen i begynnelsen av august. Tilførslerne av organisk stoff har økt de siste årene.

TABELL 4.6. Tilstanden i Byrkjelandsvatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser basert på en () og to (**) prøver (Aanes og Brettum 1989).*

År	Næringsalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
1988	IV* (kun tot. N)	II*	I*	V**
1994	IV	III	II	III

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Byrkjelandsvatnet er belastet med tilførsler av tarmbakterier, og innsjøen har forurensningsgrad 3. Innsjøen er belastet med både direkte tilførsler og tilførsler i forbindelse med arealavrenning eller overløp på kloakkledningsnett. Det var i 1993 rundt 250 personer i boliger som ikke er knyttet til offentlig kloakkledningsnett i nedslagsfeltet til Byrkjelandsvatnet. De fleste av disse har imidlertid slamavskillere med avrenning til vassdraget (Bjørklund mfl. 1994)

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Byrkjelandsvatnet er næringsrikt. Ettersom store deler av innsjøens nedslagsfelt består av høyereliggende områder, er naturtilstanden for fosfor satt til 4 : g/l og for nitrogen til 200 : g/l (Bjørklund mfl. 1994). Dette gir Byrkjelandsvatnet forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfortilførsler og 4 med hensyn på nitrogentilførsler.

Beregninger av fosfortilførslerne til Byrkjelandsvatnet, viser at innsjøen tilføres nesten 1200 kg fosfor hver år. Teoretiske beregninger av tilførslerne, basert på forhold i nedslagsfeltet, tyder på at bare 860 kg kommer fra nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Det er derfor sannsynlig at fosfor tilføres fra innsjøens egne sedimenter, en tidsavhengig prosess som skjer når bunnvannet er oksygenfritt. Imidlertid er tilførslerne fra nedslagsfeltet trolig underestimert, ettersom bunnvannet i innsjøen kun var oksygenfritt fra begynnelsen av august. Tålegrensen for fosfortilførsler i Byrkjelandsvatnet er imidlertid kun på noe i underkant av 800 kg pr. år, og innsjøen mottar altså 400 kg fosfor hvert år mer enn tålegrensen.



De store fosfortilførslene gjør at algesamfunnet domineres av blågrønnalgen *Anabaena* sp. både i august og september. Algemengdene i Byrkjelandsvatnet var imidlertid små, og gjennomsnittlig algemengde var kun på 0,6 mg/l. Dette er lavere enn observert i 1988 (Aanes og Brettum 1989), som var på 1,1 mg/l.

Dyreplanktonsamfunnet i Byrkjelandsvatnet var dominert av hoppekreps, med dominans av *Cyclops* sp. Det var også innslag av *Daphnia longispina* i siste del av undersøkelsesperioden. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Sammensetningen av dyreplanktonsamfunnet tyder på et moderat beitepress fra fisk i denne innsjøen.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Byrkjelandsvatnet har tilførsler av organisk stoff som gjør at bunnvannet er oksygenfritt fra august. Med en antatt naturtilstand rundt 4 mg O/l på grunn av noe myr i nedslagsfeltet, har innsjøen forurensingsgrad 3 med hensyn på kjemisk oksygenforbruk. Imidlertid fikk innsjøen oksygenfritt bunnvann i august, og samlet sett bør derfor forurensningsgraden settes til 4 med hensyn på virkningen av organisk stoff.

Dette betyr ikke at tilførslene til innsjøen behøver å være spesielt store, men at tilførslene av organisk stoff krever mer oksygen er det som er tilgjengelig i bunnvannet i denne innsjøen. Trolig er algemengdene i innsjøen alene, store nok til å bruke opp alt tilgjengelig oksygen i bunnvannet i denne grunne innsjøen med et lite dypvannsvolum.

Nesttunvatnet

Nesttunvatnet hadde et høyt innhold av tarmbakterier (tabell 4.7), og var den mest kloakkbelastede innsjøen i hele Nesttunvassdraget. Innsjøen er næringsrik, både med hensyn på fosfor og nitrogen. Algemengdene var imidlertid små og tilsvarer mengdene en finner i meget næringsfattige innsjøer. Algegruppene derimot tydet på mer næringsrike betingelser, med dominans av kiselalger og grønnalger, og innslag av blågrønnalger i hele undersøkelsesperioden. Blågrønnalgen *Anabaena* sp. og grønnalgen *Volvox* sp. dominerte i september. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av *Cyclops* i mai og juli, mens *Bosmina longispina* dominerte i juni og august.

Innholdet av organisk stoff var også meget høyt i innsjøen, men den store vanngjennomstrømmingen, med vannutskiftning hver 2. dag, forhindret at de ble oksygenfrie forhold i bunnvannet. Det ser ikke ut til at det har vært særlige endringer i vannkvaliteten i Nesttunvatnet de siste seks årene (tabell 4.7).



TABELL 4.7. Tilstanden i Nesttunvatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser basert på en (*) og tre (***) målinger (Aanes og Brettum 1989).

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Partikler	Tarmbakterier
1988	IV*	III*** (bunn)	II***	II*	V***
1994	IV	IV	II	-	V

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Nesttunvatnet er sterkt belastet med direkte kloakktilførsler, og innsjøen har et meget høyt innhold av tarmbakterier det meste av undersøkelsesperioden. Innsjøen har forurensningsgrad 5. Nesttunvatnet mottar tilrenning både fra Grimevatnet og fra Byrkjelandsvatnet, og begge disse utløpselvene var sterkt kloakkbelastet både ved prøvetakingene i 1988 (Aanes og Brettum 1989), 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993) og på våren i 1994 (Bjørklund og Johnsen 1994). I tillegg hadde elva som renner til Nesttunvatnet fra Helldalen et høyt innhold av tarmbakterier ved undersøkelsen våren- 94 (Bjørklund og Johnsen 1994). Nesttunvatnet tilføres dermed sterkt kloakkbelastet vann fra samtlige tilløpselver. Det luktet imidlertid kloakk på sør-østsiden av selve innsjøen ved veien inn til Sanddalen, ved flere av prøvetakingene, og det er trolig tilførsler av kloakk også direkte til Nesttunvatnet.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Nesttunvatnet er næringsrikt. Naturtilstanden er anslått til 4 : g/l for fosfor og på 200 : g/l for nitrogen ettersom vannføringen i vassdraget er relativt stor, og innsjøen har store deler av avrenningen fra høyere liggende områder (Johnsen mfl. 1992). Nesttunvatnet har derfor forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfortilførsler og forurensningsgrad 4 for nitrogentilførsler.

Det er trolig næringstilførsler både fra kloakk og landbruk til denne innsjøen, men næringstilførslene ser ut til å ha liten betydning for forholdene i innsjøen. Algemengdene i innsjøen var meget lave, og også andelen av blågrønnalger var også relativt beskjeden. Det samme ble funnet ved undersøkelsen i 1988 (Aanes og Brettum 1989). De totale algemengdene var imidlertid enda lavere i 1994 enn i 1988, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i meget næringsfattige innsjøer. Den store gjennomstrømningen i innsjøen, med vannutskiftning 2. hver dag, er trolig årsaken til de lave algemengdene som vanligvis finnes i innsjøen, mens spesielle klimatiske forhold i juni 1994, med ekstremt mye nedbør og lavere temperatur enn normalt, trolig er årsaken til de spesielt lave algemengdene denne sommeren.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Nesttunvatnet har store tilførsler av organisk stoff. Det kjemiske oksygenforbruket, som gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale, var relativt høyt i hele perioden. Både tilrenningen fra Byrkjelandsvatnet og elva fra Helldalen har trolig en naturtilstand med hensyn på kjemisk oksygenforbruk på rundt 4 mg O/l. Disse tilførslene blir imidlertid fortynnet på grunn av tilrenningen fra Grimevatnet, og naturtilstanden i Nesttunvatnet settes derfor til 3 mg O/l. Nesttunvatnet har da forurensningsgrad 4 med hensyn på tilførsler av organisk stoff.



De store tilførsle av organisk stoff fører imidlertid ikke til oksygenfrie forhold i bunnvannet, og Nesttunvatnet hadde samme oksygeninnhold i hele vannsøylen både i mai og i august. Dette skyldes at innsjøen har en meget stor vanngjennomstrømning, med gjennomsnittlig vannutskiftning hver 2-3 dag. Nesttunvatnet må derfor nærmest betraktes som en kulp i elva, uten stabil skiktning.

Myrvatnet

Myrvatnet er belastet med jevnlig tilførsler av tarmbakterier, og i perioder med mye nedbør er disse tilførsleene meget store (tabell 4.8). Innsjøen er også meget næringsrik, med ekstremt høye algemengder. Ingen av de undersøkte innsjøene i Bergen har hatt algemengder opp mot det vi fant i denne innsjøen. Dominerende art var blågrønnalgen *Lyngbya limnetica*. De store algemengdene skyldes at innsjøen er meget næringsrik. Sommeren 1994 var forholdene for dyreplanktonsamfunnet meget dårlig og kun enkeltindivider av *Daphnia longispina* ble funnet gjennom hele undersøkelsesperioden. I september var imidlertid antallet økt noe. Det var også store mengder *Chaoborus flavicans* i innsjøen.

Myrvatnet har også et høyt innhold av organisk stoff (tabell 4.8). Dette førte til at det var oksygenfrie forhold i bunnvannet allerede i begynnelsen av mai, og i august var det oksygen kun i de tre øverste meterne i vannsøylen. Forholdene i innsjøen synes ikke å ha endret seg vesentlig de siste årene (Giske 1986).

TABELL 4.8. Tilstanden i Myrvatnet i 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992).

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
1994	V	IV	I	IV

TILFØRSLER AV TARBBAKTERIER

Myrvatnet har periodevis et meget høyt innhold av tarmbakterier og har derfor forurensningsgrad 4. Utenom disse periodene er det imidlertid også tarmbakterietilførsler til innsjøen, både til overflatevannskiktet og til bunnvannet. Det viser at innsjøen både mottar små jevnlig tilførsler av tarmbakterier, samt at det i perioder med mye nedbør, kommer store bakterietilførsler til innsjøen. Tilførsleene kommer trolig fra boliger med direkte utslipp til innsjøen, samt fra en kloakkum like ved innsjøen renner over i perioder med mye nedbør. Det ble observert store mengder tarmbakterier i innsjøen også ved undersøkelsen i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Myrvatnet er meget næringsrikt, og det er kun Storetveitvatnet og Skeievatnet, av de i alt 29 undersøkte resipientene i Bergen fra 1992-1994, som har et høyere innhold av fosfor. Antatt naturtilstand for innsjøen er satt til 8 : g/l for fosfor og 200 : g/l for nitrogen (Johnsen mfl. 1992). Myrvatnet har dermed forurensningsgrad 5 med hensyn på begge parametere. De store næringsmengdene førte til en kjempeoppblomstring av blågrønnalger. Algemengdene i Myrvatnet var ekstremt høye, og gjennomsnittlig algevolum i Myrvatnet var nesten tre ganger høyere enn noen av de andre undersøkte resipientene i Bergen. I juni og juli dominerte blågrønnalgen *Lyngbya limnetica* fullstendig.

De store næringstilførsleene til Myrvatnet skyldes imidlertid ikke utelukkende tilførsler fra nedslagsfeltet, men også at innsjøen har oksygenfrie forhold i bunnvannet hele sommeren. Ved oksygenfrie forhold i bunnvannet, vil næringsstoffer fra sedimentene frigis, og innsjøen vil få en såkalt indre gjødsling. Dette er næringstilførsler som består av resirkulert fosfor fra sedimentert organisk materiale, og



næringsfrigjøringen øker med økende tid med oksygenfrie forhold. Ved omrøringen i innsjøen vil fosforet komme opp og innsjøen blir enda mer næringsrik.

En annen grunn til de ekstremt høye algemengdene i innsjøen er trolig at det var svært lite dyreplankton i innsjøen denne sommeren. Kun i august ble det funnet mer enn enkeltindivider av *Daphnia longispina*. Av hoppekreps ble det også kun registrert enkeltindivider i hele prøvetakingsperioden. Det ble imidlertid funnet ekstreme mengder av *Chaoborus flavicans* i innsjøen. Av fisk finnes stort sett bare gjedde og ål.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Myrvatnet har tilførsler av organisk stoff som gjør at bunnvannet er oksygenfritt allerede i begynnelsen av mai. Med antatt naturtilstand på 4 mg O/l har Myrvatnet forurensingsgrad 3-4 med hensyn på det kjemiske oksygenforbruket.

Myrvatnet har oksygenfritt bunnvannet allerede i midten av mai. Det reelle oksygenforbruket i bunnvannet var relativt stort, 4,4 mg O/l pr. måned, og var omtrent på samme nivå som i 1983 (Giske 1986). Samlet sett vurderes derfor forurensningsgraden for Myrvatnet til 4 med hensyn på virkningen av tilførsler av organisk stoff.



LITTERATUR SOM OMHANDLER NESTTUNVASSDRAGET

- AANES, J.K & P.BRETTUM, 1989
Nesttunvassdraget og Apeltunvassdraget i Bergen kommune.
En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonen forsommeren 1988.
NIVA rapport nr. 2416, 62 sider.
- BEKKESTAD, F. 1976
Kjemisk og bakteriologisk undersøkelse av Nesttunvassdraget 1.7 -10.7. 1975. Bidrag til konkurransen "Unge forskere" arrangert av Norske Phillips A/S og Norsk Teknisk Museum.
- BEKKESTAD, F. 1977
Hydrokjemisk og sedimentkjemisk undersøkelse av Nesttunvann. (Et eutroft og alkalitroft innsjøsystem i et tettbygd og urbanisert strøk).
- BJØRKLUND, A & G.H.JOHNSEN 1993.
Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk.
Rådgivende Biologer, rapport nr. 79, 35 sider. ISBN 82-7658-009-2
- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994
Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6
- BJØRKLUND, A. & G.H.JOHNSEN 1994.
Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på kloakk, 1994.
Rådgivende Biologer, rapport 121, 29 sider. ISBN 82-7658-030-0.
- GISKE, JARL 1986.
Populasjonsregulerende faktorer hos to arter Daphnia i et vatn uten planktivor fisk.
Hovedfagsoppgave ved Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.
- JOHNSEN, G.H., G.B.LEHMANN & K.BIRKELAND 1992.
Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 6, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3
- JOHNSON, H.T. 1973
Innflytelsen av vannkvalitet og substrat på bunnfaunaen i Byrkjelandsvatnet, Bergen.
Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi ved Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.
- SKULBERG, O. 1965.
Nesttunvassdraget som resipient for kloakkvann.
NIVA O-103/64.



MÅLEDATA

TABELL 4.9. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra Nesttunvassdraget 1994. Innsjøprøvene er tatt som blandeprøver fra de 6 øverste meterne i Grimevatnet og Myrdalsvatnet. I de andre innsjøene er blandeprøvene tatt fra de 4 øverste meterne. Alle prøvene er tatt ved innsjøenes dypeste punkt. I august ble det i tillegg tatt en vannprøve like over bunnen, - også ved innsjøens dypeste punkt. pH og ledningsevne er målt av Rådgivende Biologer, og de andre analysene er utført ved Chemlab Services as. * = Prøvene fra Grimevatnet og Myrdalsvatnet er tatt 25. mai.

STASJON	20.MAI*	15.JUNI	11.JULI	9.AUGUST		8.SEPT.	12.OKT.
				overfl.	bunn		
TERMOSTABILE KOLIFORME BAKTERIER							
Grimevatnet	< 5	< 5		5	< 5		5
Myrdalsvatnet	< 5	< 5		< 5	< 5		55
Byrkjelandsvatnet	5	< 5	65	5	< 5	90	125
Nesttunvatnet	55	< 5	2000	725	1050	1950	415
Myrvatnet	< 5	30	275	30	5	5	145
Utløp ved Hopsfossen	15	20	550	80		310	820
pH							
Grimevatnet	5,99	6,21		6,49	6,46		6,26
Myrdalsvatnet	6,3	6,18		6,58	5,54		6,03
Byrkjelandsvatnet	6,35	6,59	6,26	6,36	6,04	6,53	6,40
Nesttunvatnet	6,47	6,66	6,60	6,62	6,65	6,69	6,61
Myrvatnet	9,72	9,73	9,31	6,67	9,69	7,16	7,01
Utløp ved Hopsfossen	7,03	6,75	6,60	6,68		6,64	6,63
LEDNINGSEVNE, : S/cm							
Grimevatnet	54,5	48,8		44,5	45,8		53,3
Myrdalsvatnet	45,4	41,4		44,7	53,4		51,3
Byrkjelandsvatnet	56,9	51,7	37,8	42,0	66,5	54,6	62,1
Nesttunvatnet	66,1	59,2	51,4	54,1	56,8	60,9	69,1
Myrvatnet	169,7	139,4	118,8	183,9	144,3	155,3	168,0
Utløp ved Hopsfossen	81,1	65,7	57,0	60,3		78,4	78,2
TOTAL FOSFOR, mg P/l							
Grimevatnet	0,015	0,013		0,015	0,012		0,017
Myrdalsvatnet	0,025	0,022		0,023	0,044		0,018
Byrkjelandsvatnet	0,021	0,023	0,021	0,033	0,047	0,028	0,023
Nesttunvatnet	0,063	0,022	0,037	0,032	0,034	0,033	0,026
Myrvatnet	0,102	0,080	0,071	0,038	0,138	0,041	0,065
Utløp ved Hopsfossen	0,042	0,031	0,024	0,031		0,027	0,031
TOTAL NITROGEN, mg N/l							
Grimevatnet	0,371	0,307		0,345	0,314		0,640
Myrdalsvatnet	0,309	0,297		0,312	0,435		0,549
Byrkjelandsvatnet	0,468	0,645	0,589	0,486	0,583	0,475	0,583
Nesttunvatnet	0,495	0,386	0,754	0,505	0,510	0,578	0,814
Myrvatnet	1,266	1,062	1,140	0,501	1,06	0,603	1,34
Utløp ved Hopsfossen	0,521	0,762	0,659	0,553		0,796	0,781
KJEMISK OKSYGENFORBRUK, mg O/l							
Grimevatnet	2,40	3,78		3,13	3,16		3,42
Myrdalsvatnet	3,68	5,87		6,95	5,30		6,65
Byrkjelandsvatnet	4,30	5,61	7,32	7,18	5,62	7,75	6,80
Nesttunvatnet	4,97	4,78	6,89	6,59	7,04	6,28	5,55
Myrvatnet	8,82	8,08	5,56	6,41	4,01	6,02	5,92
Utløp ved Hopsfossen	4,59	5,39	4,08	7,12		5,49	5,31



TABELL 4.10. Temperatur og oksygenmålinger i Grimevatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	25. MAI		15. JUNI		9. AUG.		12. OKT.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	9,0	97	10,7	92	18,6	100	8,1	93
1 m	9,0	97	10,2	92	18,5	99		
2 m	8,9	97	10,1	90	18,5	97		
3 m	8,5	93	9,9	89	18,3	98		
4 m	7,8	93			18,1	95		
5 m	7,2	93	9,8	89	17,7	89		
6 m	7,0	93			14,5	88		
7 m	6,6	93	9,6	89	12,9	88		
8 m	6,1	91			11,4	87		
9 m	5,8	91			10,6	88		
10 m	5,5	90	8,6	89	9,8	88	8,2	100
11 m					9,2	89		
12 m	5,1	89	7,6	89	8,6	89		
13 m					7,9	92		
14 m					7,3	93		
15 m	4,8	88	5,8	89	6,6	92		
16 m					6,1	95		
17 m	4,6	88	5,2	89	5,8	95		
18 m					5,4	96		
19 m					5,2	95		
20 m	4,4	87	4,7	89	5,0	96	7,9	96
25 m	4,2	87	4,4	89	4,7	99		
30 m	4,1	87	4,3	89	4,4	98	7,6	94
35 m	4,0	87			4,2	98		
40 m	4,0	87	4,1	88	4,0	100	5,0	91
45 m	3,9	87			4,0	96		
50 m	3,9	86	4,0	88	3,9	101	4,4	90
55 m	3,9	86			3,9	99		
60 m	3,9	86	4,0	88	3,9	96	4,2	86



TABELL 4.11. Temperatur og oksygenmålinger i Myrdalsvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde. Ved målingene i oktober ble det registrert høyere oksygeninnhold i bunnvannet enn ved målingene i august. Dette skyldes trolig en kalibreringsfeil av måleinstrumentet, og derfor er det målingene i august som er lagt til grunn for vurderingen i innsjøen.

DATO	25. MAI		15. JUNI		9. AUG.		12. OKT.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14,8	92	11,9	89	17,5	104	7,4	95
1 m	14,6	92	12,0	88	17,8	103	7,3	100
2 m	14,3	90	11,1	86	17,8	97	7,2	106
3 m	9,8	101			14,7	78	7,2	114
4 m	7,4	93	10,3	85	12,4	74	7,2	105
5 m	6,6	90			10,0	78	7,2	106
6 m	6,0	86	9,5	84	8,8	82	7,2	106
7 m	5,6	85			8,0	81	7,1	105
8 m	5,3	84	6,0	82	7,0	82	6,8	87
9 m	5,2	83			6,1	79	6,7	89
10 m	5,0	83	5,4	82	5,9	82	6,6	89
11 m					5,3	83	6,7	88
12 m	4,9	83	5,0	81	5,1	83		
13 m					4,9	84	6,6	92
14 m					4,7	85		
15 m	4,6	83	4,7	82	4,6	83	6,4	91
16 m					4,5	83		
17 m	4,5	83	4,5	82	4,5	82	6,1	91
18 m					4,5	77		
19 m					4,5	77	5,4	88
20 m	4,4	83	4,4	82	4,5	77		
25 m	4,3	83	4,4	80	4,4	68	4,9	78
27 m							4,6	75
30 m	4,3	82	4,3	69	4,3	55	4,5	68
32 m			4,3	66	4,3	51		
34 m					4,3	49		
35 m					4,3	45	4,5	64
37 m							4,4	62

TABELL 4.12. Temperatur og oksygenmålinger i Byrkjelandsvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	20. MAI		15. JUNI		11. JULI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	12,3	93	12,1	94	14,7	101	17,4	93
1 m	11,8	96	11,6	91	14,4	99	17,5	92
2 m	10,8	100	11	87	13,5	56	17,4	87
3 m	9,7	105	10,7	85	12,9	96	16,8	71
4 m	7,6	97	10,6	84	12,2	92	14,9	56
5 m	6,7	91	10,4	82	11	84	11,7	57
6 m	6,3	85	7,4	74	9,8	78	10	53
7 m	5,9	81	6,2	66	8,7	65	9,2	28
8 m	5,8	78	5,9	60	7,9	52	7,5	11
9 m	5,6	75	5,8	55	6,4	44	6,8	3
10 m	5,6	72	5,7	52				



TABELL 4.13. Temperatur og oksygenmålinger i Nesttunvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	20. MAI		15. JUNI		11. JULI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	10,1	90	10,6	100	14,2	99	17,6	88
1 m	9,9	88	10,5	99	14,1	96	17,4	89
2 m	9,9	88	10,5	99	14,0	96	17,2	89
3 m	9,9	88	10,5	99	13,9	95	17,1	87
4 m	9,8	89	10,5	99	13,8	95	17,1	89
5 m	9,8	89	10,5	99	13,8	95	17,0	87
6 m	9,8	89	10,5	99	13,8	94	17,0	87
7 m	9,7	89	10,5	99	13,7	94	16,9	87
8 m	9,7	90	10,4	99	13,7	94	16,9	87
9 m	9,7	90	10,4	99			16,9	87
10 m			10,4				16,9	87
11 m								

TABELL 4.14. Temperatur og oksygenmålinger i Myrvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	20. MAI		15. JUNI		11. JULI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14,1	135	13,1	150	15,6	140	19,4	148
1 m	13,1	170	13,1	160	14,3	143	19,2	145
2 m	9,0	115	10,8	101	13,8	148	18,6	142
3 m			10,3	86	11,2	96	14,2	5
4 m	7,3	95	10,0	82	10,4	35	11,2	
5 m	6,5	85	9,4	80	9,0	41	10,2	
6 m	5,9	84	5,9	78	7,3	49	8,2	
7 m	5,7	84	5,6	74	6,0	41	6,2	
8 m	5,6	76	5,5	67	5,7	32		
9 m	5,4	68			5,5			
10 m	5,3	63	5,3	46	5,3			
11 m	5,1	55						
12 m	4,9	47	5,0					
13 m	4,8	21						
14 m	4,7	7						
15 m	4,5							



TABELL 4.15 Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i tre prøver fra Grimevatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 6 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	25.MAI		15. JUNI		9.AUG.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)						
Synedra sp.	0,0153	0,0077	0,0306	0,0153		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)						
Ankistrodesmus sp.	0,0459	0,0046				
Ankistrodesmus spp.					0,0765	0,0077
Coelosphaerium sp.					0,0153	0,0153
Ankyra judai					0,0153	0,0061
Elakatothrix sp.	0,0153	0,0023	0,0153	0,0015		
Chlorophyceae sp.					0,005	0,0002
Sphaerocystis sp.					0,002	0,0005
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)						
Chryptomonas sp.	0,0153	0,0153	0,0153	0,0153	0,005	0,005
Rhodomonas sp.	0,0153	0,0011			0,138	0,0138
GULLALGER (Chrysophyceae)						
Dinobryon borgei					0,0153	0,0014
Dinobryon sp.	0,0153	0,0031	0,0306	0,0092	0,002	0,0006
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)						
Chroococcus sp.	0,0765	0,0765				
Cyanophyceae sp.	0,750	0,0105	0,643	0,0026		
FLAGELLATER OG MONADER						
Flagellater og monader > 5: m	0,505	0,0571	0,0918	0,0104	0,168	0,0302
Flagellater og monader < 5: m	1,590	0,0223	1,590	0,0223	1,859	0,0260
TOTALT	3,0439	0,2005	2,4166	0,0766	2,3014	0,1068



TABELL 4.16. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i tre prøver fra Myrdalsvatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 6 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	25.MAI		15. JUNI		9.AUG.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)						
Tabellaria flocculosa	0,019	0,038	0,001	0,002		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)						
Ankistrodesmus spp.			0,122	0,0122	0,0153	0,0015
Ankistrodesmus sp.	0,0765	0,0077				
Ankyra judai			0,0153	0,0077	0,0153	0,0061
Closterium sp.					0,001	0,003
Staurastrum sp.					0,002	0,008
Chlorophyceae spp.			0,0153	0,0021		
Sphaerocystis sp.	0,004	0,0011	0,138	0,0094	1,882	0,941
KRYPTOALGER (Cryptophyceae)						
Chryptomonas sp.	0,122	0,1220				
Rhodomonas sp.	0,0153	0,0011	0,0153	0,0009	0,168	0,0168
GULLALGER (Chrysophyceae)						
Dinobryon spp.	0,0153	0,0031	0,0459	0,0138		
Mallomonas sp.	0,0153	0,0153				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)						
Chroococcus sp.	0,0306	0,0306				
Cyanophyceae spp.			0,337	0,0013		
Cyanophyceae sp.	0,0918	0,0008				
FLAGELLATER OG MONADER						
Flagellater > 5 : m	0,495	0,0559	0,0918	0,0104	0,138	0,0156
Flagellater < 5: m	1,436	0,0316	1,521	0,0061	1,590	0,0223
TOTALT	2,3208	0,3072	2,3026	0,0659	3,8116	1,0143



TABELL 4.17. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i fire prøver fra Byrkjelandsvatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandep prøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	20.MAI		15. JUNI		11.JULI		9.AUG.		8.SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Asterionella formosa			0,002	0,001	0,001	0,001				
Synedra sp.			0,107	0,054						
Tabellaria flocculosa			0,061	0,122						
Ubest.sentr. diatomeer							0,015	0,008		
Ubest.pen. diatomeer			0,077	0,038					0,015	0,008
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankistrodesmus sp.	0,092	0,009								
Ankistrodesmus spp.			0,413	0,041	0,26	0,026	0,092	0,009	0,245	0,025
Ankyra judai					0,046	0,023				
Dictyosphaerium sp.			0,008	0					0,153	0,021
Elakathothrix sp.			0,061	0,006						
Chlorophyceae sp.	0,031	0,001	0,306	0,005						
Closterium sp.							0,001	0,001		
Staurastrum sp.							0,001	0,004	0,003	0,012
Pandorina sp.									0,184	0,07
Scenedesmus sp.									0,092	0,006
sphaerocystis sp.			0,015	0,014	0,107	0,056	0,428	0,115	0,077	0,021
KRYPTOALGER (Cryptophyceae)										
Chryptomonas sp.	0,046	0,046	0,002	0,002	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031	0,031
Rhodomonas sp.	0,077	0,005	0,168	0,01	0,643	0,039	0,643	0,064	0,168	0,017
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon sp.					0,077	0,015	0,352	0,106		
Dinobryon divergens			0,061	0,012						
Mallomonas sp.	0,015	0,015	0,015	0,023	0,046	0,032			0,015	0,011
Synura sp.					0,061	0,031	0,138	0,069		
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Gymnodinium sp.	0,046	0,028			0,046	0,009				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Chroococcus sp.									0,031	0,003
Anabaena spp.			2,076	0,018						
Anabaena sp.							0,673	0,337	1,698	0,306
Lyngbya limnetica			0,673	0,202	0,001	0,001				
C.f. Aphanocapsa sp.	3,718	0,015	0,78	0						
C.f. Merismopedia sp.					0,122	0,001				
Merismopedia sp.									0,015	0
Cyanophyceae spp.			0,061	0,003	0,046	0	0,046	0,037		
FLAGELLATER OG MONADER										
Flagellater > 5 :m	0,505	0,057	0,275	0,031	0,837	0,095	1,499	0,27	1,521	0,172
Flagellater < 5: m	0,398	0,009	1,668	0,023	1,369	0,045	3,042	0,043	3,803	0,053
TOTALT	4,927	0,185	6,83	0,607	3,677	0,388	6,961	1,092	8,188	0,755



TABELL 4.18. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i fire prøver fra Nesttunvatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	20.MAI		15. JUNI		11.JULI		9.AUG.		8.SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Tabellaria flocculosa	0,004	0,01	0,002	0	0,002	0,004				
Asterionella formosa			0,001	0					0,004	0
Synedra sp.									0,015	0,01
Fragilaria sp.			0,184	0,15						
Ubest.sentr. diatomeer			0,031	0,01	0,002	0,002				
Ubest.penn. diatomeer	0,015	0,01	0,031	0,02	0,046	0,023				
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankistrodesmus spp.			0,214	0,02	0,107	0,011	0,031	0,003	0,015	0
Ankistrodesmus sp.	0,015	0								
Closterium sp.			0,001	0,01						
Dictyosphaerium sp.			0,004	0						
Nephrocytium sp.			0,061	0						
Tetraedron sp.	0,061	0,03	0,001	0						
C.f.Coelastrum sp.							0,012	0,02		
Chlorophyceae sp.							0,015	0,031	0,031	0,01
Chlorophyceae spp.			0,133	0,04						
Scenedesmus sp.									0,031	0
Staurastrum sp.									0,001	0
Volvox sp. (kolonier)									0,001	0,1
Sphaerocystis sp.			0,046	0,04			0,093	0,011	0,013	0
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)										
Chryptomonas sp.			0,031	0,03	0,001	0,001	0,001	0,001		
Rhodomonas sp.	0,046	0	0,092	0,01	0,122	0,007	0,122	0,012	0,031	0
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon divergens			0,017	0						
Mallomonas sp.	0,015	0,02	0,002	0						
Synura sp.									0,001	0
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Gymnodinium sp.	0,031	0,02								
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Chroococcus sp.	0,015	0,02								
Lyngbya limnetica			0,077	0,02	0,015	0,001				
C.f.Aphanocapsa sp.	0,398	0								
Anabaena sp.									0,23	0,04
Cyanoph. sp.1 (kjeder)									0,015	0
Cyanoph.sp.2(kolonier)									0,001	0
Cyanophyceae spp.			0,26	0	0,541	0,002				
Cyanophyceae sp.	0,107	0								
FLAGELLATER OG MONADER										
Flagellater > 5 : m	0,505	0,06	0,413	0,05	0,761	0,086	0,536	0,061	0,321	0,04
Flagellater < 5: m	0,413	0,01	1,331	0,02	1,002	0,014	2,028	0,028	2,377	0,01
TOTALT	1,626	0,16	2,93	0,48	2,599	0,151	2,838	0,167	3,087	0,22



TABELL 4.19. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i fire prøver fra Myravatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	20.MAI		15. JUNI		11.JULI		9.AUG.		8.SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Surirella sp.			0,015	0,015						
Tabellaria flocculosa									0	0,006
Synedra sp.	1,074		0,107	0,054			0,015	0,008		
Stephanodiscus sp	0,031	0,007								
Ubest.sentr.diat.	0,14	0,031								
Ubest.penn. diat.			0,031	0,015	0,015	0,007			0,02	0,008
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Scenedesmus sp.									0,03	0,002
Ankistrodesmus sp	0,015	0,002					0,428	0,043		
Coelastrum sp.	0,474	0,105								
Tetraedron sp.			0,031	0,01						
Chlorophyceae spp			0,061	0,001						
Chlorophyceae sp.	0,122	0,001					0,015	0,007		
Nephrocytium sp.	0,031	0,001								
Eudorina sp.	2,938	0,649					0,429	0,032		
Sphaerocystis sp							0,168	0,088		
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)										
Chrytomonas sp.	3,872	19,36	2,053	6,159	1,267	6,335	0,015	0,015	0,05	0,046
Rhodomonas sp.	1,659	0,116	0,015	0,001	0,031	0,002	0,031	0,003	0,18	0,018
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Mallomonas sp.	0,015	0,015	0,031	0,031	0,046	0,032				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Peridinium sp.							0,015	0,015		
Gymnodinium sp.					0,015	0,015				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Lyngbya limnetica			14,45	4,335	46,24	13,87	57,04	28,52		
FLAGELLATER OG MONADER										
Flagell.> 5 :m	1,749	0,198	1,673	0,189	0,507	0,057	0,627	0,071	0,17	0,019
Flagell. < 5:m	3,259	0,046	1,901	0,063	1,056	0,015	1,166	0,016	1,6	0,006
TOTALT	15,38	20,85	20,37	10,87	49,18	20,34	59,96	28,82	2,04	0,105



TABELL 4.20. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i tre prøver fra Grimevatnet i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen, og de er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	25. MAI	15. JUNI	9. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)			
Daphnia longispina	175	350	900
Bosmina longispina	250	400	600
Holopedium gibb.		300	10
HOPPEKREPS (COPEPODA)			
Cyclops sp.	5000	3000	20
Nauplii	750	500	1500
Calanoide	600	2000	1800
ROTATORIER			
Conochilus kolonier		få	en god del
Conochilus unicornis	få	få	en del
Ploesoma sp.			få
Kellicottia longispina	mye	veldig mye	mye
Keratella cochlearis	få	en del	få
Keratella hiemalis		en del	få

TABELL 4.21. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i tre prøver fra Myrdalsvatnet i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	25. MAI	15. JUNI	9. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)			
Daphnia longispina	10	100	200
Bosmina longispina	150	120	1800
Holopedium gibb.	100	160	175
Diaphanosoma	100	25	150
Bythotrephes longimanus			6
Polyphemus pediculus			2
HOPPEKREPS (COPEPODA)			
Cyclops sp.	650	150	90
Nauplii	300	3000	250
Calanoide	50	375	600
ROTATORIER			
Polyarthra		få	
Conochilus kolonier		en del	
Conochilus unicornis	få	en god del	få
Ploesoma	få	få	
Kellicottia longispina	mye	en del	en god del
Keratella cochlearis	en del	en del	en del
Keratella hiemalis	en del	en del	en del



TABELL 4.22. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i månedlige prøver fra Byrkjelandsvatnet i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	20. MAI	15. JUNI	11. JULI	9. AUGUST	8. SEPT.
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
Daphnia longispina		6	10	110	20
Bosmina longispina		10	4	8	
Diaphanosoma		4			1
Holopedium		12			
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
Cyclops sp.	400	30	300	700	90
Nauplii	700	40	2000	350	20
Calanoide	15	225	700	175	200
ROTATORIER					
Filina longiseta sp.		1	få	veldig lite	veldig lite
Trichocera sp.		1			
Ploesoma sp.		få		3-4	
Asplanchna priodonta	få	få	få		mye
Conochilus koloni		få	få	få	litt
Conochilus unicornis	få	få	veldig lite	veldig lite	
Kellicottia longispina	få	få	få	få	få
Keratella cochlearis	få	veldig mye	mye	få	få
Keratella hiemalis	få	veldig mye	få	få	få



TABELL 4.23. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i månedlige prøver fra Nesttunvatnet i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	20. MAI	15. JUNI	11. JULI	9. AUGUST	8. SEPTEMBER
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
Daphnia longispina	6	2	15	20	125
Bosmina longispina	7	25	20	210	65
Chydoridae	1				
Diaphanosoma	5				
Polyphemus pediculus		1	1	1	1
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
Cyclops sp.	60		60	9	12
Nauplii	220	100		2	2
Calanoide	10	25	7	7	9
ROTATORIER					
Ploesoma hudsoni		litt			3
Filina sp.					1
Rotatorie sp.		litt			
Asplanchna sp.	få	få	veldig lite	veldig lite	30
Trichoceride sp.			6-7		
Kellicottia longispina	få	få	litt	30	1
Keratella cochlearis	få	få	litt	veldig lite	10
Keratella hiemalis	få	litt		veldig lite	12
ANDRE					
Acari	7				

TABELL 4.24. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i månedlige prøver fra Myrvatnet i perioden mai til september 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	25. MAI	15. JUNI	11. JULI	9. AUGUST	8. SEPTEMBER
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
Daphnia longispina		3	15	250	6000
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
Cyclops sp.			få	1	
Nauplii				2	
ROTATORI					
Polyarthra				en god del	
Rotatorie	få	mye	mye		veldig mye
Filinia sp.	få		få	få	
Kellicottia longispina		15			
Keratella cochlearis	få	mye		en god del	1
Keratella hiemalis	få	veldig mye	få	en god del	
ANDRE					
Acari		1			

5. APELTUNVASSDRAGET



INNHOILDSFORTEGNELSE

))

- BESKRIVELSE side 129
- TILSTAND side 131
 - UTLØPET TIL SJØEN side 131
 - TRANEVATNET side 132
 - IGLEVATNET side 136
 - APELTUNVATNET side 140
- VURDERING side 145
 - UTLØPET TIL SJØEN side 145
 - TRANEVATNET side 146
 - IGLEVATNET side 147
 - APELTUNVATNET side 149
- LITTERATUR FRA APELTUNVASSDRAGET side 151
- MÅLEDATA side 152

))



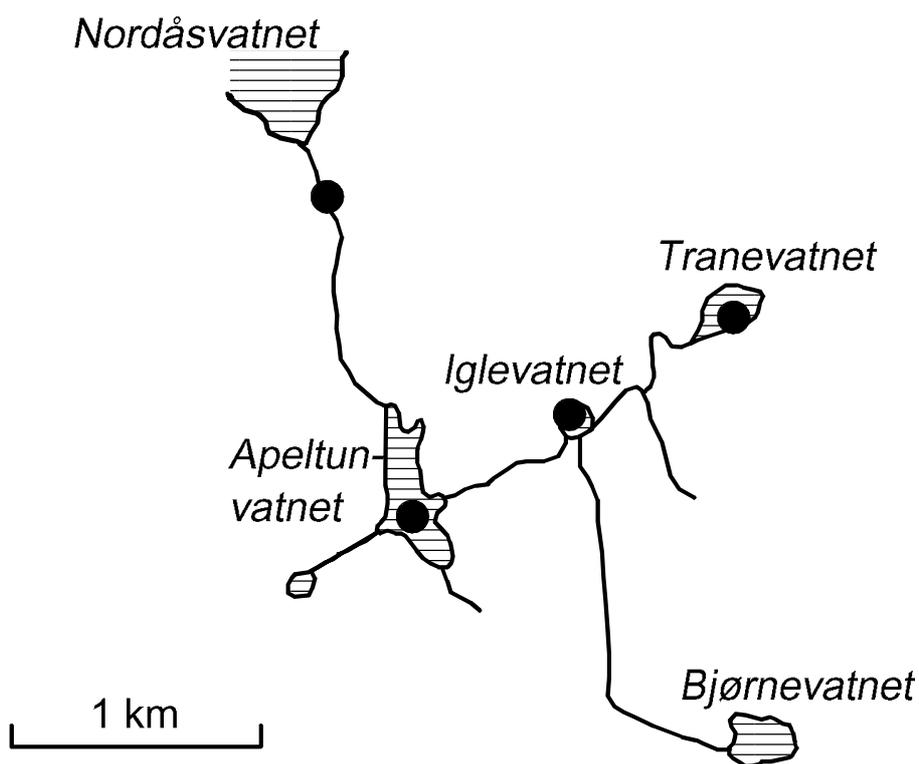


KORT BESKRIVELSE AV APELTUNVASSDRAGET

Apeltunvassdraget ligger i Fana og har utløp til Nordåsvatnet (figur 5.1). Vassdraget har flere innsjøer; Tranevatnet og Bjørnevatnet er de to øverste. Disse renner til Iglevatnet som igjen renner videre til Apeltunvatnet. Apeltunvatnet er vassdragets største innsjø og herfra renner vassdraget ut i Nordåsvatnet.

Vassdragets nedslagsfelt er på 6,8 km², og den nedre delen består hovedsaklig av tettbebygde områder. Mye av tilrenningen kommer imidlertid også fra høyreliggende områder, der berggrunnen domineres av fattige bergarter uten særlige løsmasseavsetninger. Naturtilstanden er derfor satt til 4 : g fosfor pr. liter og 200 : g N pr. liter i de øvre deler og til 8 : g fosfor pr. liter og 250 : g nitrogen pr. liter i de nedre deler (Johnsen mfl. 1992). Nedslagsfeltet ligger i et område med årlig middelavrenning som ligger rundt 60 l/s pr. km² (NVE 1987), vassdragets middelvannføring til sjø er på 408 liter pr. sekund, eller 12,9 millioner m³ årlig.

Vassdraget er undersøkt av NIVA i 1988 (Aanes & Brettum 1989), og det ble tatt bakteriologiske prøver på et par steder i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).



FIGUR 5.1. Kart over de sentrale deler av Apeltunvassdraget med prøvetakingsstasjonene inntegnet.



Tranevatn (LM 987 909, 54 meter over havet), har en del skog og noe tettbebyggelse i nedslagsfeltet (tabell 5.1), der det bor omtrent 70 personer i boliger som ikke er knyttet til offentlig avløpssystem. Det er ikke husdyrdrift i nedslagsfeltet. Tranevatnet er en relativt grunn innsjø, med vannutskiftning omtrent hver 2-3 måned (tabell 5.2). Innsjøen er tidligere undersøkt i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

TABELL 5.1. Arealfordeling i delnedslagsfeltene til innsjøene i Apeltunvassdraget. Alle tall er i km² (Bjørklund mfl. 1994).

INNSJØ	DEL FELT	SKOG	DYRKET	ANNET
Tranevatnet	0,67	0,3	0	0,37
Iglevatnet	2,64	0,9	0,5	1,24
Apeltunvatnet	2,72	1,54	0,71	0,47

TABELL 5.2. Morfologiske og hydrologiske data for innsjøene i Apeltunvassdraget (Bjørklund mfl. 1994).

INNSJØ	AREAL (km ²)	MAKS DYP (meter)	SNITT DYP (meter)	VOLUM (mill. m ³)	UTSKIFTIN G (ganger/år)	HYDR.BE Lm ³ /m ² /år.
Tranevatnet	0,0459	14	5,5	0,254	5,0	27,62
Iglevatnet	0,0178	12	4,5	0,076	82,4	351,86
Apeltunvatnet	0,126	29	9,8	1,23	7,76	75,46

Iglevatnet (LM 982 905, 50 meter over havet) ligger sentralt i vassdraget og får tilrenning fra både Tranevatnet og Bjørnevatnet. Skog og tettbebyggelse utgjør store deler av det lokale nedslagsfeltet. Det bor omtrent 273 personer i nedslagsfeltet i boliger som ikke er knyttet til noe offentlig avløpssystem (Bjørklund mfl. 1994). Det er noe landbruksdrift i området opp mot Bjørnevatnet. Iglevatnet er en liten og grunn innsjø, og den store vanntilrenningen gjør at vannet skiftes ut omtrent hver 4. dag. Innsjøen er tidligere undersøkt i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

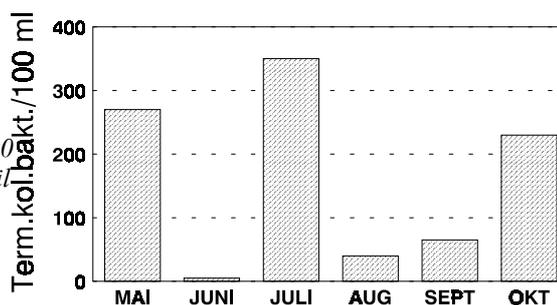
Apeltunvatnet (LM 975 908, 32 meter over havet) er vassdragets lavestliggende innsjø. Innsjøen får tilrenning fra Iglevatnet og fra en elv som kommer fra området opp mot Rådalen. Det er noe landbruksdrift i nedslagsfeltet, og det bor omtrent 281 personer i nedslagsfeltet, i boliger som ikke er knyttet til noe offentlig avløpssystem. Apeltunvatnet har vannutskiftning i gjennomsnitt hver sjette uke. Innsjøen er tidligere undersøkt i 1988 (Aanes og Brettum 1989), og det ble tatt bakteriologiske prøver i innløpselva fra Iglevatnet i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993).



TILSTAND VED UTLØPET TIL SJØEN

TARMBAKTERIER

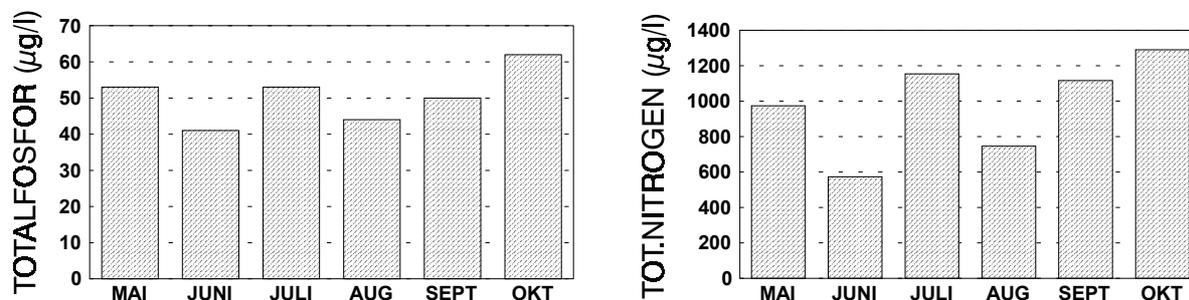
Det ble funnet et relativt høyt innhold av tarmbakterier i vassdraget ved utløpet til sjøen gjennom hele prøvetakingsperioden (figur 5.2). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i juli, men også i mai og oktober var tarmbakterieinnholdet høyt. På grunn av de høye konsentrasjonene i juli klassifiseres elva i tilstandsklasse IV. Ved undersøkelsen i 1988 (Aanes og Brettum 1989) og i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993) ble det også funnet tarmbakterier ved utløpet av vassdraget.



FIGUR 5.2. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Apeltunvassdraget ved utløpet til Nordåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7).

NÆRINGSFORHOLD

Apeltunvassdraget er meget næringsrikt ved utløpet til sjøen, og innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt gjennom hele undersøkelsesperioden (figur 4.3). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 50,5 : g/l og av nitrogen på 976 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse V for både fosfor og nitrogen. Innholdet av næringsstoffer synes å være omtrent på samme nivå som i 1988 (Aanes og Brettum 1989).



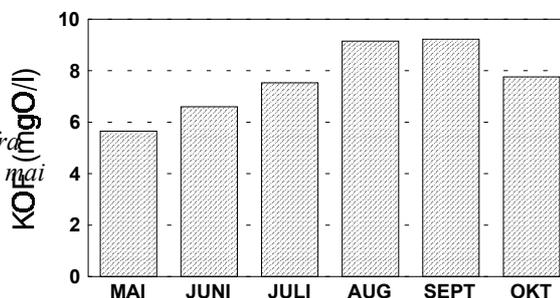
FIGUR 5.3. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver fra Apeltunvassdraget ved utløpet til Nordåsvatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 5.7).

KJEMISK OKSYGENFORBRUK

Det kjemiske oksygenforbruket var også høyt i hele undersøkelsesperioden. Høyest oksygenforbruk ble målt i september og var da på 9,22 mg O/l (figur 5.4). Dette klassifiserer utløpet av Apeltunvassdraget i tilstandsklasse IV, som er nest dårligste klasse. Det kjemiske oksygenforbruket i den nedre delen av vassdraget er på samme nivå som ved undersøkelsen i 1988, da høyeste kjemiske oksygenforbruk var på 8,8 mg O/l (Aanes og Brettum, 1989).



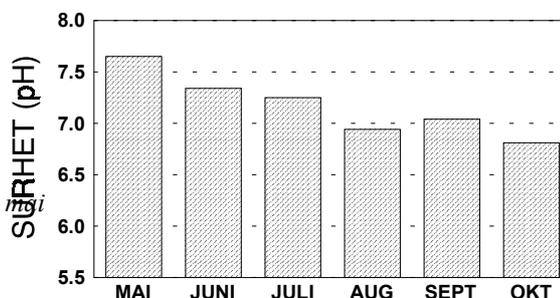
FIGUR 5.4. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Apeltunvassdraget ved utløpet til Nordåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7).



SURHET

Det er gode forhold med hensyn på surhet i den nedre delen av Apeltunvassdraget. pH ligger rundt det nøytrale, med laveste pH på 6,8 målt i oktober (figur 5.5).

FIGUR 5.5. pH-verdier i månedlige prøver fra Apeltunvassdraget ved utløpet til Nordåsvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7).

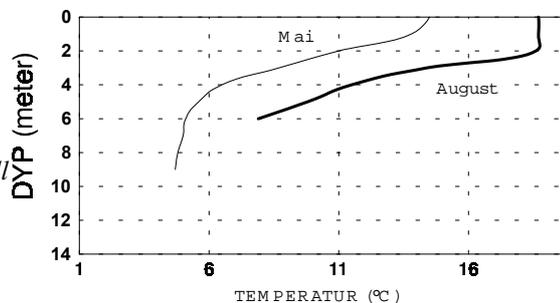


TILSTAND I TRANEVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Tranevatnet hadde en temperatursprangskiktning som lå rundt 3-4 meter gjennom hele sommeren (figur 5.6). Våromrøringen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen trolig i begynnelsen av november i denne grunne innsjøen.

FIGUR 5.6. Temperaturprofiler for Tranevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i 19. mai og 9. august 1994 (tabell 5.8).

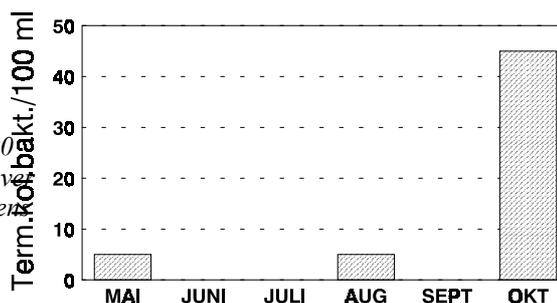




TARMBAKTERIER

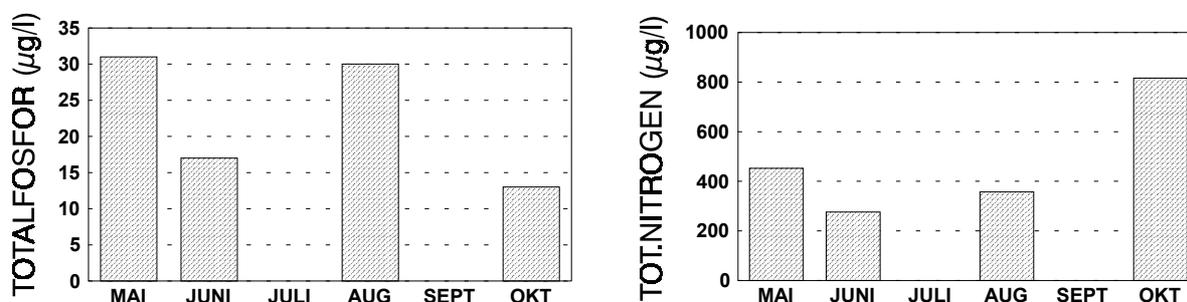
Innholdet av tarmbakterier i Tranevatnet lå vanligvis under 6 termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml. I oktober var imidlertid tarmbakteriekonsentrasjonen på 45 bakterier pr. 100 ml (figur 5.7), og Tranevatnet klassifiseres derfor i tilstandsklasse II. Ved undersøkelsen av dypvannet i august ble det ikke funnet tarmbakterier. Også i 1988 var innholdet av tarmbakterier meget lavt (Aanes og Brettum 1989).

FIGUR 5.7. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i fire prøver fra Tranevatnet 1994. Det ble ikke tatt prøver i juli og september. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 5.7).



NÆRINGSFORHOLD

Tranevatnet er næringsrikt (figur 5.8). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 23 : g/l og av nitrogen på 475 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og tilstandsklasse III for nitrogen. Dette er adskillig høyere enn i 1988 da innholdet av totalfosfor i juli ble målt til 5 : g P/l (Aanes og Brettum 1989).



FIGUR 5.8. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i fire prøver fra Tranevatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt som blandepøver fra de fire øverste meterne i vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt.

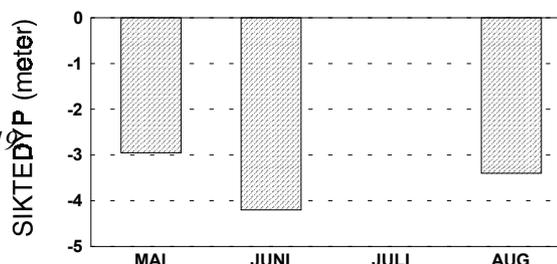
Dersom en beregner fosfortilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar 52 kg fosfor pr. år. Dette er noe i overkant av de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 43 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). Tranevatnet har imidlertid oksygenfrie forhold bunnvannet hele sommeren, og innsjøen tilføres fosfor også fra egne sedimenter i slike perioder, såkalt indre gjødsling.

Innsjøens tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og Tranevatnet har en tålegrense på kun 35 kg fosfor pr. år. Overskridelsene er dermed på 17 kg fosfor pr. år.



Siktedypet i Tranevatnet var på 3,5 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Laveste siktedyp på 3,0 meter ble målt i juni (figur 5.9).

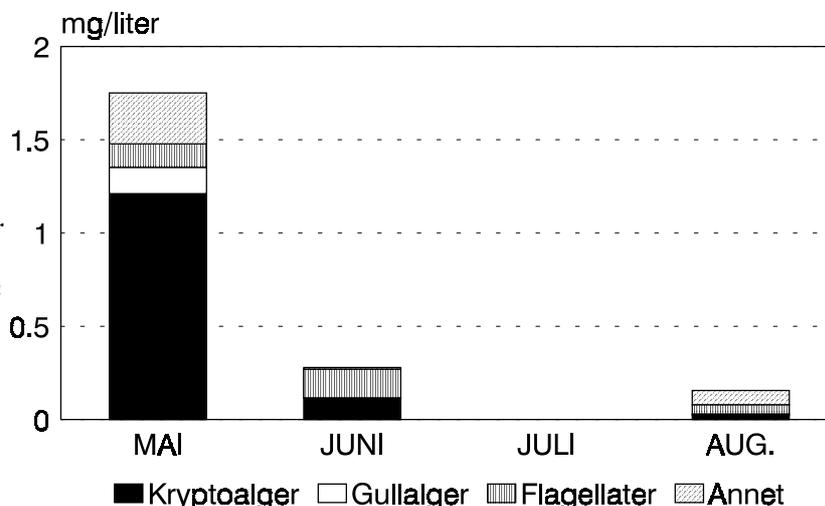
FIGUR 5.9. Siktedyp målt med Secci-skive i Tranevatnet 19. mai 15. juni og 9. august 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Tranevatnet i tre prøver i perioden mai til august 1994 var kun på 0,73 mg/liter. Største algemengder ble funnet i mai (figur 5.10), da kryptoalger fra slekten *Chryptomonas* dominerte. Ellers var algesamfunnet variert uten dominans av enkeltarter. Det ble imidlertid funnet små mengder blågrønnalger ved samtlige prøvetakingstidspunkter (tabell 5.11).

Algemengden var lavere enn ventet ut fra innholdet av næringsstoffer. Dette kan ha sammenheng med at avrenning fra skogsområder ofte har fosfor som ikke er direkte tilgjengelig for algeveksten. I tillegg har det trolig sammenheng med de klimatiske forholdene i 1994 med en kald juni med store nedbørmengder. De målte algemengdene i 1994 var imidlertid høyere enn i 1988 da gjennomsnittlig algevolum var på 0,58 mg/l, men den gang var innholdet av fosfor kun en femtedel av innholdet i 1994 (Aanes og Brettum 1989).

FIGUR 5.10. Mengder av de forskjellige algetyper i tre prøver fra Tranevatnet sommeren 1994 (tabell 5.11). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.

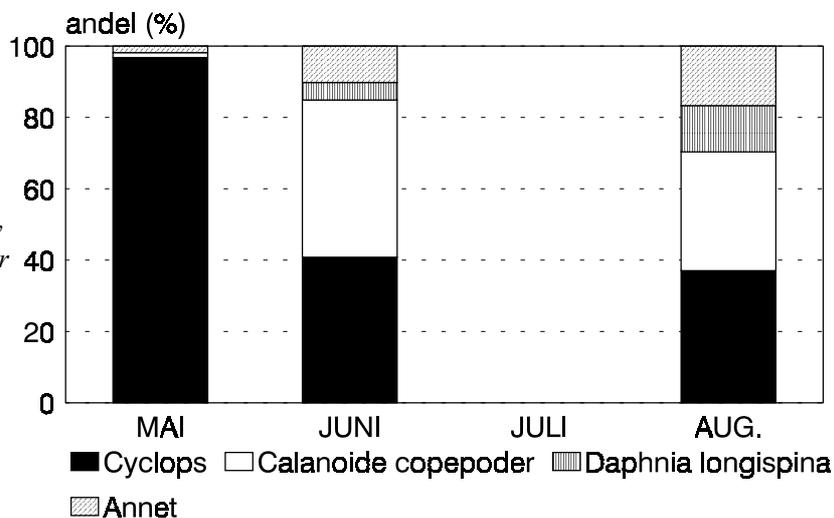


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Tranevatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. *Cyclops* var den antallsmessig dominerende i første del av sesongen, mens de kalanoide hoppekrepsene var viktige i juni og august (figur 5.11). Det ble imidlertid også funnet små mengder vannlopper, *Daphnia longispina*, i hele perioden, og spesielt i august utgjorde disse en større del av dyreplanktonsamfunnet. I juni og juli var også slekten *Diaphanosoma* tilstede (tabell 5.14). Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Asplanchna pridonata* (tabell 5.14).



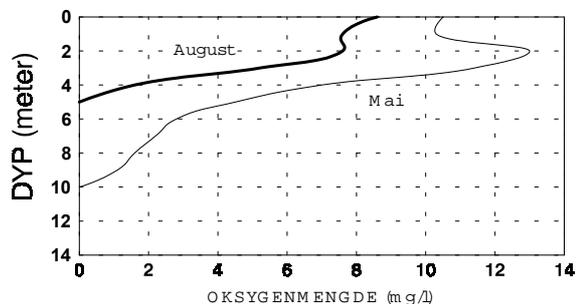
FIGUR 5.11. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i tre prøver fra Tranevatnet sommeren 1994 (tabell 5.14). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



OKSYGENFORHOLD

Oksygenforbruket i dypvannet i Tranevatnet var meget høyt, og allerede i mai var det oksygenfrie vannmasser under 10 meters dyp (figur 5.12). I august var det kun de fem øverste meterne i innsjøen som fremdeles hadde oksygen. Det reelle månedlige oksygenforbruket i dypvannet var moderat og var på 1,74 mg O/l.

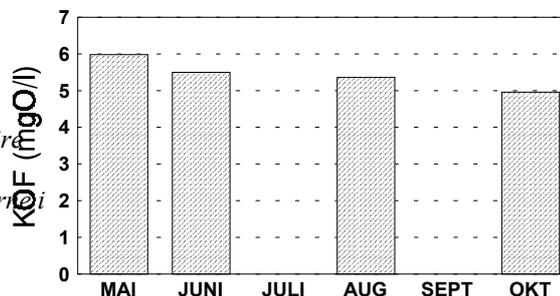
FIGUR 5.12. Oksygenprofiler for Tranevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 19. mai og 9. august 1994 (tabell 5.8). Prøvene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar sonde og tatt ved innsjøens dypeste punkt.



Det kjemiske oksygenforbruket i overflatevannet, som gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale, var også høyt, med høyeste verdi på 6,0 mg O/l i mai (figur 4.13). Dette klassifiserer innsjøen i tilstandsklasse III. Ved undersøkelsen av dypvannet i august var imidlertid oksygenforbruket i bunnvannet høyere enn i overflatevannskiktet (tabell 5.7). Dette er også adskillig høyere verdier enn det som ble funnet ved undersøkelsen i 1988, da det kjemiske oksygenforbruket var på 3,3 mg O/l i overflatevannet og på 4,2 mg O/l i bunnvannet (Aanes og Brettum 1989).



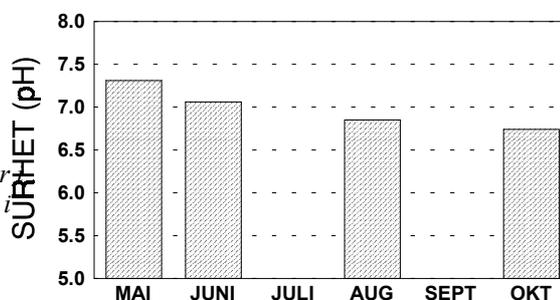
FIGUR 5.13. Kjemisk oksygenforbruk i Tranevatnet ved fire tidspunkter i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de fire øverste meter i vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Tranevatnet har pH-verdier nær det nøytrale, og laveste målte pH-verdi ble målt i oktober og var på 6,7 (figur 5.14).

FIGUR 5.14. pH-verdier i Tranevatnet ved fire tidspunkter i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

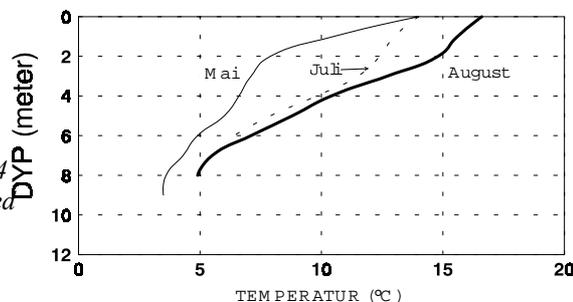


TILSTANDEN I IGLEVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Iglevatnet hadde en lite markert temperaturskiktning som lå rundt 1 meter i mai, og rundt 4 meter i august (figur 4. 15). Skiktningforholdene i denne innsjøen er sterkt preget av den store vannutskiftningen. Høstomrøringen skjer trolig i begynnelsen av november i denne grunne innsjøen, mens våromrøringen er avsluttet innen midten av april.

FIGUR 5.15. Temperaturprofiler for Iglevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 19. mai, 11. juli og 9. august 1994 (tabell 5.9). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.

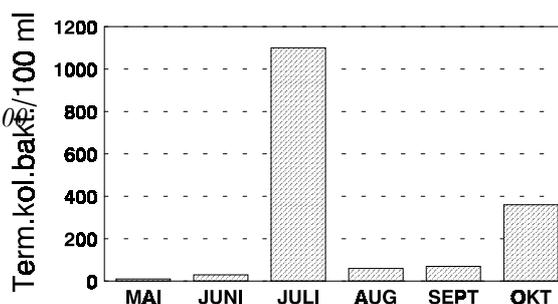




TARMBAKTERIER

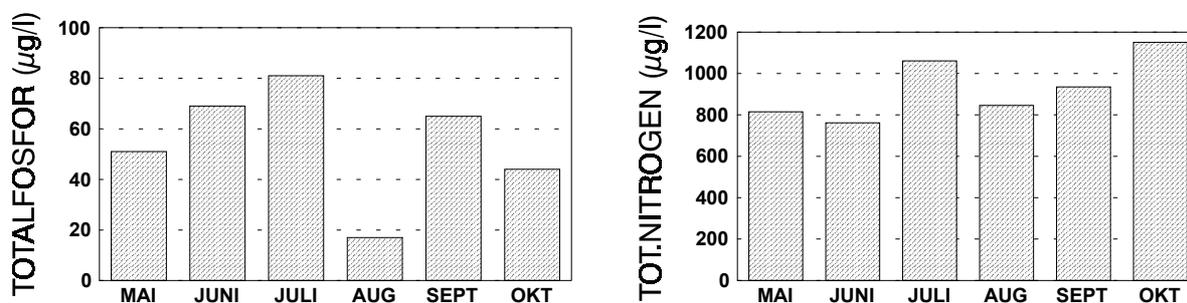
Iglevatnet er sterkt belastet med tarmbakterietilførsler, og det ble registrert tarmbakterier i Iglevatnet ved samtlige prøvetakinger (figur 5.16). I juli var tilførslene spesielt store og på grunn av disse høye konsentrasjonene klassifiseres Iglevatnet i tilstandsklasse V. Det ble registrert tarmbakterier i Iglevatnet også i 1988 (Aanes og Brettum 1989).

FIGUR 5.16. Antall termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Iglevatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 5.7).



NÆRINGSFORHOLD

Iglevatnet er næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt i hele undersøkelsesperioden (figur 5.17). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 55 : g/l og av nitrogen på 928 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse IV for fosfor og tilstandsklasse III for nitrogen. Ved undersøkelsen av bunnvannet i august var innholdet av begge næringsstoffer adskillig høyere enn i overflatevannet på samme tidspunkt. Innholdet av fosfor var på 250 : g/l og av nitrogen på 2400 : g/l (tabell 5.7). Innsjøen var adskillig mer næringsrik enn i 1988 da innholdet av fosfor i juli bare var på 13 : g/l (Aanes og Brettum 1989). Innholdet av nitrogen synes imidlertid å ligge på omtrent det samme nivået i år som den gang.



FIGUR 5.17. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Iglevatnet i perioden fra mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt som blandepøver av de seks øverste meterne i vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt.

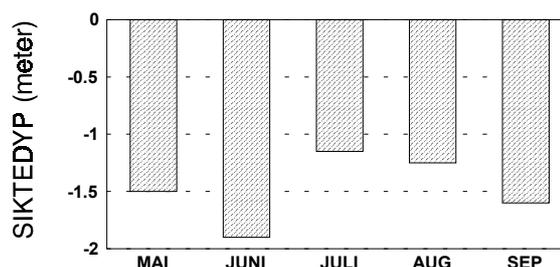
Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar nesten 390 kg fosfor pr. år. Dette er mer enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 200 kg pr. år, som er basert på arealbruk og kloakeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994). De høye verdiene for fosfor i dypvannet viser at indre gjødsling også bidrar med fosfortilførsler i denne innsjøen.



Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Iglevatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på rundt 120 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på nesten 170 kg fosfor pr. liter og Iglevatnet mottar dermed tilførsler av fosfor som er 100 % over tålegrensen.

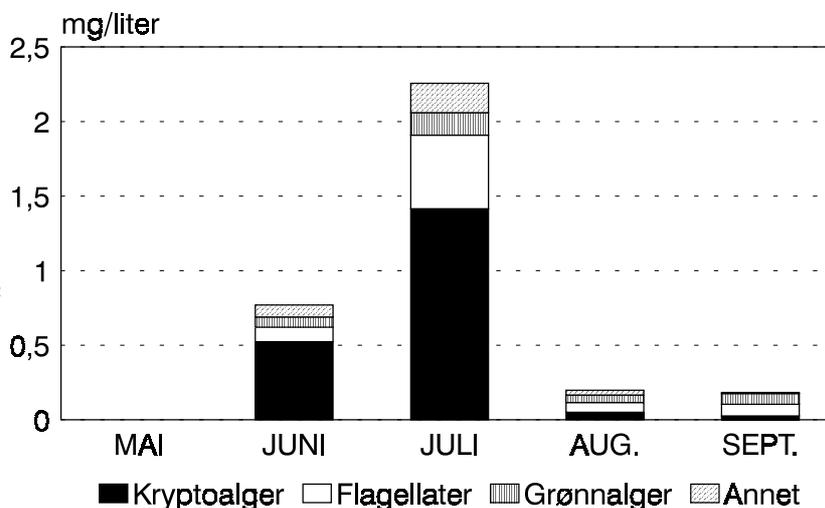
Siktedypet i Iglevatnet var på 1,5 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Laveste siktedyp på 1,15 meter ble målt i juli og høyeste på 1,9 meter ble målt i juni (figur 5.18).

FIGUR 5.18. Siktedyp målt med Secci-skive i månedlige prøver fra Iglevatnet i perioden mai til oktober 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.



Det gjennomsnittlige algevolumet i Iglevatnet i perioden juni til september 1994 var på 0,85 mg/l. Største mengder ble funnet i juli (figur 5.19). Kryptoalger dominerte i juni og juli, der henholdsvis slektene *Chrytomonas* og *Rhodomonas* dominerte disse månedene. I august og september var det ikke noen klar dominans av verken arter eller grupper (tabell 5.12). Den store vannutskiftningen i innsjøen har stor betydning for den lave algemengdene i innsjøen.

FIGUR 5.19. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Iglevatnet i perioden juni til september 1994 (tabell 5.12). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt.

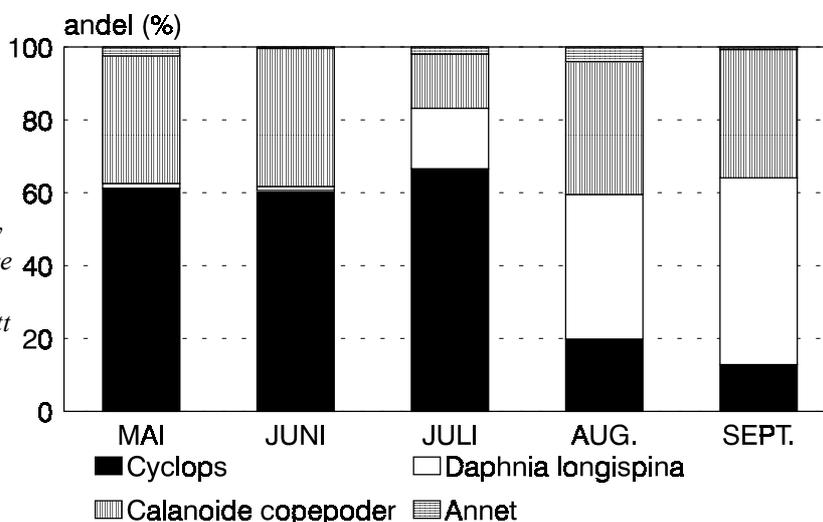


DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Iglevatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) i hele undersøkelsesperioden. *Cyclops* var den antallsmessige dominerende i den første delen av undersøkelsesperioden, mens de kalanoide hoppekrepsene utgjorde en større andel i siste del av perioden (figur 5.20). Det ble imidlertid også funnet vannlopper, *Daphnia longispina*, i betydelige mengder på slutten av undersøkelsesperioden. Det ble også funnet andre vannlopper hvorav *Diaphanosoma* var den viktigste (tabell 5.15). Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Asplanchna pridonata* (tabell 5.15).



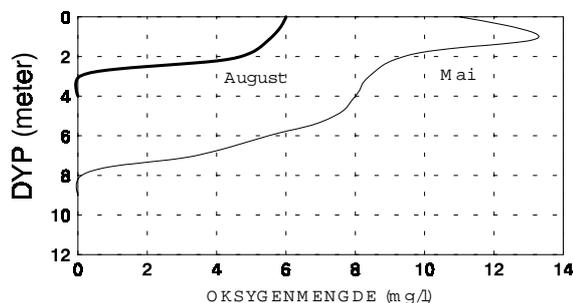
FIGUR 5.20. Prosentvis andel av planktoniske krepsdyr i månedlige prøver i Iglevatnet sommeren 1994 (tabell 5.15). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



OKSYGENFORHOLD

Iglevatnet hadde oksygenfrie forhold på 9 meters dyp allerede i midten av mai (figur 5.21), og ved målingene i august var det kun de tre øverste meterne i vannsøylen som hadde oksygenrikt vann. Ved prøvetakingen i august luktet det H₂S av dypvannsprøven. Det reelle månedlige oksygenforbruket var meget høyt, og var på hele 5,70 mg O/l.

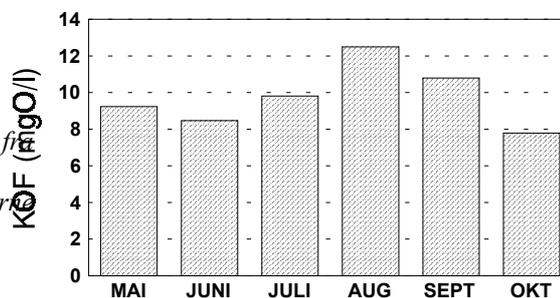
FIGUR 5.21. Oksygenprofiler for Iglevatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 19. mai og 9. august 1994 (tabell 5.9). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Oksygenforbruket i overflatevannskiktet var også høyt, og det kjemiske oksygenforbruket var høyest i august og var da på 12,5 mg O/l (figur 5.22). I bunnvannet var det kjemiske oksygenforbruket på 11,5 mg/l på samme tidspunkt. Det høye oksygenforbruket i dypvannet kan også skyldes et høyt forbruk ved oksydering av H₂S. Likevel ligger det kjemiske oksygenforbruket i hele undersøkelsesperioden så høyt at innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse IV med hensyn på innhold av organisk stoff. I 1988 ble det målt et kjemisk oksygenforbruk på 6,3 mg O/l (Aanes og Brettum 1989), og forholdene har dermed forverret seg sterkt de siste seks årene.



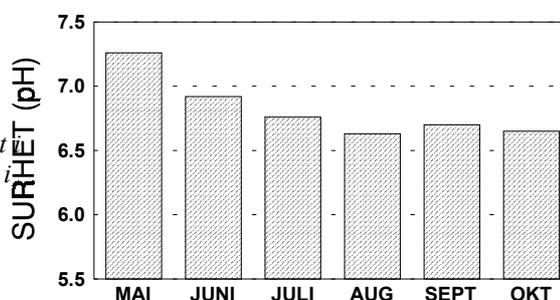
FIGUR 5.22. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Iglevatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt som blandeprøven fra de fire øverste meter i vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Iglevatnet har gode forhold med hensyn på surhet, lavest pH ble målt i august og var da på 6,63 (figur 5.23).

FIGUR 5.23. pH-verdier i månedlige prøver fra Iglevatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.

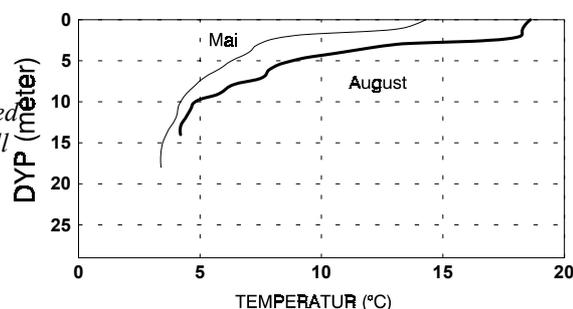


TILSTANDEN I APELTUNVATNET

TEMPERATURFORHOLD

Apeltunvatnet hadde en temperaturskiktning som lå rundt 2 meter i mai og rundt 4 meter i august (figur 5.24). Våromrøringen i innsjøen skjer vanligvis i midten av april og høstomrøringen i slutten av november.

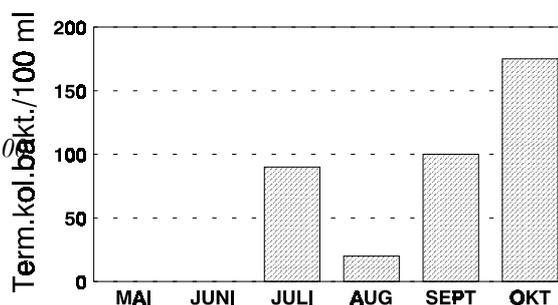
FIGUR 5.24 Temperaturprofiler for Apeltunvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt i 19. mai og 9. august 1994 (tabell 5.10). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.





TARMBAKTERIER

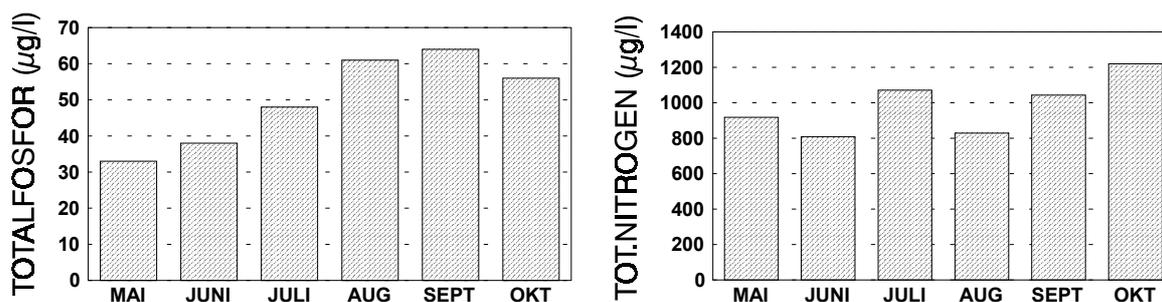
Det ble funnet tarmbakterier i Apeltunvatnet ved samtlige prøvetakinger etter juni, og tarmbakterieinnholdet var periodevis høyt (figur 5.25). Høyest innhold ble funnet i september og oktober. På grunnlag av konsentrasjonene i oktober klassifiseres Apeltunvatnet i tilstandsklasse III. Det ble også registrert tarmbakterier i bunnvannet i august, men disse var meget små. Dette viser at tarmbakterietilførslene hovedsakelig skjer til overflateskiktet i innsjøen, og at temperatursprangskiktet fungerer som en sperre mot at tilførslene spres seg til dypvannet i skiktningsperioden. Ved undersøkelsen i 1988 ble det også registrert store mengder tarmbakterier i denne innsjøen, og det ble funnet tarmbakterier i begge innløpselvene (Aanes og Brettum 1989).



FIGUR 5.25. Antall termotabile koliforme bakterier pr. 100 ml i månedlige prøver fra Apeltunvatnet i perioden mai til oktober 1994. Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt (tabell 5.7).

NÆRINGSFORHOLD

Apeltunvatnet er meget næringsrikt. Innholdet av både fosfor og nitrogen var høyt hele sesongen, men fosforinnholdet var spesielt høyt i siste del av undersøkelsesperioden (figur 5.26). Gjennomsnittlig innhold av fosfor var på 50 : g/l og av nitrogen på 982 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse V for begge parametere. Variasjonen i næringsinnhold følger i stor grad variasjonen som ble observert i det tilrennede Iglevatnet. Innsjøen var næringsrik også i 1988, men fosforinnholdet var noe lavere og lå på 43 : g/l (Aanes og Brettum 1989). Nitrogeninnholdet var på omtrent samme nivå.



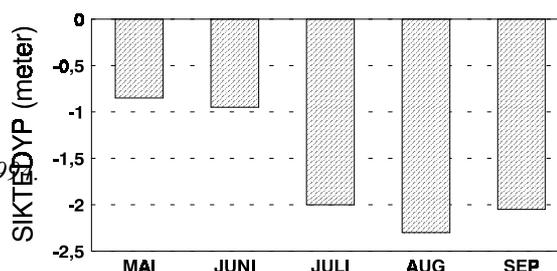
FIGUR 5.26. Konsentrasjoner av totalfosfor (til venstre) og totalnitrogen (til høyre) i månedlige prøver i Apeltunvatnet fra mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøven er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne i innsjøen.

Dersom en beregner tilførslene til innsjøen ut fra målte fosforkonsentrasjoner i vannet i hht. Berge (1987), viser beregningene for 1994 at innsjøen mottar 890 kg fosfor pr. år. Dette er noe mer enn de tidligere teoretisk beregnede tilførslene på 611 kg pr. år, som er basert på arealbruk og klokkeringsforhold i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994).



Innsjøers tålegrense for fosfortilførsler kan også beregnes teoretisk (Berge 1987), og beregninger for Apeltunvatnet viser at innsjøen kun har en tålegrense på rundt 190 kg fosfor pr. år, og overskridelsene er dermed på hele 700 kg fosfor pr. år.

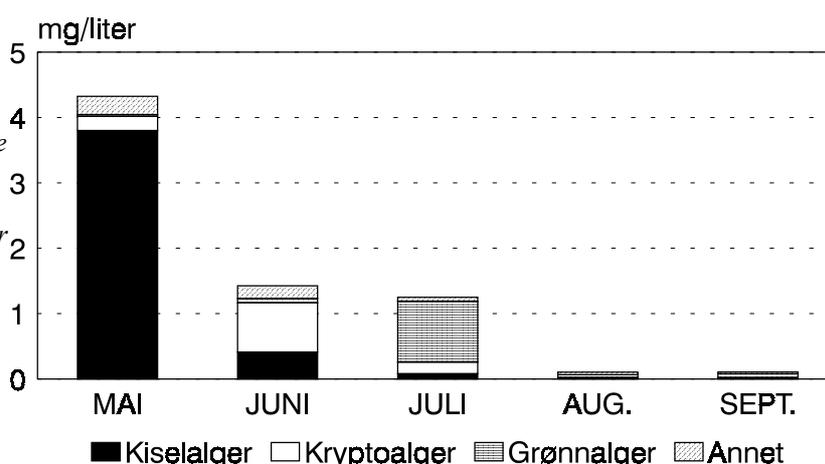
Siktedypet i Apeltunvatnet var på 1,6 meter i gjennomsnitt i undersøkelsesperioden. Laveste siktedyp på 0,85 meter ble målt i august og høyeste på 2,3 meter ble målt i mai (figur 5.27). Variasjonen i siktedyp samsvarer relativt godt med variasjonen i algemengder.



FIGUR 5.27. Siktedyp målt med Secci-skive i månedlige målinger fra Apeltunvatnet i perioden mai til september 1994. Målingene er gjort ved innsjøens dypeste punkt.

Det gjennomsnittlige algevolumet i Apeltunvatnet i perioden mai til september var moderat og var på 1,4 mg/liter. Største algemengder ble funnet i mai (figur 5.28). Algemengdene i innsjøen er imidlertid lavere enn forventet ut fra det høye innholdet av næringsstoffer. Kiselalger dominerte i første del av undersøkelsesperioden, der slekten *Synedra* var viktigst (tabell 5.13). Grønnalgen *Ankyra judayi* dominerte i juli, en alge som trives godt i meget nitrogenrikt vann. I den siste delen av prøvetakingsperioden var algemengdene svært små.

Algemengdene i 1988 var omtrent like store som i 1994, da de var på 1,6 mg/l i gjennomsnitt (Aanes og Brettum 1989). Innholdet av fosfor var imidlertid lavere den gang, og en kunne forvente en høyere algemengde i dag.



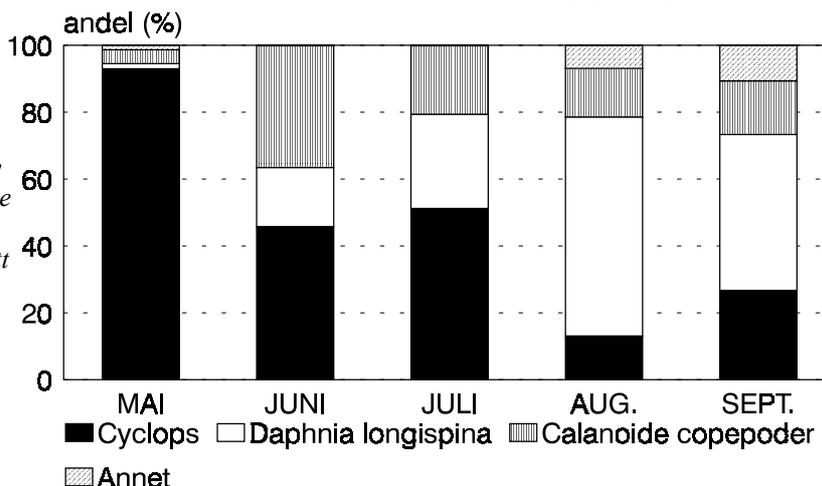
FIGUR 5.28. Mengder av de forskjellige algetyper i månedlige prøver fra Apeltunvatnet sommeren 1994 (tabell 5.13). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne ved innsjøens dypeste punkt.



DYREPLANKTON

Dyreplanktonsamfunnet i Apeltunvatnet hadde en stor andel av hoppekreps (Copepoda) spesielt i den første delen av undersøkelsesperioden, og slekten *Cyclops* var den antallsmessige dominerende (figur 5.29). Det ble imidlertid også funnet store mengder vannlopper i siste del av perioden der *Daphnia longispina* utgjorde hovedmengden. Vannloppene *Bosmina longispina* og individer fra slekten *Diaphanasoma* var også til stede (tabell 5.16). Hjuldyrsamfunnet var dominert av *Kellicottia longispina* og *Keratella hiemalis*.

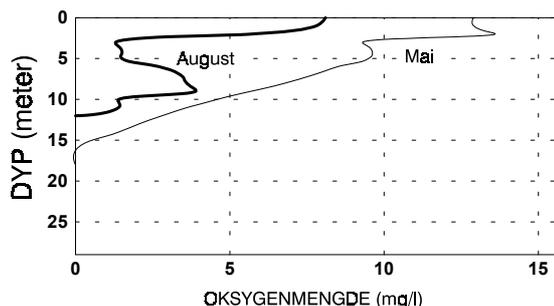
FIGUR 5.29. Prosentvis andel av planktoniske krepser i månedlige prøver i Apeltunvatnet sommeren 1994 (tabell 5.16). Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen.



OKSYGENFORHOLD

Oksygenforbruket i dypvannet i Apeltunvatnet var relativt stort. Innsjøen er 29 meter dyp, og det ble registrert oksygenfrie forhold på 16 meters dyp allerede i mai (figur 5.30). Det reelle månedlige oksygenforbruket var på 2,44 mg O/l. I august var det oksygenfritt på 12 meter. Det store oksygenvinnet på 4-5 meters dyp i august (figur 5.30), skyldes at dødt organisk materiale stanser litt opp like over temperatursprangskiktet. Dette gir et ekstra stort oksygenforbruk i denne delen av vannsøylen.

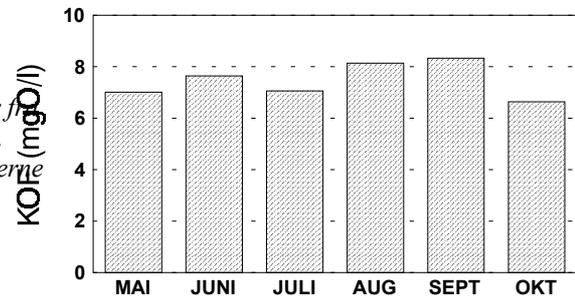
FIGUR 5.30. Oksygenprofiler for Apeltunvatnet målt ved innsjøens dypeste punkt 19. mai og 9. august 1994 (tabell 5.10). Målingene er utført med et YSI-instrument med nedsenkbar elektrode.



Det kjemiske oksygenforbruket hadde høyeste verdi på 8,3 mg O/l i september (figur 5.31). Dette klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse IV med hensyn på innhold av organisk stoff. I 1988 ble det målt et kjemisk oksygenforbruk på 5,7 mg O/l (Aanes og Brettum 1989), og forholdene har dermed forverret seg noe de siste seks årene. I Iglevatnet har imidlertid tilførslene av organisk stoff endret seg drastisk, og det er derfor trolig at den mindre økningen i Apeltunvatnet er forårsaket av tilrenning fra Iglevatnet. Ved undersøkelsen i august var det kjemiske oksygenforbruket i bunnvannet lavere enn i overflatevannskiktet og var på 6,11 mg/l på samme tidspunkt.



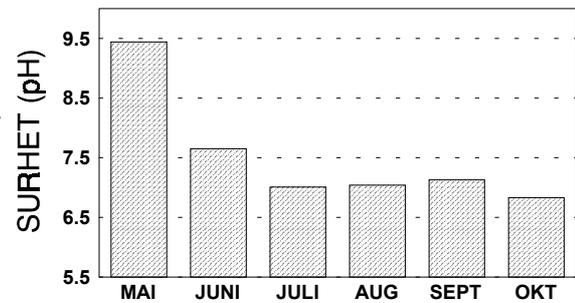
FIGUR 5.31. Kjemisk oksygenforbruk i månedlige prøver fra Apeltunvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne ved innsjøens dypeste punkt.



SURHET

Apeltunvatnet har gode forhold med hensyn på surhet, lavest pH ble målt i oktober og var da på 6,83 (figur 6.32).

FIGUR 6.32. pH-verdier i månedlige målinger i Apeltunvatnet i perioden mai til oktober 1994 (tabell 5.7). Prøvene er tatt i overflaten ved innsjøens dypeste punkt.





VURDERING

Utløpet til sjø

Apeltunvassdraget er meget næringsrikt, og har et høyt innhold av organisk stoff. Vassdraget er også sterkt belastet med tilførsler av tarmbakterier, og i perioder er tilførslene meget store. Tilstanden i den nedre delen av vassdraget har ikke endret seg særlig de siste seks årene (tabell 5.3).

TABELL 5.3. Tilstanden i Apeltunvassdraget ved utløpet til sjøen i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen (Aanes og Brettum 1989). 1988: n=3, 1994: n=6.

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Metaller	Partikler	Tarmbakterier
1988	V	IV	I	-	II-III	V
1994	V	IV	I	-	-	IV

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Den nedre delen av Apeltunvassdraget er belastet med tarmbakterietilførsler både fra det ovenforliggende Apeltunvatnet og fra området mellom Apeltunvatnet og utløpet til sjøen. Det ble alltid registrert tarmbakterier i elva, og i perioder var innholdet meget høyt, og elven har forurensningsgrad 4.

Innholdet av tarmbakterier ved utløpet var høyere enn i Apeltunvatnet, og det må derfor være tilførsler til elva nedstrøms Apeltunvatnet. Samvariasjonene i tarmbakteriekonsentrasjonene i forhold til nedbørmengdene, mellom Apeltunvatnet og utløpet til sjøen, tyder på at direkte utslipp er en viktig forurensningskilde til vassdraget nedstrøms Apeltunvatnet.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Apeltunvassdraget er meget næringsrikt ved utløpet til sjøen. Antatt forventet naturtilstand med hensyn på fosfor er satt til 8 : g fosfor pr. liter og 250 : g nitrogen pr. liter (Johnsen mfl. 1992), og vassdraget har dermed forurensningsgrad 5 for fosfor og 4 for nitrogen. Variasjonen i fosforkonsentrasjonene samvarierer med tarmbakteriekonsentrasjonene, og tyder på at utløpselva forurenses av kloakk, og at dette er viktigste næringstilførselskilde i utløpselva.

STOFFTRANSPORT TIL SJØ

Tilførslene av organisk stoff til vassdraget er også høyt, og oksygenforbruket var meget stort i hele undersøkelsesperioden. Høyest forbruk ble målt i august og september. Naturtilstanden med hensyn på kjemisk oksygenforbruk er satt til 4 mg O/l, og vassdraget har dermed forurensningsgrad 4. De totale fosfortilførslene til sjøen fra dette vassdraget ligger på rundt 650 kg pr. år. Disse tilførslene kommer delvis som naturlig avrenning fra nedslagsfeltet og delvis fra menneskelige aktiviteter. Ut fra antatt naturtilstand for fosfor på 8 : g pr. liter (Johnsen mfl. 1992), ble de naturlige tilførslene fra nedslagsfeltet beregnet til å utgjøre ca. 100 kg fosfor pr. år. Tilførsler fra antropogene kilder utgjør dermed rundt 550 kg fosfor pr. år.



Nitrogentilførslene til sjøen utgjorde 12,6 tonn pr. år, hvorav ca. 3,2 tonn skyldes naturlige tilførsler fra nedslagsfeltet. De resterende 9,4 tonn tilføres på grunn av menneskelige aktiviteter. De totale tilførsler av organisk stoff regnet i organisk karbon ligger på omtrent 82,9 tonn pr. år. Disse er regnet ut fra målt kjemisk oksygenforbruk omregnet til mengde organisk karbon (SFT 1989). De naturlige tilførslene av organisk stoff utgjør omtrent 43,3 tonn organisk karbon.

Disse beregningene baserer seg på målinger av de enkelte stoffer gjort i de seks månedene i undersøkelsesperioden. Det er ikke tatt målinger på vinteren. Ettersom det i denne delen av landet sjelden er snødekke, vil tilførslene av både fosfor og nitrogen til vassdraget avhenge mer av nedbørmengdene enn årstiden, og målinger fra mai til oktober antas derfor å utgjøre et tilfredsstillende gjennomsnitt for året.

Tranevatnet

Tranevatnet er lite belastet med tarmbakterietilførsler. Innsjøen er næringsrik (tabell 5.4), og mottar fosfortilførsler som er 50 % større enn tålegrensen. Algemengdene var lavere enn ventet i forhold til næringsrikheten. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av hoppekreps i hele perioden, hvorav *Cyclops* dominerte i mai. Vannloppene *Daphnia longispina* ble også funnet i hele undersøkelsesperioden. Innsjøen har et moderat innhold av organisk stoff, men belastningen fører til oksygenfrie forhold i bunnvannet allerede i mai. Vannkvaliteten i Tranevatnet er dårligere i 1994 enn ved undersøkelsen for seks år siden. Både innholdet av næringsstoffer og innholdet av organisk stoff har økt (tabell 5.4).

TABELL 5.4. Tilstanden i Tranevatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen basert på en () og to (**) prøver (Aanes og Brettum 1989).*

År	Næringsalter	Organisk stoff	Forsuring	Tarmbakterier
1988	II*	II*	I*	II**
1994	IV	III	I	II

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Tranevatnet har ikke tarmbakterietilførsler som er noen stor belastning på innsjøen. Det ble knapt registrert tarmbakterier ved noen prøvetaking, og innsjøen tilhører tilstandsklasse II og har forurensningsgrad 2. Det er trolig ingen direkte kloakktilførsler til innsjøen. Ved undersøkelsen i 1988 ble det også kun registrert meget små konsentrasjoner av tarmbakterier.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Tranevatnet er næringsrikt. Naturtilstanden med hensyn på fosforinnhold er antatt å ligge rundt 4 : g/l, for nitrogen rundt 200 : g/l (Johnsen mfl. 1992), og Tranevatnet har derfor forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfor og 3 med hensyn på nitrogen. Innsjøen er mer næringsrik i dag enn for fem år siden (tabell 5.4). De totale fosfortilførslene til Tranevatnet er på rundt 50 kg fosfor pr. år, beregnet ut fra målte konsentrasjoner i innsjøen. Tilførslene fra nedslagsfeltet utgjør imidlertid bare 40 kg pr. år (Bjørklund mfl. 1994), men Tranevatnet har oksygenfritt bunnvann hele sommeren, vil innsjøen vil derfor også ha fosfortilførsler fra egne sedimenter, såkalt indre gjødsling. Innsjøens tålegrense er imidlertid kun på 35 kg fosfor pr. år, og tilførslene fra nedslagsfeltet er dermed bare så vidt større enn innsjøens tålegrense. Mesteparten av tilførslene fra nedslagsfeltet skyldes trolig tilsig fra slamavskillere, og det er kun små reduksjoner i disse tilførslene som skal til for å komme under innsjøens tålegrense.



Algemengdene i innsjøen var større enn det som ble observert for seks år siden, men lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen. Gjennomsnittlig algemengde på 0,7 mg/l tilsvarer mengdene en vanligvis finner i innsjøer i overgangssonen mellom næringsfattige og middels næringsrike. Lavere algemengder enn forventet ble imidlertid observert i omtrent samtlige av de undersøkte resipientene i Bergen i 1994, og det er derfor sannsynlig at det har sammenheng med de klimatiske forholdene i juni 1994.

Dyreplanktonsamfunnet i Tranevatnet var dominert av *Cyclops* i hele perioden, men innslaget av *Daphnia longispina* økte i siste del av perioden. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Sammensetningen av dyreplanktonsamfunnet tyder på et lavt beitepress fra fisk i denne innsjøen.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Tranevatnet har et moderat innhold av organisk stoff. Det kjemiske oksygenforbruket i overflatevannmassene, som gjenspeiler mengden lett nedbrytbart organisk materiale, var moderat, og forventet naturtilstand med hensyn på kjemisk oksygenforbruk er satt til 4 mg O/l på grunn av innslag av myr i nedslagsfeltet. Innsjøen har dermed forurensningsgrad 2-3 men hensyn på kjemisk oksygenforbruk.

Imidlertid var bunnvannet oksygenfritt allerede i mai, og i august var det bare de fem øverste meterne i innsjøen som hadde oksygenrikt vann. Imidlertid er det humustilførsler til innsjøen og Tranevatnet er en liten og grunn innsjø, og derfor meget følsom for slike tilførsler. Tilførslene av organisk stoff behøver derfor ikke være spesielt store, men de er større enn en slik liten innsjø tåler. Samlet sett er derfor forurensningsgraden satt til 3 med hensyn på virkningen av tilførslene av organisk stoff.

Iglevatnet

Iglevatnet var belastet med tarmbakterier ved samtlige prøvetakinger, og innholdet av tarmbakterier var i perioder meget høyt (tabell 2.4). Innsjøen er også meget næringsrik, men algemengdene er lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i vannet. Dyreplanktonsamfunnet var dominert av *Cyclops* i begynnelsen av sesongen, mens *Daphnia longispina* utgjorde en økende andel i siste del av perioden. Innholdet av organisk stoff er høyt i forhold til innsjøens lille dypvannsvolum, og Iglevatnet har oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai. Vannkvaliteten i Iglevatnet er adskillig dårligere i 1994 enn ved undersøkelsen for seks år siden. Både innholdet av totalfosfor og innholdet av organisk stoff har økt (tabell 5.5).

TABELL 5.5. Tilstanden i Iglevatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen basert på en (*) og to (**) prøver (Aanes og Brettum 1989).

År	Næringssalter	Organisk stoff	Forsuring	Metaller	Partikler	Tarmbakterier
1988	III*	III*	I*	-	-	III**
1994	IV	IV	II	-	-	V



TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Iglevatnet er belastet med direkte kloakktilførsler, men det er også store tilførsler i perioder med mye nedbør. Innholdet av tarmbakterier var meget høyt i juli, og Iglevatnet har forurensningsgrad 5. Tarmbakteriebelastningen i Iglevatnet er høyere enn i det tilrennende Tranevatnet, og tilførslene må derfor komme fra Iglevatnets lokale nedslagsfelt eller fra områdene opp mot Bjørnevatnet, som også renner til Iglevatnet. Det er tett bebyggelse i områdene rundt Iglevatnet og det er gårdsdrift på Nottveit ved utløpselva fra Bjørnevatnet. Tilførslene i perioder med mye nedbør kan skyldes enten overløp på kloakkledningsnett eller arealavrenning fra områdene med husdyr.

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Iglevatnet er meget næringsrik. Med en antatt naturtilstand på 8 : g P/l og 250 : g N/l (Johnsen mfl. 1992), har innsjøen forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfor og 4 med hensyn på nitrogen. Fosforkonsentrasjonene i innsjøen tyder på at de totale fosfortilførslene til Iglevatnet er på hele 390 kg fosfor pr. år. Teoretiske beregninger av tilførslene fra nedslagsfeltet antyder at 200 kg fosfor tilføres pr. år. De resterende 190 kg av fosfortilførslene kommer derfor trolig fra innsjøens egne sedimenter, såkalt indre gjødsling, som skyldes at bunnvannet er oksygenfritt nesten hele sommersesongen. Innholdet av fosfor i bunnvannet i Iglevatnet i august var da også hele 15 ganger høyere enn i overflatevannskiktet. Innholdet av nitrogen var også noe høyere, men bare 3 ganger, og det kan tyde på at det er tilførsler til bunnvannet i innsjøen også.

Innsjøens tålegrense for fosfortilførsler er imidlertid på bare 120 kg fosfor pr. år. Dette er mindre enn tilførslene til innsjøen fra kloakk, som er beregnet til omtrent 150 kg fosfor (Bjørklund mfl. 1994). Dersom kloakktilførslene fjernes vil innsjøen motta fosfortilførsler som ligger under tålegrensen. Innsjøen er inne i en dårlig utvikling og er adskillig mer næringsrik i dag enn for seks år siden (tabell 5.5). En bør derfor forsøke å redusere kloakktilførslene dersom en ønsker å unngå en videre utvikling mot en enda dårligere vannkvalitet.

Algemengdene i var lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen, og tilsvarer mengdene en vanligvis finner i næringsfattige til middels næringsrike innsjøer. Årsaken til de lave algemengdene i forhold til fosforinnholdet er trolig de klimatiske forholdene dette året.

Dyreplanktonsamfunnet i Iglevatnet var dominert av arter som til en viss grad er i stand til å regulere algemengdene i innsjøen, og tyder på at beitepresset fra fisk i innsjøen er relativt lavt. Imidlertid er dyreplanktonet trolig ikke årsaken til de lave algemengdene ettersom dette mønsteret ble registrert i samtlige av de undersøkte innsjøene i 1994.

TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Også Iglevatnet har tilførsler av organisk stoff som gjør at innsjøen får oksygenfritt bunnvann allerede i begynnelsen av mai, og i august var det kun de tre øverste meterne i innsjøen som fremdeles hadde oksygenrikt vann. Det kjemiske oksygenforbruket, som gjenspeiler mengdene av lett nedbrytbart organisk materiale, var høyt, og med en forventet naturtilstand satt til 4 mg O₂/l, gir dette Iglevatnet forurensningsgrad 4 med hensyn på organisk stoff. Iglevatnet hadde det høyeste kjemiske oksygenforbruket i dette vassdraget. Sett i sammenheng med at innsjøen har oksygenfritt bunnvann allerede i mai bør imidlertid forurensningsgraden trolig settes til 4, med hensyn på virkningen av tilførslene av organisk stoff.



Apeltunvatnet

Apeltunvatnet er belastet med tarmbakterietilførsler og i perioder er tilførslene meget store (tabell 5.6). Innsjøen er også meget næringsrik, med et høyt innhold av både fosfor og nitrogen. Algemengdene var imidlertid noe lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet. Algetypene tyder imidlertid på mer næringsrike forhold, med dominans av slekten *Synedra* og *Asterionella formosa*. Det ble også registrert små mengder blågrønnalger i hele undersøkelsesperioden. Dyreplanktonet i innsjøen var dominert av *Cyclops* i den første del av perioden, mens *Daphnia longispina* dominerte i august og september. Innholdet av organisk stoff var også høyt, og bunnvannet var oksygenfritt allerede i midten av mai.

Vannkvaliteten i Apeltunvatnet har forverret seg siden 1988, og både fosforinnholdet og innholdet av organisk stoff har økt (tabell 5.6).

TABELL 5.6. Tilstanden i Apeltunvatnet i 1988 og 1994 i henhold til SFT sitt klassifikasjonssystem (SFT 1992). Data fra 1988 er fra NIVA sine undersøkelser i innsjøen basert på en (*) og to (**) prøver (Aanes og Brettum 1989).

År	Næringsalter	Organisk stoff	Forsuring	Metaller	Partikler	Tarmbakterier
1988	IV*	III*	I*	-	III*	III**
1994	V	IV	II	-	-	III

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER

Apeltunvatnet er belastet med tilførsler av tarmbakterier. I perioder er tilførslene relativt store, og innsjøen har forurensningsgrad 3. Innsjøen tilføres tarmbakterier både via elva fra Iglevatnet og trolig også via elva fra området opp mot Rådalen. Undersøkelsen i 1988 viste at det periodevis var meget høye tarmbakteriekonsentrasjoner i elva fra Rådalen (Aanes og Brettum 1989), men denne elva er imidlertid ikke undersøkt i år. I tillegg kan det også være tilførsler direkte til Apeltunvatnet. Variasjonsmønsteret i tarmbakteriekonsentrasjonene tyder på at både direkte tilførsler, og tilførsler i forbindelse med arealavrenning eller overløp på kloakkledningsnettet, er forurensningskilder. Det var i 1993 rundt 280 personer i boliger som ikke er knyttet til offentlig kloakkledningsnett i nedslagsfeltet til Apeltunvatnet, og det er også husdyrdrift i nedslagsfeltet (Bjørklund mfl. 1994).

TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFFER

Apeltunvatnet er meget næringsrikt. Naturtilstanden er satt til 8 : g/l for fosfor og til 250 : g/l for nitrogen (Johnsen mfl. 1992), og dette gir Apeltunvatnet forurensningsgrad 5 med hensyn på fosfortilførsler og 4 med hensyn på nitrogentilførsler.

Fosforkonsentrasjonene i innsjøen tyder på at de totale fosfortilførslene til Apeltunvatnet er på 890 kg fosfor pr. år. Dette er høyere enn de tidligere teoretiske beregningene av tilførslene fra nedslagsfeltet som er på 600 kg, og det er trolig at indre gjødsling bidrar med deler av fosfortilførslene til Apeltunvatnet.

Tålegrensen for fosfortilførsler til Apeltunvatnet er imidlertid kun på 190 kg fosfor pr. år, og tålegrensen er dermed overskredet med hele 700 kg ! Innsjøen er noe mer næringsrik i dag enn for seks år siden (tabell 5.6), og en bør forsøke å redusere tilførslene dersom en ønsker å stoppe en videre utvikling mot en enda dårligere vannkvalitet. De beregnede tilførslene til Apeltunvatnet fra nedslagsfeltet, fordelte seg på 180 kg fra kloakk, 180 kg med elva fra Iglevatnet, 170 kg fra husdyrhold og 66 kg som arealavrenning. Dette viser at tilførslene fra Iglevatnet alene overskrider innsjøens tålegrense.



Algemengdene var større enn det som ble observert for seks år siden, men likevel lavere enn forventet ut fra næringsinnholdet i innsjøen. Gjennomsnittlig algemengde på 1,4 mg /l tilsvarer mengdene en vanligvis finner i moderat næringsrike innsjøer. Lavere algemengder enn forventet ble imidlertid observert i omtrent samtlige av de undersøkte resipientene i Bergen i 1994, og det er derfor sannsynlig at det har sammenheng med de klimatiske forholdene i 1994 med en juni måned som var kaldere enn normalt og som hadde tre ganger høyere nedbørmengder enn normalt.

Dyreplanktonsamfunnet i Apeltunvatnet var dominert av *Cyclops* i den første del av perioden, men *Daphnia longispina* dominerte i siste del av perioden. Dette er arter som er relativt effektive algespisere, og som tildels kan regulere algemengdene i innsjøer. Sammensetningen av dyreplanktonsamfunnet tyder på et lavt beitepress fra fisk i denne innsjøen.

TILFØRSLE AV ORGANISK STOFF

Apeltunvatnet har et høyt innhold av organisk stoff. Forventet naturtilstand med hensyn på oksygenforbruket i forbindelse med nedbrytningen av organisk stoff er satt til 4 mg O/l på grunn av myrområder i nedslagsfeltet, og Apeltunvatnet har da forurensningsgrad 3. Imidlertid var bunnvannet oksygenfritt allerede i mai, slik at virkningen av tilførsle av organisk stoff til bunnvannet er meget store. Dersom en legger begge parametrene til grunn vil derfor Apeltunvatnet ha forurensningsgrad 3-4 med hensyn på virkningen av organisk stoff.



LITTERATUR SOM OMHANDLER APELTUNVASSDRAGET

AANES, J.K & P.BRETTUM, 1989

Nesttunvassdraget og Apeltunvassdraget i Bergen kommune.
En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonen forsommeren 1988.
NIVA rapport nr. 2416, 62 sider.

BJØRKLUND, A & G.H.JOHNSEN 1993.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk.
Rådgivende Biologer, rapport nr. 79, 35 sider. ISBN 82-7658-009-2

BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994

Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6

BJØRKLUND, A. & G.H.JOHNSEN 1994.

Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på kloakk, 1994.
Rådgivende Biologer, rapport 121, 29 sider. ISBN 82-7658-030-0.

G.H.JOHNSEN, G.B.LEHMANN & K.BIRKELAND 1992.

Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 6, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3



MÅLEDATA

TABELL 5.7. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater fra Apeltunvassdraget 1994. Innsjøprøvene er tatt som blandprøver fra de fire øverste meterne i Tranevatnet og Iglevatnet, og de seks øverste meterne i Apeltunvatnet, alle ved innsjøens dypeste punkt. I august ble det i tillegg tatt en vannprøve like over bunnen, -også ved innsjøens dypeste punkt. pH og ledningsevne er målt av Rådgivende Biologer, og de andre analysene er utført ved Chemlab Services as.

STASJON	19.MAI	15.JUNI	11.JULI	9.AUGUST		8.SEPT.	12.OKT.
				overfl.	bunn		
TERMOSTABILE KOLIFORME BAKTERIER							
Tranevatnet	5	< 5		5	< 5		45
Iglevatnet	10	30	1100	60	5	70	360
Apeltunvatnet	< 5	< 5	90	20	5	100	175
Utløp til Nordåsvatnet	270	5	350	40		65	230
pH							
Tranevatnet	7,31	7,06		6,85	6,51		6,74
Iglevatnet	7,26	6,92	6,76	6,63	6,41	6,70	6,65
Apeltunvatnet	9,44	7,65	7,01	7,04	6,68	7,13	6,83
Utløp til Nordåsvatnet	7,65	7,34	7,25	6,94		7,04	6,81
LEDNINGSEVNE, : S/cm							
Tranevatnet	102,3	89,1		74,9	116,8		111,4
Iglevatnet	101,5	88,8	76,6	87,4	224,0	111,1	94,1
Apeltunvatnet	135,9	104,7	97,8	120,3	281	151,6	141,2
Utløp til Nordåsvatnet	163,9	129	112,3	109,8		130,9	127,5
TOTAL FOSFOR, mg P/l							
Tranevatnet	0,031	0,017		0,030	<0,002		0,013
Iglevatnet	0,051	0,069	0,081	0,017	0,250	0,065	0,044
Apeltunvatnet	0,033	0,038	0,048	0,061	0,085	0,064	0,056
Utløp til Nordåsvatnet	0,053	0,041	0,053	0,044		0,050	0,062
TOTAL NITROGEN, mg N/l							
Tranevatnet	0,452	0,276		0,357	0,386		0,816
Iglevatnet	0,815	0,762	1,061	0,846	2,40	0,935	1,15
Apeltunvatnet	0,918	0,808	1,071	0,829	0,676	1,043	1,22
Utløp til Nordåsvatnet	0,974	0,573	1,154	0,746		1,116	1,29
KJEMISK OKSYGENFORBRUK, mg O/l							
Tranevatnet	5,98	5,50		5,36	5,74		4,96
Iglevatnet	9,24	8,47	9,81	12,5	11,5	10,8	7,79
Apeltunvatnet	7,01	7,64	7,06	8,14	6,11	8,33	6,64
Utløp til Nordåsvatnet	5,65	6,60	7,53	9,15		9,22	7,76



TABELL 5.8. Temperatur og oksygenmålinger i Tranevatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	19. MAI		15. JUNI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14,5	103	13,7	88	18,7	83
1 m	13,8	99	13,7	84	18,7	81
2 m	11,0	118	12,7	83	18,6	81
3 m	8,7	97	12,0	82	14,4	51
4 m	6,5	56	10,0	74	11,5	15
5 m	5,6	36	6,9	25	9,8	3
6 m	5,1	22	5,7	8	7,9	
7 m	5,0	17	5,4			
8 m	4,8	11				
9 m	4,8	8				
10 m	4,7					
12 m						

TABELL 5.9. Temperatur og oksygenmålinger i Iglevatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	19. MAI		15. JUNI		11. JULI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14	107	11,3	94	14,0	95	16,6	61
1 m	10,5	120	10,5	91	13,0	85	15,6	57
2 m	7,9	80	10,1	89	12,4	83	14,8	46
3 m	7,1	70	9,6	74	11,5	57	12,7	4
4 m	6,6	65	9,0	57	9,8	54	10,4	
5 m	6,0	59	6,9	34	7,9	26	8,8	
6 m	4,9	43	5,9	22	6,4		7,1	
7 m	4,3	26	5,0				5,5	
8 m	3,6	7					4,9	
9 m	3,5							
10 m								
12 m								



TABELL 5.10. Temperatur og oksygenmålinger i Apeltunvatnet 1994. Oksygenverdiene er angitt i prosent metning. Målingene er utført ved innsjøens dypeste punkt med et YSI Modell 58 instrument med nedsenkbar sonde.

DATO	19. MAI		15. JUNI		11. JULI		9. AUG.	
	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂	°C	O ₂
0 m	14,3	127	13,2	124	16,3	89	18,6	86
1 m	13,4	123	12,0	118	15,9	86	18,3	84
2 m	8,7	117	11,1	99	14,3	82	18,2	61
3 m	7,4	78	10,1	83	11,5	49	13,1	13
4 m	7,0	79	9,3	67	9,7	39	10,8	13
5 m	6,3	77	7,3	52	8,3	32	8,8	14
6 m	5,8	67	6,3	57	6,5	43	7,9	25
7 m	5,2	60	6,0	59	5,9	45	7,6	30
8 m	4,8	52	5,3	55	5,4	41	6,3	28
9 m			4,9	45	5,1	34	5,8	30
10 m	4,2	35	4,7	38	4,8	25	4,8	12
11 m							4,6	9
12 m	4,0	21	4,1	11	4,1	0	4,4	2,6
13 m							4,2	
14 m	3,6	10	3,8				4,2	
16 m	3,4	6						
18 m	3,4							
20 m								
25 m								



TABELL 5.11. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i tre prøver fra Tranevatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	19.MAI		15. JUNI		9.AUG.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)						
Synedra sp.	0,0765	0,0383				
Ubest. sentr. diatomeer					0,0153	0,0122
Ubest.penn.diatomeer	0,0612	0,0306				
GRØNNALGER (Chlorophyceae)						
Coelastrum sp.	0,016	0,001			0,184	0,0120
Closterium sp.					0,0077	0,0077
Ankistrodesmus spp.					0,0612	0,0061
Ankistrodesmus sp.			0,0153	0,0015		
Crucigenia sp.			0,0612	0,0008		
Chlorophyceae sp.1 (kolonier)					0,001	0,0040
Chlorophyceae spp.			0,0153	0,0005		
Eudorina sp.	0,268	0,0686				
Sphaerocystis sp.			0,015	0,0012	0,092	0,0247
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)						
Chryptomonas sp.	0,230	0,9200	0,0459	0,0459	0,0153	0,0153
Rhodomonas sp.	2,915	0,2915	1,163	0,0698	0,0765	0,0077
GULLALGER (Chrysophyceae)						
Synura sp.			0,001	0,0010		
Dinobryon borgei					0,0612	0,0061
Dinobryon sp.	0,0153	0,0031			0,004	0,0012
Mallomonas sp.	0,138	0,1380				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)						
Peridinium sp.	0,001	0,0500				
Gymnodinium sp.	0,122	0,0732				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)						
Aphanocapsa sp.	0,367	0,0015				
Chroococcus sp.	0,0153	0,0092				
Lyngbya limnetica			0,0153	0,0046	0,0612	0,0092
Cyanophyceae spp.			0,0459	0,0002		
FLAGELLATER OG MONADER						
Flagellater og monader > 5 μm	0,750	0,0848	0,984	0,1071	0,214	0,0242
Flagellater og monader < 5 μm	2,915	0,0410	1,432	0,0473	1,859	0,0260
TOTALT	7,8903	1,7508	3,7939	0,2799	2,6524	0,1564



TABELL 5.12. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i fire prøver fra Iglevatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 4 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	15. JUNI		11. JULI		9. AUG.		8. SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)								
Fragilaria sp.					0,0459	0,0275		
Asterionella formosa			0,008	0,0048				
Navicula sp.	0,0153	0,0077	0,001	0,0005				
Synedra sp.			0,0765	0,0383				
Ubest.penn.diatomeer	0,0612	0,0306	0,0459	0,0230				
GRØNNALGER (Chlorophyceae)								
Ankyra judai					0,0306	0,0122	0,0306	0,0122
Ankistrodesmus sp.	0,107	0,0107	1,193	0,1193	0,0612	0,0061	0,0153	0,0015
Dictyosphaerium sp.			0,122	0,0040				
Elakthothrix sp.			0,0159	0,0159				
Scenedesmus spp.			0,0306	0,0015				
Staurastrum sp.	0,0108	0,054						
Chlorophyceae spp.	0,050	0,0007					0,168	0,0109
Chlorophyceae sp. 2					0,0153	0,0153		
Closterium sp.					0,0153	0,0153	0,0153	0,0459
Sphaerocystis sp.	0,0153	0,0041	0,0920	0,0104	0,008	0,0014	0,038	0,0013
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)								
Chryptomonas sp.	0,321	0,4815	0,0612	0,0612	0,0459	0,0459	0,0153	0,0153
Rhodomonas sp.	0,597	0,0418	13,537	1,3537	0,0459	0,0046	0,107	0,0107
GULLALGER (Chrysophyceae)								
Synura sp.	0,004	0,004					0,0153	0,0077
Dinobryon spp.	0,0612	0,0122						
Mallomonas sp.	0,0153	0,0153	0,138	0,0966				
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)								
Peridinium sp.	0,001	0,008						
Gymnodinium sp.			0,0306	0,0306				
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)								
Lyngbya limnetica					0,0306	0,0046		
Cyanophyceae spp.	0,291	0,0012	0,566	0,0031				
Cyanophyceae sp. (kjeder)	0,0153	0,0002						
FLAGELLATER OG MONADER								
Flagel. og monader > 5 m	0,731	0,0826	3,955	0,4469	0,260	0,0468	0,245	0,0657
Flagel. og monader < 5 m	1,050	0,0147	3,346	0,0468	1,331	0,0186	3,042	0,0122
TOTALT	3,3464	0,7756	23,2187	2,2566	1,8897	0,1983	3,6918	0,1834



TABELL 5.13. Antall (millioner celler/liter) og volum (mg/liter) av planteplankton i fem prøver fra Apeltunvatnet, 1994. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0 - 6 meter ved innsjøens dypeste punkt, og bearbeidet av cand. real. Nils Bernt Andersen.

ALGETYPE	19.MAI		15. JUNI		11.JULI		9.AUG.		8.SEPT.	
	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.	ant.	vol.
DIATOMEER (Bacillariophyceae)										
Asterionella formosa	0,413	0,2478	0,014	0,0084	0,099	0,0594				
Diatoma sp.			0,0459	0,0230						
Melosira sp.			0,014	0,0140						
Synedra sp.	7,605	3,4223	0,199	0,0995			0,001	0,0005		
Tabellaria fenestrata	0,122	0,0275								
Tabellaria flocculosa	0,052	0,104	0,003	0,006						
Ubest.sentr.diatomeer							0,0306	0,0153		
Ubest.penn.diatomeer			0,964	0,2603	0,0459	0,0230				
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Ankistrodesmus sp.	0,168	0,0168			1,148	0,1148	0,107	0,0107		
Ankistrodesmus spp.			0,536	0,0536					0,0612	0,0061
Ankyra judai					1,530	0,7650	0,0306	0,0122	0,0306	0,0122
Dctyosphaerium sp.			0,199	0,0066	0,023	0,0008	0,0320	0,0011		
Elakathothrix sp.			0,0153	0,0015	0,004	0,0004				
Chlorella sp.	0,536	0,0021								
Crucigenia sp.	0,0612	0,0002								
Scenedesmus sp.	0,0092	0,0028	0,0612	0,0023	0,092	0,0022				
Chlorophyceae spp.									0,0153	0,0275
Chlorophyceae sp.	0,059	0,0044	0,0153	0,0046			0,176	0,0014		
Staurastrum sp.							0,010	0,0040		
Eudorina sp.					2,142	0,0363			0,245	0,0159
Sphaerocystis sp.					0,0153	0,0138	0,520	0,0172		
KRYPTOALGER (Chryptophyceae)										
Chryptomonas sp.	0,260	0,104	0,0612	0,0612	0,023	0,0230			0,0153	0,0153
Rhodomonas sp.	2,282	0,1141	9,887	0,6921	1,521	0,1521	0,0153	0,0015	0,0306	0,0031
GULLALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon sp.			0,0306	0,0061	0,0153	0,0031				
Mallomonas sp.	0,0459	0,0459	0,0153	0,0153						
ØYEALGER (Euglenophyceae)										
Euglena sp.							0,001	0,002		
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)										
Peridinium sp.	0,001	0,0500								
Gymnodinium sp.	0,0459	0,0275								
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Aphanocapsa sp.	0,474	0,0019								
Lyngbya limnetica			0,0153	0,0046						
Cyanophyceae sp(kjeder)									0,0153	0,0036
Cyanophyceae spp.			0,490	0,0044	0,612	0,0024				
FLAGELLATER OG MONADER										
Flag. og monader > 5 :m	1,046	0,1182	1,287	0,1454	0,306	0,0346	0,184	0,0208	0,138	0,0156
Flag. og monader < 5: m	2,408	0,0337	1,228	0,0172	1,283	0,0180	1,287	0,0180	1,859	0,0074
TOTALT	15,671	4,3232	15,0811	1,4261	8,8595	1,2489	2,3945	0,1047	2,548	0,1067



TABELL 5.14. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i tre prøver fra Tranevatnet i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	19. MAI	15. JUNI	9. AUGUST
VANNLOPPER (CLADOCERA)			
Daphnia longispina		300	350
Bosmina longispina	120	500	
Holopedium	1		
Diaphanosoma		125	450
HOPPEKREPS (COPEPODA)			
Cyclops sp.	6500	2500	1000
Nauplii	300	1500	10000
Calanoide	95	2700	900
ROTATORIER			
Rotatoria			få
Asplanchna pridonta	få	veldig mye	en god del
Filina sp.		få	
Ploesoma hudsoni		få	
Conochilus koloni		en god del	
Conochilus unicornis		mye	
Kellicottia longispina			få
Keratella cochlearis	få	en god del	få
Keratella hiemalis		få	
ANDRE			
Acari	2		

TABELL 5.15. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i fem prøver fra Iglevatnet i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	19. MAI	15. JUNI	11. JULI	9. AUGUST	8. SEPT.
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
Daphnia longispina	15	15	225	1200	1600
Bosmina longispina	18	1	20	3	
Diaphanosoma	10	4	7	120	20
Polyphemus pediculus					1
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
Cyclops sp.	700	800	900	600	400
Nauplii	900	700	1000	1300	
Cyclopoide nauplii					
Calanoide	400	500	200	1100	1100
ROTATORIER					
Filinia		få			
Asplanchna pridonta	veldig mye	litt	en god del	en god del	litt
Kellicottia longispina	få		få	få	litt
Keratella cochlearis	få	få	få	få	få
Keratella hiemalis					få
ANDRE					
Acari		2	2		



TABELL 5.16. Forekomst og dominansforhold for dyreplankton i fire prøver fra Apeltunvatnet i 1994. Prøvene er tatt som vertikale hovtrekk gjennom hele vannsøylen og er undersøkt av Randi Lund, Universitetet i Bergen.

DYREPLANKTONART	19. MAI	15. JUNI	11. JULI	9. AUGUST	8. SEPTEMBER
VANNLOPPER (CLADOCERA)					
Daphnia longispina	15	1500	5500	4500	3500
Bosmina longispina	12	14	1	25	500
Diaphanosoma	1		25	450	300
Polyphemus pediculus				1	
HOPPEKREPS (COPEPODA)					
Cyclops sp.	900	3900	10000	900	2000
Nauplii	1500	2500	2000	600	800
Calanoide	40	3100	4000	1000	1200
ROTATORIER					
Asplanchna priodonta	en god del	litt	få	litt	veldig mye
Polyarthra		litt	få	litt	
Kellicottia longispina	mye	en god del	en god del	en god del	en god del
Keratella cochlearis	få	en god del	litt	få	litt
Keratella hiemalis	få	en god del	litt	få	en god del
ANDRE					
Acari	1				

METODER OG BAKGRUNN



INNHOLDSFORTEGNELSE

SFT SITT KLASSIFISERINGSSYSTEM FOR VANNKVALITET	163
BEREGNINGER AV TILFØRSLER OG TÅLEGRENSER FOR FOSFOR	165
BEREGNING AV STOFFTRANSPORT TIL SJØ	165
LITTERATUR	166





SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann

Siden undersøkelsen i 1992 er klassifiseringssystemet revidert, og her kommer en kort oppsummering av det nye systemet.

Hva er miljøkvalitet i vann ?

Statens forurensningstilsyn (SFT 1989 og 1992) har utarbeidet et omfattende system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvannssystemer. Dette er bygget opp rundt et solidt erfaringsmateriale fra norske forhold, og baserer seg på at alle målinger av **observert tilstand** skal relateres til en **forventet naturtilstand**. Avviket mellom den **observerte tilstand** og den **forventede naturtilstand** blir så klassifisert som **forurensningsgrad**. Videre er vannforekomstenes **egnethet** for ulike bruksformål klassifisert i fire egnethetsklasser basert på den **observerte tilstand**.

TABELL 1: En skjematisk oversikt over begrepene som er knyttet til SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1992, side 6).

	TILSTAND	EGNETHET	FORURENSNINGSGRAD
GRUNNLAG :	Observerte måleverdier	Den observerte vannkvalitetens bruksmuligheter	Avviket mellom observerte tilstand og forventet naturtilstand
KLASSER / GRADER :	Fem klasser: I = God II = Mindre god III = Nokså dårlig IV = Dårlig V = Meget dårlig	Fire klasser: 1 = Godt egnet 2 = Egnet 3 = Mindre egnet 4 = Ikke egnet	Fem grader: 1 = Lite forurenset 2 = Moderat forurenset 3 = Markert forurenset 4 = Sterkt forurenset 5 = Meget sterkt forurenset

Klassifiseringssystemet er delt inn i seks virkningstyper,- nemlig virkningene av tilførsler av:

- **næringssalter**, - som gir eutrofiering eller overgjødning
- **organiske stoffer**, - som gir forbruk av oksygen og derfor oksygenfattige forhold,
- **forsurende stoffer**, - som medfører økologiske forstyrrelser og tap av fiskebestander,
- **miljøgifter**, - som har høy akutt giftighet og liten eller ingen nedbryting i naturen,
- **partikler**, - som gir grumsete vann og forringer livsvilkår for vannlevende organismer,
- **tarmbakterier**, - som indikerer tilførsel av ekskrementer fra mennesker eller dyr.

De seks virkningstypene er karakterisert ved en eller flere fysiske, kjemiske og/ eller biologiske parametere som kan måles eller beregnes. Hver parameter har sitt unike sett av kriterier for inndeling i klasser eller grader.



TABELL 2: De seks virkningstypene i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann. Parametere som er uthevet tillegges særlig vekt ved klassifiseringen. Oversikten er imidlertid modifisert fra SFT (1992, side 8).

VIRKNING AV:	PARAMETERE:
Næringssalter	Total fosfor - total nitrogen - klorofyll a - primærproduksjon - siktedyp - oksygenkonsentrasjon
Organiske stoffer	Total organisk karbon (TOC) - kjemisk oksygenforbruk (KOF) - fargetall - siktedyp - oksygenkonsentrasjon
Forsurende stoffer	Alkalitet - surhet (pH) - sulfat - nitrat - klorid
Metaller (miljøgifter)	Kobber - sink - kadmium - bly - nikkel - krom - kvikksølv - aluminium - jern - mangan
Partikler	Turbiditet - suspendert stoff - siktedyp
Tarmbakterier	Termostabile koliforme bakterier - koliforme bakterier

HVA BIDRAR TIL VANNKVALITET ?

Den kjemiske sammensetningen av vann i vassdrag er i hovedsak styrt av bidrag fra de følgende fire kilder, der de tre første dominerer i vannforekomster uten særlig lokal forurensning:

- 1) **Naturgrunnlaget**, - berggrunnen og jordsmonnet bestemmer hvilke ioner som løses ut når nedbøren passerer nedbørfeltet. Dette gjelder viktige stoffer som kalsium, magnesium, bikarbonat og aluminium.
- 2) **Langtransportert forurensning** som kommer med nedbøren eller som tørravsetninger. Her tilføres nedslagsfeltet og vassdraget betydelige mengder syre (hydrogenioner), sulfat og nitrat, samt miljøgifter som kvikksølv og andre metaller.
- 3) **Sjøsalter** fra havvannssprut som føres inn med vind og nedbør. Dominerende stoffer her er klorid og natrium, men også sulfat og magnesium tilføres derfra.
- 4) Lokale tilførsler fra **menneskelig aktivitet**, det være seg kloakk eller avrenning og tilsig fra jordbruksaktiviteter. Dette gir særlig fosfor- og nitrogenforbindelser, organisk stoff og tarmbakterier av forskjellig slag.



BEREGNINGER AV TILFØRSLER OG TÅLEGRENSER FOR FOSFOR

BEREGNING AV TILFØRSLER

Innsjøers tilførsel av fosfor fra nedslagsfeltet kan beregnes på flere måter, og det finnes flere modeller for disse beregningene. En metode er å beregne tilførslene ut fra kunnskap om forhold i nedslagsfeltet, som kloakkeringsforhold, arealbruk, utslipp osv. Sammen med nedbørdata og en erfaringsmodell for arealavrenning fra ulike typer jordsmonn kan fosforavrenningen til vassdraget beregnes (Holtan og Åstebøl 1990). Her behøves ingen vannkjemiske målinger fra vassdraget. Denne metoden er benyttet i forundersøkelsen til vassdragene i Bergen (Bjørklund mfl. 1994), og har den fordelen at bidraget fra de enkelte kildene kan kvantifiseres.

En annen metode er, ut fra vannkjemiske målinger i en innsjø, å regne tilbake til hvor store fosforkonsentrasjoner som må ha vært tilført for at innsjøen skal ha den målte konsentrasjon i vannet. Her er det to typer beregninger, en for grunne til middels dype innsjøer (Berge 1987) og en for dype innsjøer (Rognerud mfl. 1979).

Ettersom disse siste to metodene tar hensyn til målte konsentrasjoner i en innsjø, vil nedbøren i undersøkelsesåret være av betydning for beregningene. I perioden fra høstomrøring i 1993 til høstomrøringen i 1994, var nedbøren kun 1,6 % høyere enn normalen i samme periode. Det var 2286 mm nedbør fra november 1993 til oktober 1994, mot normalnedbør som utgjør 2250 mm. Vi har derfor valgt å si at dette året representerer et år med normalnedbør, og utført beregningene i forhold til en normalnedbør på 2250 mm nedbør pr. år.

BEREGNINGER AV TÅLEGRENSER.

Beregninger av innsjøers tålegrense for tilførsler kan også beregnes ut fra ulike metoder. Vollenweider (1976) er tidligere mye benyttet, men bedre tilpasset norske forhold er Berge (1987) for grunne og middels dype innsjøer, og Rognerud mfl. (1979) for dype innsjøer.

BEREGNING AV STOFFTRANSPORT TIL SJØ

For de undersøkte vassdrag er det også beregnet hvor store mengde som tilføres sjøen av både næringsstoffene fosfor og nitrogen og av organisk stoff. Beregningene er gjort ut fra de målte gjennomsnittskonsentrasjoner og den årlige antatte vannføringen for de respektive vassdragene. Når det gjelder organisk stoff er dette regnet om fra det kjemiske oksygenforbruket i henhold til en standard omregningsfaktor (SFT 1989). Det er ikke tatt prøver på vinteren, da det i denne regionen sjelden ligger snø, og arealavrenningen derfor er mer avhengig av nedbøren enn av årstiden.

Disse stoffene tilføres naturlig til vassdraget fra nedslagsfeltet, og her er benyttet forventet naturtilstand for å anslå denne fraksjonen (se Johnsen mfl. 1992). Videre tilføres disse stoffene fra avrenning fra jordbruksområder og fra kloakkutslipp. Generelt vil disse menneskelige kildene utgjøre den øvrige del av tilførslene, men når det gjelder nitrogenforbindelsene kan også en del av de observerte mengdene komme som langtransportert forurensning og være en del av den sure nedbøren. Det er vanskelig å anslå denne fraksjonen i detalj, selv om nedfallet av nitrogen pr. kvadratmeter i nedslagsfeltet er kjent.



LITTERATUR

- JOHNSEN, G.H., G.B. LEHMANN & K. BIRKELAND 1992.
Forberedende kartlegging for overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune.
Rådgivende Biologer rapport nr. 61, 112 sider. ISBN 82-7658-003-3
- 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., G.H. JOHNSEN & A. KAMBESTAD 1994
Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6
- HOLTAN, H., & S.O. ÅSTEBØL 1990
Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Revidert utgave.
NIVA-JORDFORSK rapport nr 2510, 53 sider. ISBN 82-577-1818-1.
- NVE 1987
Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1.9. 1930 - 31.8.1960.
NVE. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling, kartblad 1.
- SFT 1989
Vannkvalitetskriterier for ferskvann.
Statens forurensningstilsyn.
- SFT 1992
SFT-veiledning nr. 92 : 06.
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon.
ISBN 82-7655-085-1, 32 sider.
- ROGNERUD, S., BERGE, D. & JOHANNESSEN, M. 1979.
Telemarkvassdraget, hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979.
NIVA rapport nr. O-70112, 82 sider.
- REDFIELD, A.C., B.H. KETCHUM & F.A. RICHARDS, 1963
The influence of organisms on the composition of sea-water.
I: "The sea", M.N. HILL (red.) Interscience Publishers, John Wiley & Sons, sidene 26-77.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1976
Advances in defining critical loading levels for phosphorous in lake eutrofication.
Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, sidene 53-83.