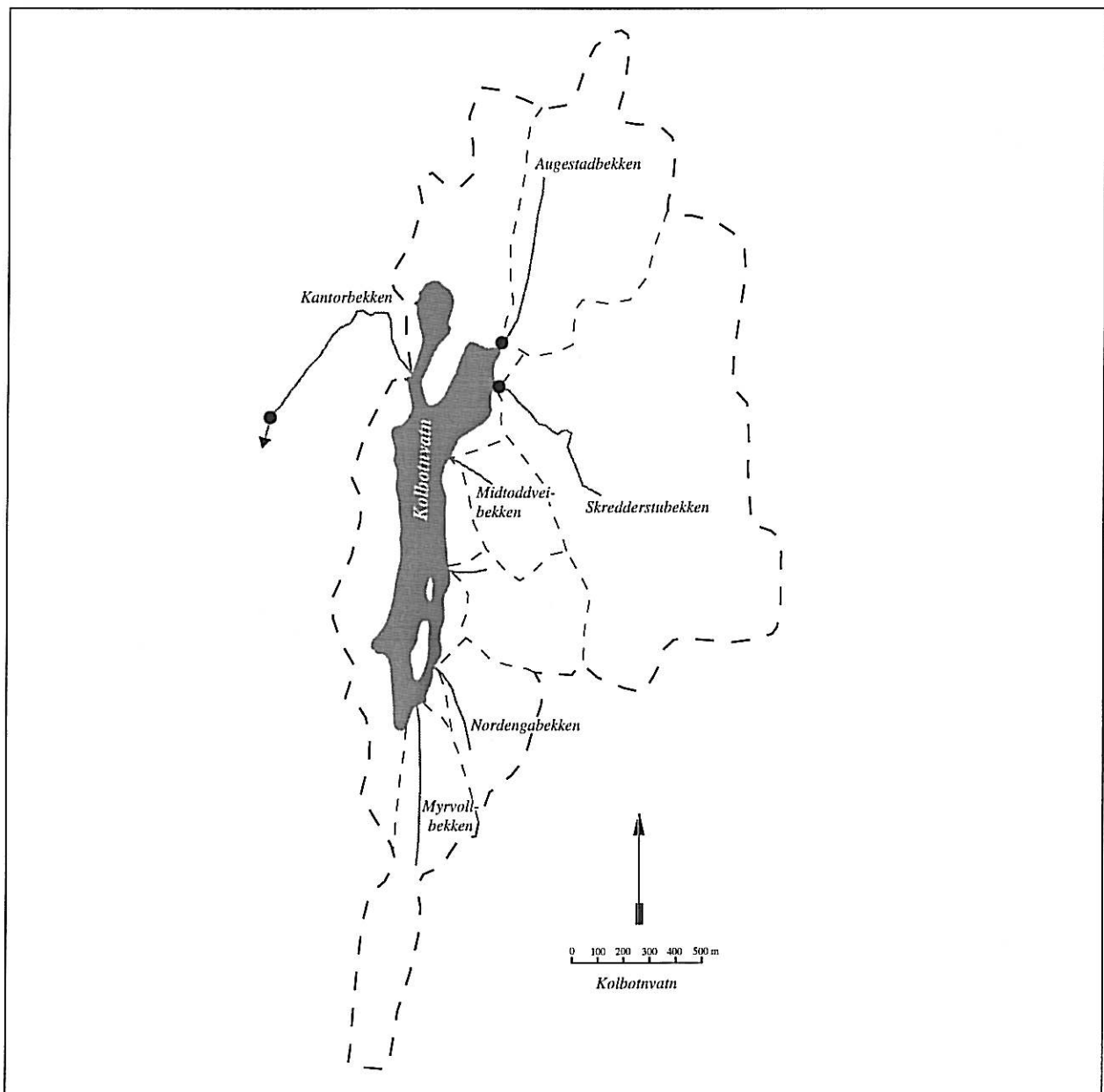


RAPPORT LNR 4080-99

Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1998

På oppdrag fra Oppegård
kommune
Sektor for Teknikk og Miljø,
ved Teknisk sjef



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet:

www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1998	Løpenr. (for bestilling) 4080-99	Dato 13.07.99
	Prosjektnr. Undemr. 97066	Sider Pris 33
Forfatter(e) Bjørn Faafeng Tone Jøran Oredalen Pål Brettum	Fagområde Biologisk mangfold og eutrofiering, ferskvann	Distribusjon FRI
	Geografisk område Akershus	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Oppgård kommune, sektor for Teknikk og Miljø ved Teknisk sjef.	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i Kolbotnvannet er fortsatt dårlig når en sammenlikner med innsjøens opprinnelige, upåvirkede vannkvalitet og med andre innsjøer i regionen. Tilførslene av urensset avløpsvann til Kolbotnvann fra tilløpsbekkene ble vesentlig redusert fram til 1984-85, men i perioden etter har tilførslene ligget på samme nivå. Det er lagret så mye fosfor og organisk stoff i innsjøens bunnslam (sediment) at dette bidrar til fortsatt "indre gjødsling" av innsjøen. Forskjellige tiltak som gjennomføres i innsjøen (boblegardin og tilsats av kalksalpeter) bidrar fortsatt til gradvis bedring i vannkvaliteten. Vi vurderer deler av vannet som "Ikke egnet" til bading ut fra SFTs vurderingssystem (SFT, 1997), fordi innholdet av termotabile koliforme bakterier var svært høyt i tilløpsbekkene i 1998. Med fortsatt aktiv innsats vil trolig vannkvaliteten kunne stabiliseres i tilstandsklasse "Mindre god, klasse III" mhp. fosforkonsentrasjonen i løpet av få år.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrofiering 2. Algeoppblomstring 3. Innsjørestaurering 4. Indre gjødsling 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eutrophication 2. Algal blooms 3. Lake restoration 4. Internal loading
---	---


Prosjektleder
Bjørn Faafeng

Forskningsleder
ISBN 82-577-3684-4


Forskningsjef
Dag Berge

Forord

Vannkvaliteten i Kolbotnvannet og tilførslene av forurensninger i de to viktigste tilløpsbekkene overvåkes av NIVA på oppdrag fra Oppegård kommune, Sektor for Teknikk og Miljø ved Teknisk sjef. Gjersjøen og Kolbotnvannet med sine respektive tilløpsbekker undersøkes nå annethvert år.

Tidligere har NIVA utarbeidet mange rapporter om Kolbotnvannet. En liste over disse er gjengitt i vedlegget.

I denne rapporten presenteres resultatene fra Kolbotnvannet med tilløpsbekker for 1998.

Vannprøvene fra Augestadbekken og Skredderstubekken samt vannprøver fra Kolbotnvannet er samlet inn av NIVAs Tone Jøran Oredalen, Marit Mjelde, Gjertrud Holtan, Anja Skiple og Stig A. Borgvang. Datalagring og bearbeiding av datamaterialet er utført av Tone Jøran Oredalen. Planteplankton er artsbestemt og bearbeidet av Pål Brettum.

NIVAs prosjektleder og ansvarlig for rapporten er Bjørn Faafeng.

Oslo, 7. juli 1999
Bjørn Faafeng

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Generelt	7
1.2 Restaureringstiltak - historikk	10
2. Tilløpsbekkene til Kolbotnvannet	11
2.1 Fosfor og Nitrogen	11
2.2 Bakterier	13
3. Vannkvaliteten i Kolbotnvannet	15
3.1 Temperatur og oksygen	15
3.2 Fosfor og nitrogen	17
3.3 Siktedyp	19
3.4 Planteplankton	20
3.5 Klassifisering av tilstanden i Kolbotnvann	23
4. Behov for fortsatt nitrogendosering?	24
Vedlegg A. Tidligere NIVA-rapporter om Kolbotnvannet	27
Vedlegg B. Figurer og tabeller	28

Sammendrag

Vannkvaliteten i Kolbotnvannet er fortsatt dårlig når en sammenlikner med innsjøens opprinnelige, upåvirkede vannkvalitet og med andre innsjøer i regionen. Vannkvaliteten er også "Dårlig" ifølge det offisielle vurderingssystemet for vannkvalitet i Norge (se under). Dette til tross for betydelig reduksjon i tilførslene av urensset avlopsvann fra bebyggelsen i nedborfeltet. Fosforkonsentrasjonen er fortsatt så høy at en kan vente kraftige oppblomstringer av blågrønnalger, dårlig sikt og høyt oksygenforbruk i dypvannet, spesielt i somre med lange, sammenhengende perioder med varmt vær.

Tilførslene av urensset avlopsvann til Kolbotnvann fra tillopsbekkene ble vesentlig redusert fram til 1984-85, men i perioden etter har tilførslene ligget på samme nivå. Det er lagret så mye fosfor og organisk stoff i innsjøens bunnslam (sediment) at dette bidrar til fortsatt "indre gjødsling" av innsjøen. Forskjellige tiltak som gjennomføres i innsjøen (boblegardin og tilsats av kalksalpeter) bidrar fortsatt til gradvis bedring i vannkvaliteten.

Vi vurderer deler av vannet som "Ikke egnet" til bading ut fra SFTs vurderingssystem av medianverdier gjennom sesongen (SFT, 1997). Innholdet av termotabile koliforme bakterier var svært høyt i tillopsbekkene i 1998. Spesielt gjaldt dette ved utlopet av Augestadbekken, der samtlige målinger lå over grenseverdien for tilstandsklasse V, "Meget dårlig", i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.

Innsjøen klassifiseres som "Dårlig, tilstandsklasse IV" i SFTs system for vurdering av vannkvalitet (SFT 1992). Dette er nest dårligste klasse. Figuren under viser utviklingen av vannkvaliteten siden 1983. Med fortsatt aktiv innsats vil trolig vannkvaliteten kunne stabiliseres i tilstandsklasse "Mindre god, klasse III" mhp. fosforkonsentrasjonen i løpet av få år.

År	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998
TotalP (µg/l)	81	70	57	48	60	44	73	47	41	29	24,5	36,0
Klorofyll (µg/l)	22,9	27,8	23,3	28	26,7	33,1	42,5	9,9	23	18,6	22,3	26,5
Sikt (m)	1,55	1,1	1,35	2,25	2,25	2	1	2,1	1,7	1,7	1,9	1,9
TotalN µg/l)	1100	900	1100	1100	1250	1100	1000	1185	850	750	800	900

Fargeforklaring: Tilstandsklasser:

	I Meget god
	II God
	III Mindre god
	IV Dårlig
	V Meget dårlig

Summary

Title: Monitoring of Lake Kolbotnvatnet and its tributaries 1998

Year: 1999

Author: Bjørn Faafeng and Tone Jøran Oredalen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

The water quality in Lake Kolbotn is still poor compared to the originally unaffected condition in the lake. Water quality is also poor when compared to other lakes in the region. The entry of untreated sewage water from the inlet streams was considerably reduced in the years prior to 1984-85, but have remained at the same level since 1985. Large amounts of phosphorous and organic material stored in the lake sediments still contribute to "internal fertilization" of the water column. Different actions that have been taken (aeration of the water column, addition of calcium nitrate to the hypolimnion) contribute to a gradual improvement of the water quality. On the basis of the evaluation system of Norwegian Pollution Control Authority, we consider some parts of the lake not to be recommended for swimming - due to high concentrations of thermostable coliform bacteria in the inlet streams in 1998. Provided continued efforts, it should be possible to stabilize the water quality to the grouping "III: less good" in the evaluation system within a few years.

1. Innledning

1.1 Generelt

Kolbotnvannet har en overflate på ca. 0.3 km² og ligger ved Kolbotn sentrum i Oppegård kommune. Innsjøen ligger i nedbørfeltet til Gjersjøen, som er råvannskilde for Oppegård Vannverk.

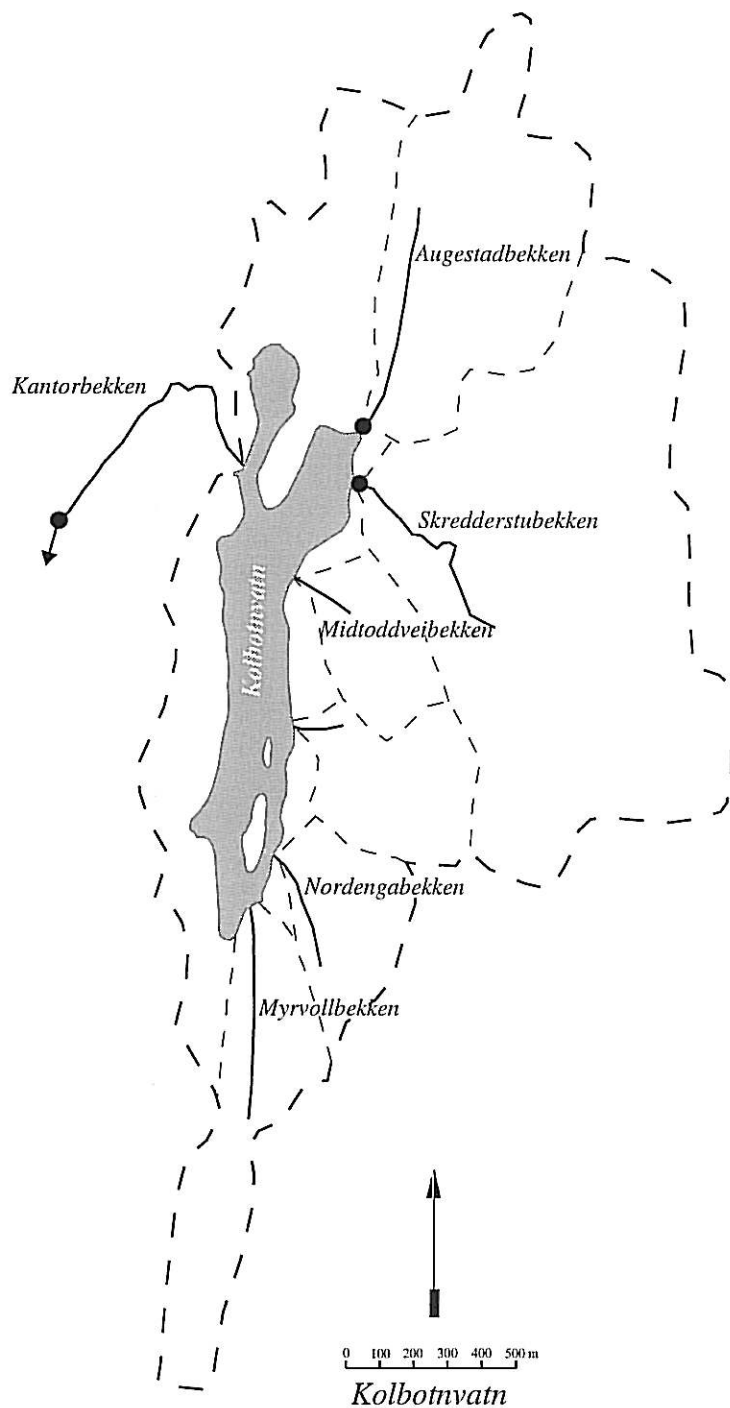
Boligutbyggingen etter krigen og innstallering av vannklosetter forårsaket økende belastning på innsjøen. Etter hvert ble det bygget ledningsnett for oppsamling av avløpsvannet til renseanlegg, men dette var mangelfullt slik at mye av avløpsvannet fortsatt fant veien til grøfter og bekker før det rant ut i Kolbotnvannet. Feilkoblinger, lekkasjer og overløp fra kommunale kloakknnett er vanlig årsak til forurensning fra tettbygd strøk.

Innsjøens problemer viste seg tydelig ved markerte oppblomstringer med blågrønnalger i overflatevannet ("vannblomst"). Den høye algeproduksjonen førte til opphopning av lett nedbrytbart organisk materiale i innsjøens bunnslam (sedimentet). Nedbrytning av det organiske materialet har ført til høyt oksygenforbruk i dypvannet.

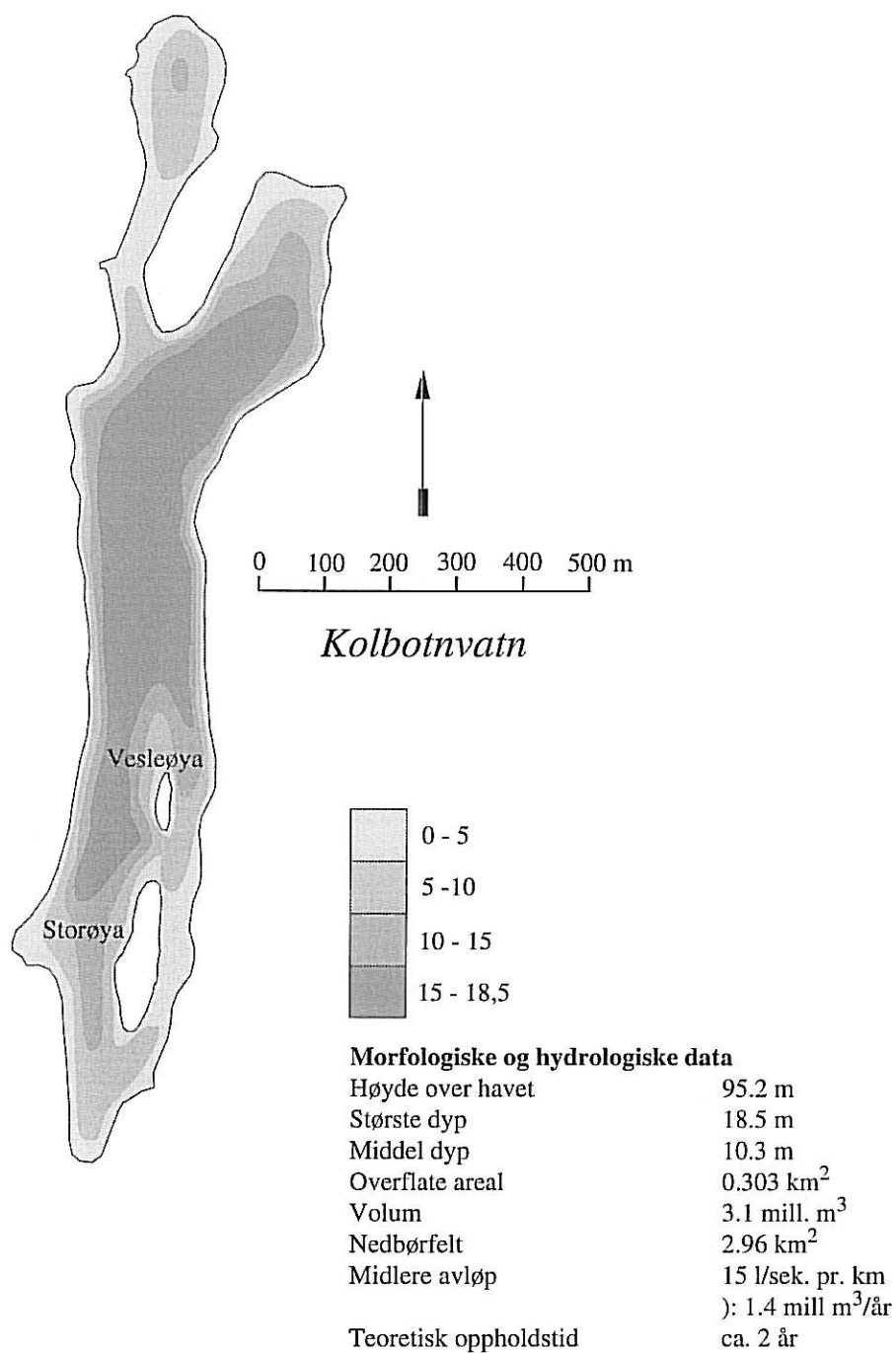
Store tilførsler av urensset avløpsvann førte også til opphopning av plantenæringsstoffet fosfor i sedimentet. Så lenge oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet av innsjøen er høy har dette fosforet liten betydning for fosforinnholdet i innsjøens vannmasser, fordi det holdes kjemisk bundet til jernforbindelser i sedimentet. Dersom oksygenet blir brukt opp pga. forråtnelsesprosessene fører det til et betydelig problem. Jernforbindelsene blir da løst opp og fosforet blir tilbakeført til vannmassene og gir næring til ny plantevekst ("indre gjødsling"). Dette er en ond sirkel som må brytes for at vannkvaliteten skal bli bedre.

Gjennom lang tid har Oppegård kommune gjennomført utbedringer av kloakknettet. Dette har redusert kloakkvanns-belastningen til innsjøen betydelig. Vannkvaliteten er blitt betydelig bedre enn på 1970-tallet, men bærer fortsatt preg av de store tilførslene gjennom høye konsentrasjoner av planteplankton, lite siktedyp og høyt oksygenforbruk i bunnvannet. Reduksjonene har ikke vært tilstrekkelige til å gi stabilt akseptabel vannkvalitet i innsjøen, dels fordi næringsreduksjonen ikke har vært stor nok, og dels fordi aktive prosesser i innsjøen fortsatt mobiliserer fosfor som er lagret i sedimentene.

Figur 1.1 viser innsjøens nedbørfelt med de viktigste tilløpsbekkene. Figur 1.2 viser et dybdekart av innsjøen.



Figur 1.1 Oversiktskart over Kolbotnvannets nedborfelt



Figur 1.2 Dybdekart over Kolbotnvannet

1.2 Restaureringstiltak – historikk

For å bedre på oksygensituasjonen ble det i 1973 satt ut en dypvannslufter (Limnox) fra Atlas Copco (Holtan 1978). Denne innretningen pumpet oksygenfattig bunnvann opp til et kammer i overflaten for å blande det med trykkluft før det ble sendt ned igjen på dypt vann. Hensikten med denne lufteren var å øke konsentrasjonen av oksygen i bunnvannet uten å bryte den termiske sjiktningen. Resultatene av tiltaket var positivt de første årene etter at Limnoxen var satt i drift (Holtan 1978).

Etter en tid ble det imidlertid klart at dette tiltaket ikke var tilstrekkelig for å holde situasjonen på et tilfredsstillende nivå. Målinger av oksygenkonsentrasjonen i 1983 viste at innsjøen, til tross for at Limnoxen var i drift, hadde oksygenvinn i store deler av dypvannet. Simuleringer ved bruk av en matematisk modell indikerte at Limnoxen hadde begrenset mulighet til å øke oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet (Palm m.fl. 1983).

En av de restaureringsmetoder som ble foreslått brukt i Kolbotnvannet er den såkalte "Riplox-metoden" (Ripl 1976) som i korthet går ut på å harve en blanding av kalsiumnitrat, jernklorid og kalk ned i sedimentet. Prinsippet bak metoden er at oksygenet som er bundet til nitraten i kalksalpeteren ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) skal fungere som oksidasjonsmiddel. Dette skjer ved at bakterier i sedimentet og bunnvannet reduserer nitrat (NO_3) til nitrogengass (N_2). Nitrogengassen forsvinner til atmosfæren samtidig som organisk materiale forbrukes i prosessen. Ved siden av nedbrytningen av det organiske materialet, er en viktig effekt at jern holdes på oksidert (treverdig) form, hvilket holder fosfor effektiv bundet i sedimentet.

Den tradisjonelle Riploxmetoden med harving av kjemikaliene ned i sedimentet er kostbar å gjennomføre i stor skala. NIVA anbefalte derfor å tilsette løst kalsiumnitrat til vannfasen like over sedimentet slik at nitratblandingen kunne diffundere ned i sedimentet. Overvåkingen har vist at nitrattilsetningen har hatt en positiv effekt på fosforbinding og redoksforhold i sedimentet.

Skredderstubekken er den nest største tilløpsbekken til Kolbotnvannet. Den er lukket flere steder, blant annet like før den renner ut i innsjøen. En eksisterende kum på oversiden av Solbråtanveien, tilstrekkelig høyt opp til å gi det nødvendige trykkfall for en dykket utløpsledning, gjorde at denne bekken ble valgt for nitrattilsetning. Nitrat i form av kalksalpeter, som blir tilsatt i kummen, løses raskt og føres ut like over det dypeste området av Kolbotnvannet. Dette utføres rutinemessig av Oppegård kommune. Bekkevannet innlagres under sprangsjiktet pga. lav temperatur og derved stor tetthet. I mars og juli blir det normalt tilsatt 5-10 tonn kalksalpeter til bekkevannet, men i 1996 ble dette ikke gjort.

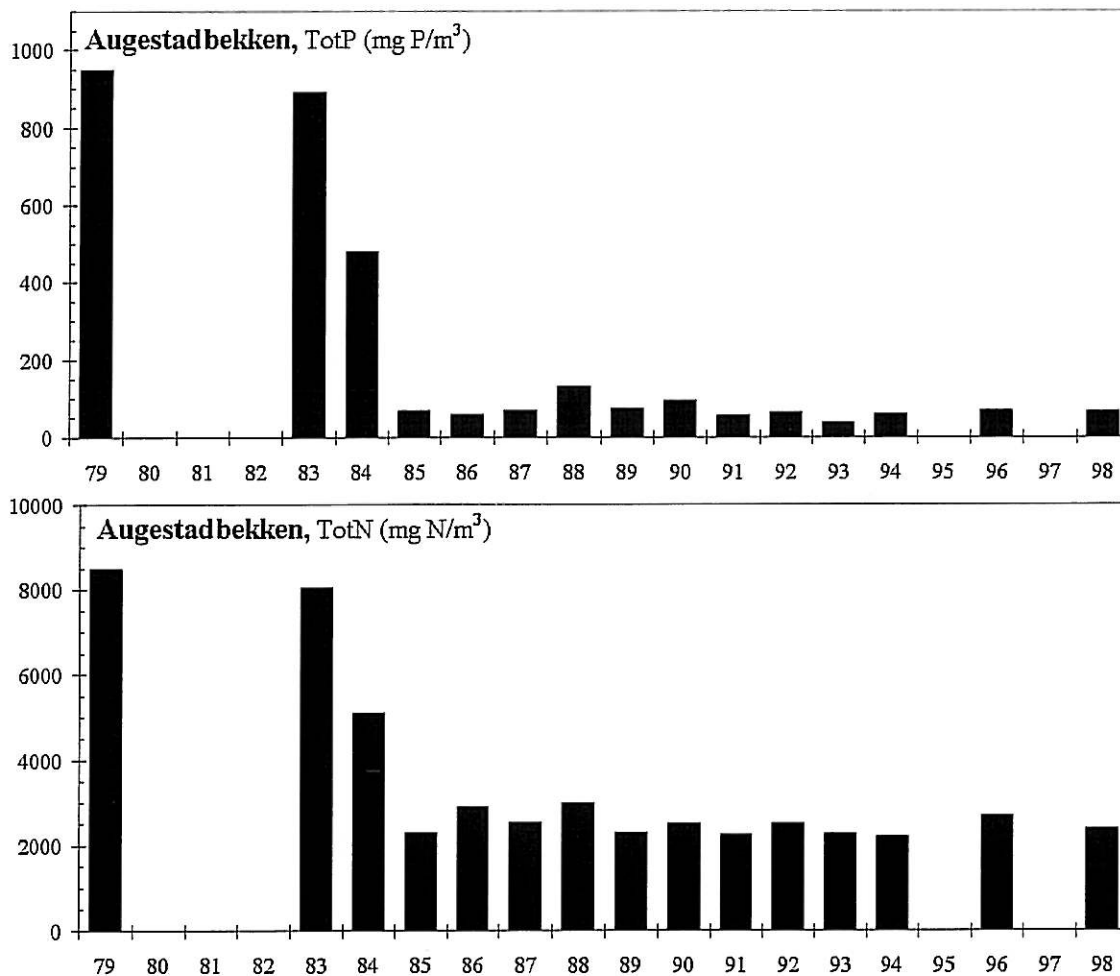
Etter det en visste om de dårlige sirkulasjonsforholdene i Kolbotnvannet var det klart at en kjemisk oksidasjon av sedimentet ikke var tilstrekkelig til å bedre oksygenforholdene i innsjøen på kort sikt. For å effektivisere og forlenge sirkulasjonsperiodene i Kolbotnvannet ble det i 1986 anlagt en såkalt boblegardin i innsjøen. Fra den eksisterende kompressorstasjonen som ble brukt til å drive Limnoxen, ble det lagt en PVC-rørledning ut til største dyp. Ledningen er festet til kraftige moringer via en kjetting som holder ledningen ca. 0.5 m over sedimentet. De ytterste 20 metrene er perforert med 2 mm hull for hver 0.5 m. Når trykkluft settes på, river luftboblene med seg vannet oppover og skaper en kraftig sirkulasjon som effektivt øker oksygeninnblandingen i vannet. Boblegardinen gir effektiv lufting av vannmassene fra overflaten ned til bunnen.

2. Tilløpsbekkene til Kolbotnvannet

Det tas rutinemessig prøver av vannkvaliteten fra to av de viktigste tilløpene til Kolbotnvannet: Skredderstubekken og Augestadbekken (Figur 1.1). Store deler av disse og andre bekker i området er lagt i rør ("bekkelukking"). Kolbotnvannet med tilløpsbekker har siden 1995 vært prøvetatt annenhvert år, etter reduksjon i det opprinnelige årlige overvåkningsprogrammet. I 1998 er bekkene prøvetatt 11 ganger fra februar til november.

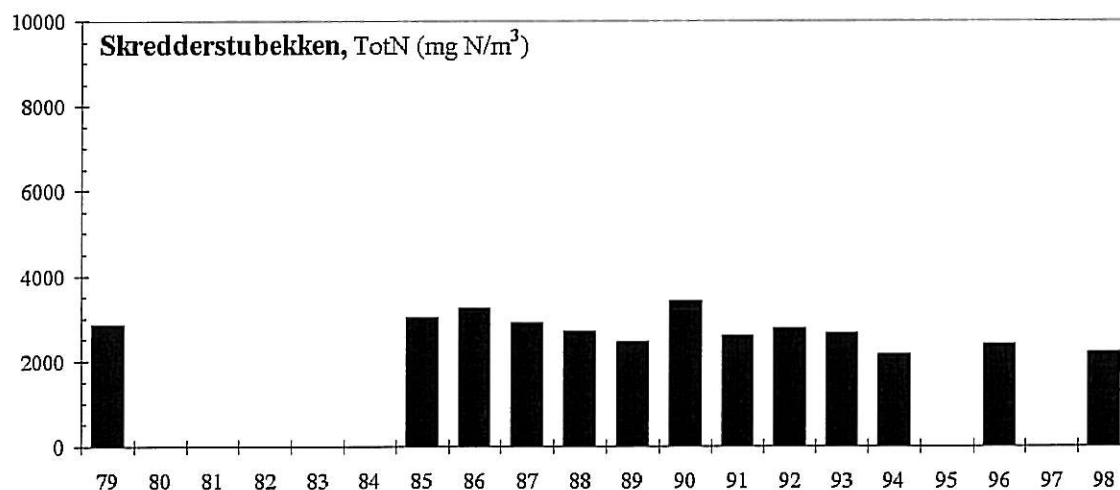
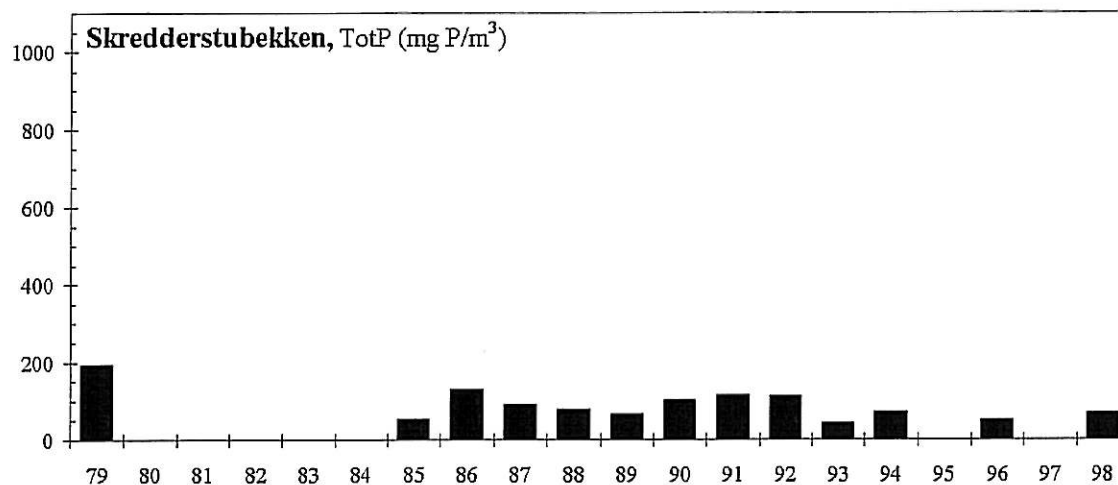
2.1 Fosfor og Nitrogen

Fosfor er normalt det viktigste vekstbegrensende næringsstoff for planteplankton i innsjøer. Figur 2.1 og 2.2 viser mediane konsentrasjoner av nitrogen og fosfor i produksjonssesongen for de to bekkene i perioden 1979 - 98. Konsentrasjonene av h.h.v. fosfor og nitrogen i de to undersøkte bekkene er i dag omtrent like høye, mens konsentrasjonene var vesentlig høyere i Augestadbekken før 1985 (figur 2.1-2.3). Fosforverdiene i Augestadbekken er redusert til under 10% og nitrogenverdiene til omtrent 25% av nivået for 20 år siden (figur 2.1). I Skredderstubekken er fosforkonsentrasjonene halvert i perioden, mens nitrogenkonsentrasjonen har holdt seg på samme nivå siden 1979 (figur 2.2).

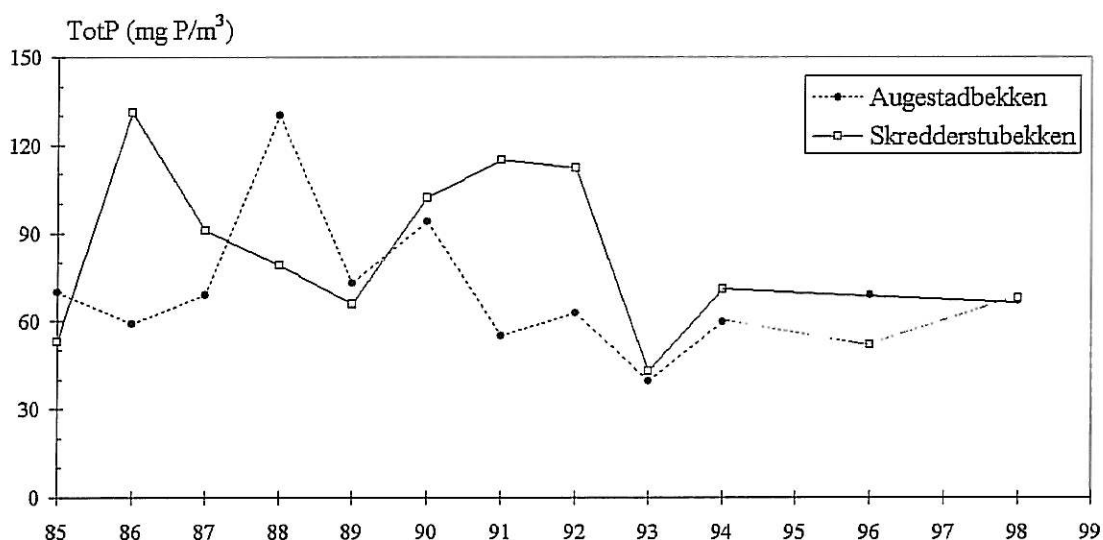


Figur 2.1 Medianverdier av nitrogen- og fosforkonsentrasjonene i produksjonssesongen (1.mai-1.oktober) for Augestadbekken 1979-98.

Fosforkonsentrasjonene i de to tilløpsbekkene er fortsatt vesentlig høyere enn konsentrasjonen i Kolbotnvannet. Gjennomsnittsverdien i 1998 for Skredderstubekken var 258 mg totP/m³, 77,3 mg/m³ for Augestadbekken, mens den var 32 mg/m³ i 0-4 meter-sjiktet i Kolbotnvannet.



Figur 2.2 Medianverdier av nitrogen- og fosforkonsentrasjonene i produksjonssesongen (1.mai-1.oktober) for Skredderstubekken 1979-98.



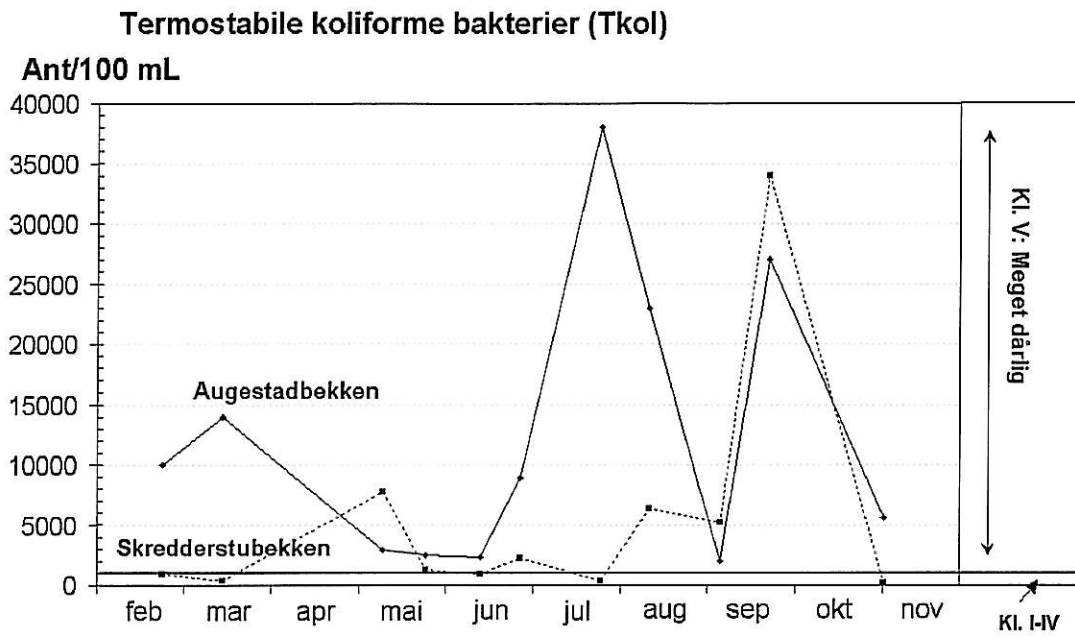
Figur 2.3 Sammenligning av årlige medianverdier av fosforkonsentrasjonen i Augestad- og Skredderstubekken, perioden 1985-98.

2.2 Bakterier

Innholdet av termostabile koliforme bakterier er målt både i Augestad- og Skredderstubekken gjennom hele 1998. Gjennomgående er bakterietallene svært høye, og for Augestadbekken ligger samtlige målinger over grenseverdien for tilstandsklasse V, "Meget dårlig", i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Skredderstubekken har også flere episoder gjennom året der grenseverdien på 1000 bakterier/100 mL blir overskredet (figur 2.4).

Det høye bakterietallet viser at det fortsatt er lekkasjer av avløpsvann til overvannsnett. Det er spesielt betenkelig med det høye innholdet av termostabile koliforme bakterier i Augestadbekken, som har åpent utløp ved brygga i nordenden av Kolbotnvannet. Dette er et rekreasjonsområde som er mye benyttet, spesielt av barn med aktiviteter som medfører bruk av strandsonen ved bekkeutløpet. Vannet i dette området må betegnes som "ikke egnet" for bading, ut fra SFTs egnethetsklasser (SFT 1997).

I følge kommunen ble det i perioden mai til november 1998 gjort utbedringer på ledningenettet oppstrøms Skredderstubekken. Effekten av dette vil kunne fanges opp ved en eventuell ny prøvetakingsserie.



Figur 2.4 Termostabile koliforme bakterier i Augustad- og Skredderstubekken i 1998.

3. Vannkvaliteten i Kolbotnvannet

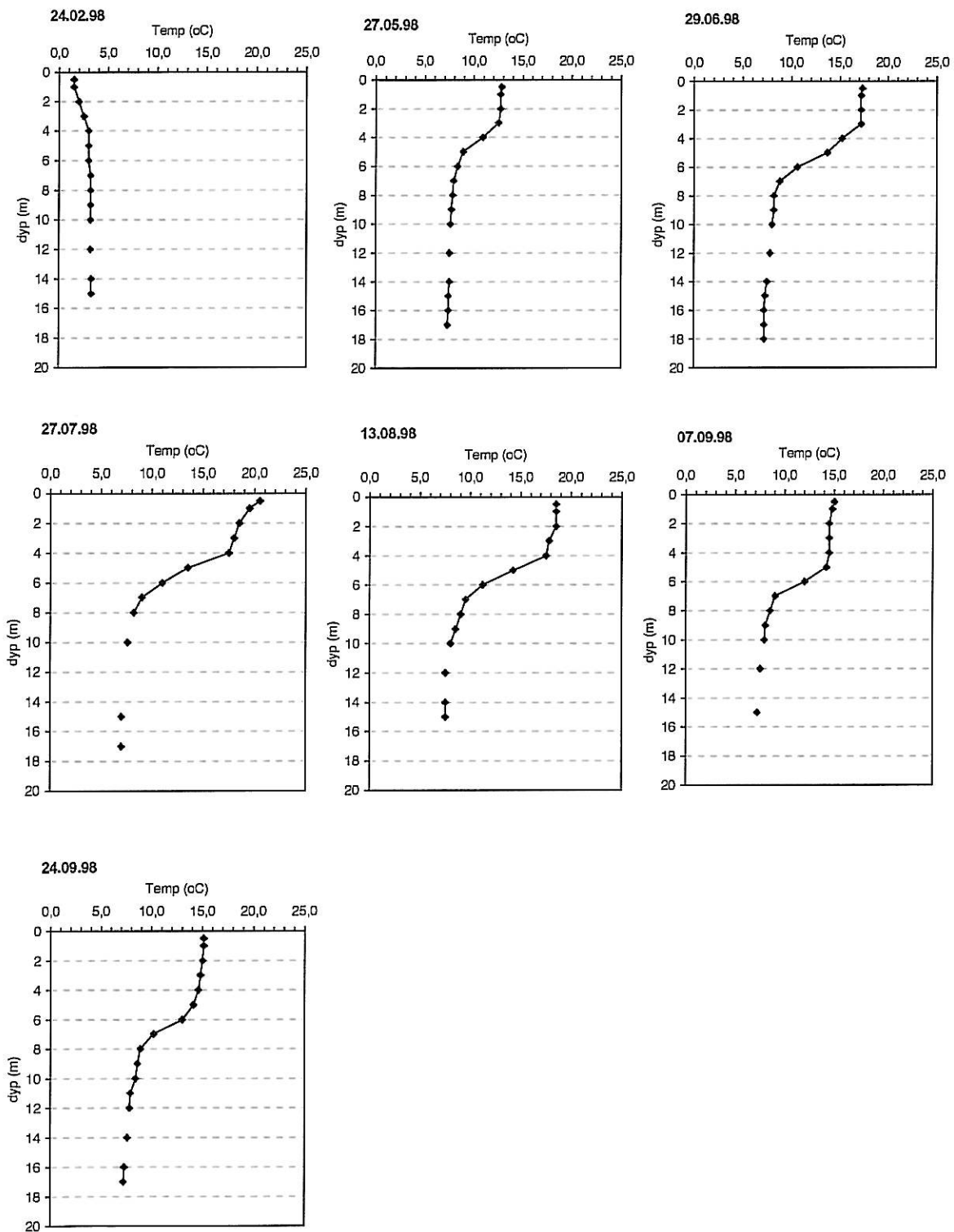
3.1 Temperatur og oksygen

Fordelingen av temperatur og oksygenkonsentrasjon vertikalt i vannmassen gir et godt bilde av den vertikale sjiktningen av vannmassene i innsjøen. Normalt vil en innsjø ha samme temperatur gjennom hele vannmassen en kort periode om våren og en lengre periode om høsten, de såkalte sirkulasjonsperiodene. Om vinteren og om sommeren vil lettere overflatevann ligge over tyngre bunnvann. Sprangsjiktet, som er området mellom disse to vannlagene der vanntemperaturen endrer seg raskt, danner et lokk som sperrer for blanding av vannmassene. I Kolbotnvannet ligger sprangsjiktet på mellom 4 og 8 meters dyp (figur 3.1) gjennom hele sommersesongen. Dette fører til at det om sommeren og under isleggingen om vinteren ikke tilføres nytt oksygen til bunnvannet. Temperatursjiktningen har derfor stor betydning for oksygenfordelingen i vannmassene. Det har vært et stort problem med oksygenvinn i bunnvannet i Kolbotnvannet pga. den kraftige forurensningen og beskjeden omblending fordi innsjøen ligger godt beskyttet mot vind.

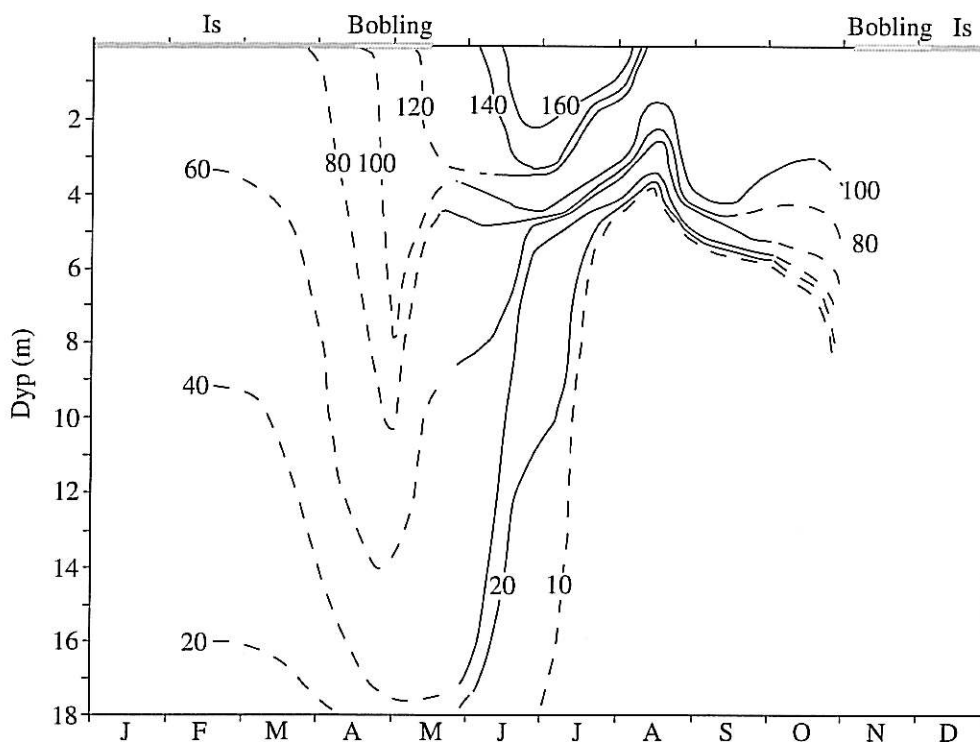
Oksygenkonsentrasjonen fremstilles ofte i prosent av "metning", dvs. i likevekt med atmosfæren ved en gitt temperatur (100%). I en innsjø som er lite forurensnet vil oksygenmetningen være nær 100% fra overflaten ned mot bunnen. I Kolbotnvannet i 1998 var det fra begynnelsen av juli og fram til høstsirkulasjonen under 10% oksygenmetning under 4 meters dyp pga. nedbryting av tilført organisk stoff og av plante- og dyremateriale som er produsert i innsjøen. Fra 10 meter og ned til bunnen på 18 meter, var det kun 2-3% oksygenmetning i samme periode (figur 3.2). Dette avviker ikke vesentlig fra målingene i 1996.

Ved oksygenvinn frigjøres fosfat som er bundet i sedimentet til overliggende vannmasser ("indre gjødsling"). Ved sirkulasjonsperiodene vår og høst blir dette fosfatet tilgjengelig i hele vannmassen, og fører til ytterligere algevekst (se kapittel 1.1). I tillegg til at boblegardinen gir innsjøen "kunstig åndedrett" ved å forlenge sirkulasjonsperiodene, bidrar også tilførselen av kalksalpeter til å redusere denne "indre gjødslingen" på sikt (se kapittel 1.2).

I 1998 ble det tilsatt 5 tonn kalksalpeter til bunnvannet i siste halvdel av mars, og 5 tonn i perioden 22. juni til 22. juli. Boblegardinen var i drift i to perioder: fra isgang i slutten av april til midten av mai, og fra første uken av november til islegging i første uke av desember.



Figur 3.1 Utviklingen i temperaturprofiler i Kolbotnvann 1998.

O₂-metning, Kolbotnvatn 1998

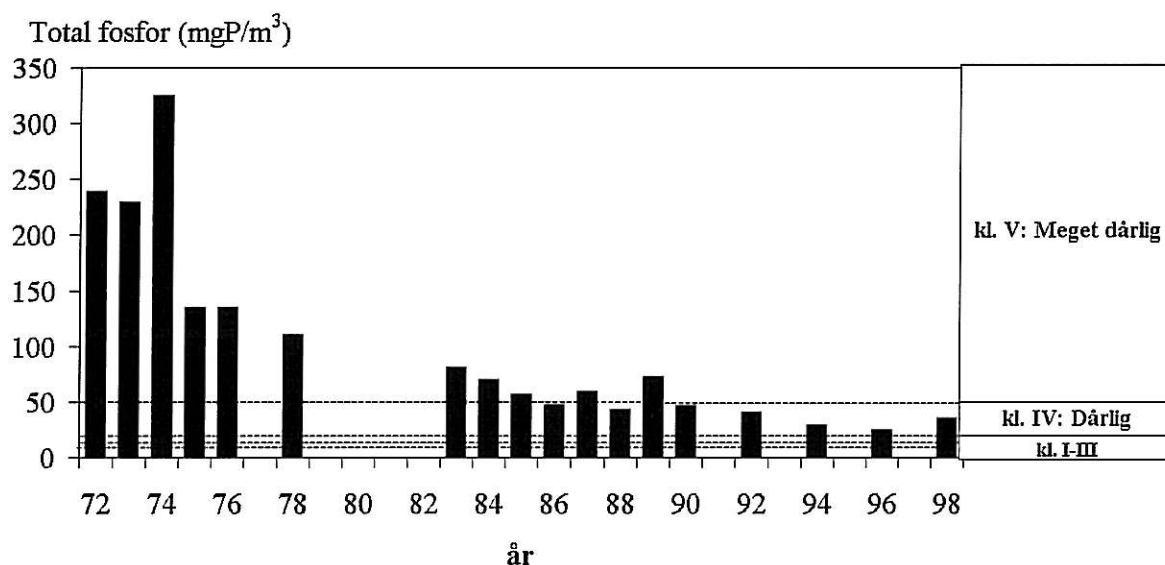
Figur 3.2 Oksygenmetning (%) i Kolbotnvann i 1998

3.2 Fosfor og nitrogen

Fosfor- og nitrogenkonsentrasjonene i Kolbotnvannet har gradvis avtatt siden målingene startet i 1972. Fra 1996 og fram til 1998 har det skjedd en liten økning for begge næringsstoffene i de øvre vannmassen. I 1996 var h.h.v. fosfor og nitrogenkonsentrasjonen i 0-4 meter sjiktet 25 og 817 mg/m³, mens den i 1998 var på 32 og 930 mg/m³, en endring som trolig skyldes tilfeldige variasjoner i værforhold etc. Vannkvaliteten er fortsatt klassifisert som "Dårlig" (klasse IV) etter SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997) (figur 3.3 og 3.4).

Fosforkonsentrasjonen må reduseres til under 20 mgP/m³ for å gå over i en bedre vannkvalitetsklasse, dvs. klasse III. Til sammenlikning var fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen i underkant av 11 mgP/m³ i 1997, som tilsvarer tilstandsklasse II. Fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen var på det høyeste ca. 75 mgP/m³ på 1960-tallet. Konsentrasjonen i Kolbotnvannet er dels et resultat av fortsatt for høy tilførsel av fosforholdig vann fra nedbørfeltet og dels "indre gjødsling".

Selv om oksygenforholdene i innsjøen ikke var vesentlig forskjellige i 1996 og 1998 (se kapittel 3.1), var fosforkonsentrasjonene i bunnvannet ved slutten av sommerstagnasjonsperioden noe lavere i 1998 enn de var i 1996. Dette kan skyldes at det i 1998 ble tilsatt kalksalpeter, og at det på høsten fortsatt var tilstrekkelig nitrat-mengder til stede i bunnvannet til å dempe fosforlekkasjene fra sedimentet. I 1996 ble det ikke tilsatt kalksalpeter i innsjøen. Mot slutten av sommersesongen var nitrateservene like over sedimentoverflaten helt brukt opp, og total-fosforkonsentrasjonen var oppe i 300 mg/m³. Vi anbefaler derfor at tilsetning av kalksalpeter fortsetter.

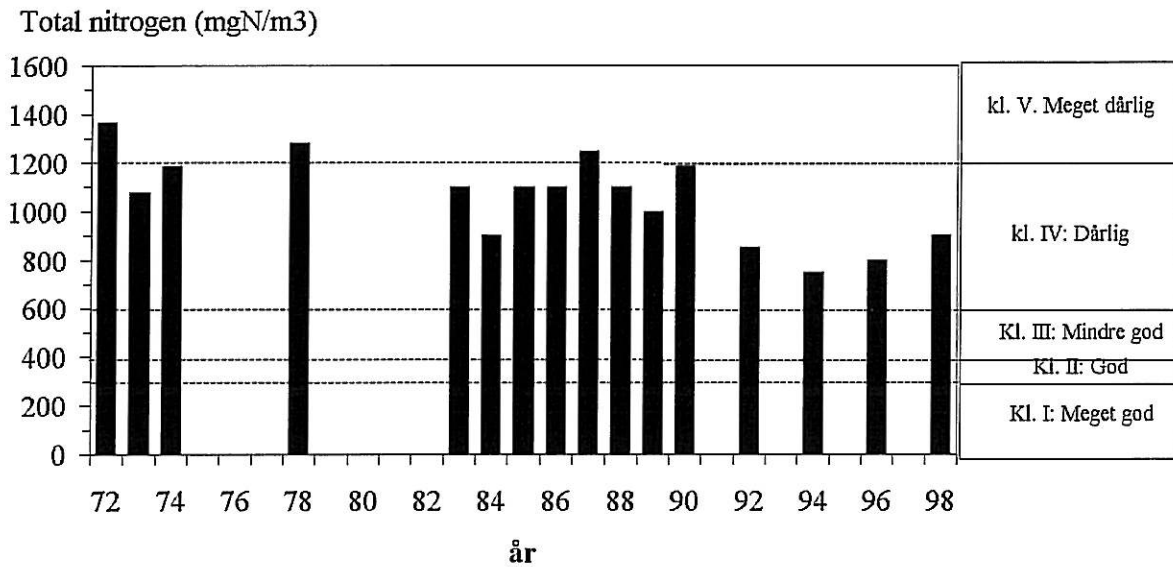


Figur 3.3 Fosforkonsentrasjon i Kolbotnvannet 1972-98 (medianverdier for vekstsesongen, 1.mai-1.oktober). På høyre side av diagrammet vises SFTs grenseverdier for vannkvalitetsklasser (SFT 1997).

Nitrogen, som er det vekstbegrensende stoff for algene i havet, har sjelden samme effekt i ferskvann. Bare når innsjøene er blitt sterkt forurensede ser det ut til at balansen mellom fosfor og nitrogen gir underskudd på nitrogen.

Utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i Kolbotnvannet viser en svakt avtakende tendens siden tidlig på 1970-tallet (figur 3.4). Med unntak av enkelte år i denne perioden, plasseres Kolbotnvannet i SFTs klasse IV ("Dårlig") mht. nitrogenkonsentrasjon (SFT 1997). Dette var fortsatt tilstanden i 1998, selv om det skjedde en svak økning i nitrogenkonsentrasjonen i forhold til 1996, fra 800 til 920 mg/m³. Hovedårsaken til den høye konsentrasjonen i Kolbotnvann er tilførsel av urensede avløpsvann, men høyt nitrogeninnhold i nedbør og en viss avrenning fra forurensede gater ol. bidrar også. Det er verdt å merke seg at nitrogen-konsentrasjonen er betydelig lavere i Kolbotnvannet enn i Gjersjøen, fordi Gjersjøen tilføres mye nitrogen fra landbruksområder og dels fordi nitrogen fjernes effektivt pga. naturlige prosesser i sedimentene i Kolbotnvannet. Dersom tilstandsklassen for Kolbotnvannet skal bedres fra klasse IV til klasse III ("Mindre god"), må nitrogenkonsentrasjonen reduseres fra dagens nivå på 900 mg/m³ til under 600 mg TotN/m³.

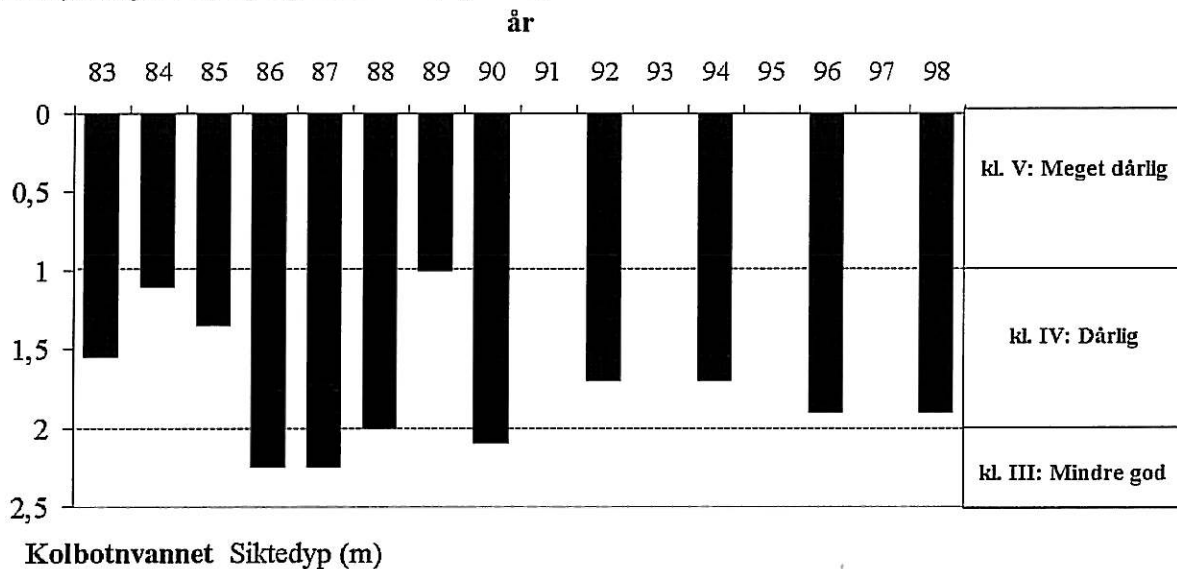
Den avtakende tendensen, og det moderate konsentrasjonsnivået sammenliknet med Gjersjøen, bekrefter tross alt at tilførsler av store mengder kalksalpeter til Kolbotnvannets bunnvann for å oksidere bunnslammet, ikke har ført til økte nitrogenkonsentrasjoner i overflatevannet (se kapittel 2). Det viser samtidig at behandlingen har sin ønskede effekt ved at nitrat i kalksalpeteren reduseres til (uskadelig) nitrogen gass som avgis til atmosfæren.



Figur 3.4 Nitrogenkonsentrasjon i Kolbotnvannet 1972-98 (medianverdier for vekstsesongen, 1.mai-1.oktober). På høyre side av diagrammet vises SFTs grenseverdier for vannkvalitetsklasser (SFT 1997).

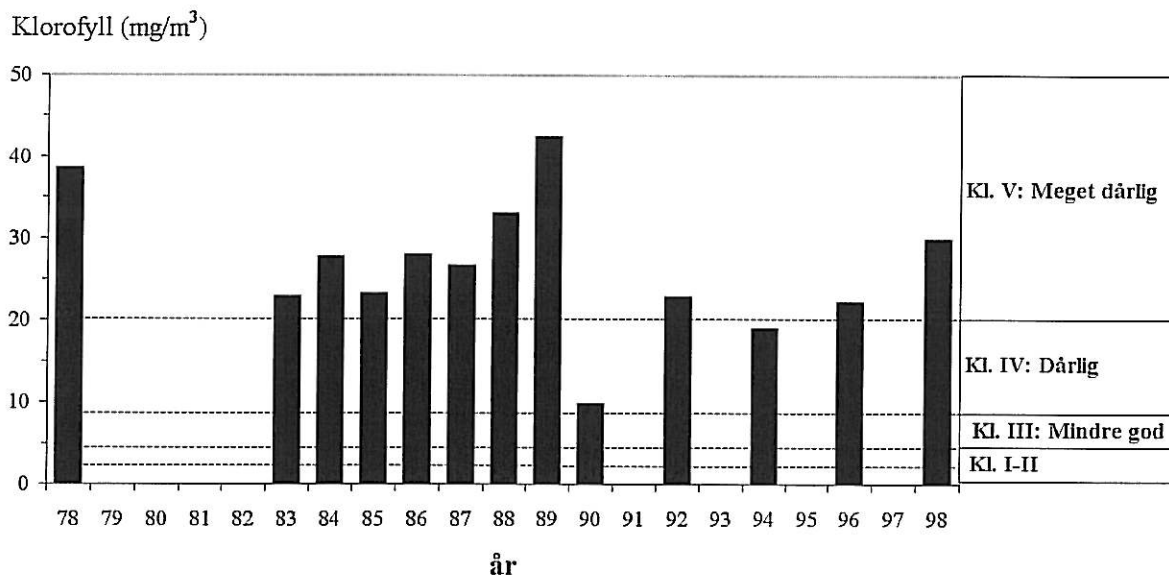
3.3 Siktedyp

I en innsjø som Kolbotnvannet vil mengden oftest være avgjørende for siktedypet, men utspyling av partikler fra nedbørfeltet under snøsmelting og regnvær har også stor betydning. Anleggsvirksomhet kan i perioder være en betydelig kilde til partikler. Siktedypet har stort sett variert mellom 1 og 2 meter, som vurderes som klasse IV ("Dårlig") i SFTs vurderingssystem for vannkvalitet (figur 3.5). For å komme opp i en bedre kvalitetsklasse må gjennomsnittlig siktedyp øke til mer enn 2m, noe som skulle være innenfor aktuell rekkevidde. Siktedypet varierer i stor grad i takt med endringer i klorofyll (figur 3.6) og algebiomasse (figur 3.7).



Figur 3.5 Siktedyp i Kolbotnvannet 1983-98 (medianverdier for vekstsesongen, 1.mai-1.oktober). På høyre side av diagrammet vises SFTs grenseverdier for vannkvalitetsklasser (SFT 1997).

3.4 Planteplankton



Figur 3.6 Klorofyllkonsentrasjon i Kolbotnvannet 1978-98 (medianverdier for vekstsesongen, 1.mai-1.oktober). På høyre side av diagrammet vises SFTs grenseverdier for vannkvalitetsklasser (SFT 1997).

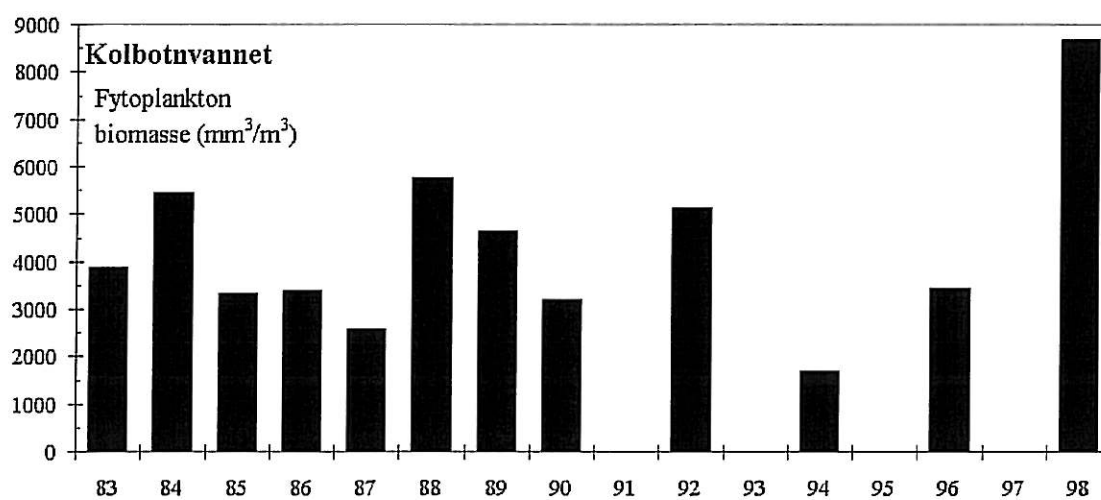
Analyseresultatene for mengde og sammensetning av planteplankton i Kolbotnvatn 1998 er vist i figur 3.8, og i tabell i vedlegg B bakerst i rapporten. Som det fremgår av resultatene ble det registrert et maksimum i slutten av juli på hele 17,3 mg/l og et gjennomsnitt for vekstsesongen på 10 mg/l (se Fig. 3.8). Den største algebiomassen forekom i juli-august som tidligere år, men registrert maksimum i 1996 på 6,8 mg/l på samme tiden var bare ca. 40 % av algevolumet i 1998. Gjennomsnittet for sesongen i 1996 på 3,9 mg/l var også ca. 40% av gjennomsnittet for 1998, så det er klart at det var en betydelig større algebiomasse i Kolbotnvatn i 1998 enn i 1996.

Mens planteplanktonsamfunnet under maksimum i 1996 var dominert helt av gruppen Cyanophyceae (blågrønnalger, cyanobakterier) med ulike arter av slekten *Anabaena*, var det gruppen Dinophyceae (fureflagellater) som dominerte planteplanktonet under maksimum i 1998. Helt dominerende art da var *Ceratium hirundinella*. Denne arten forekom bare i små mengder i 1996.

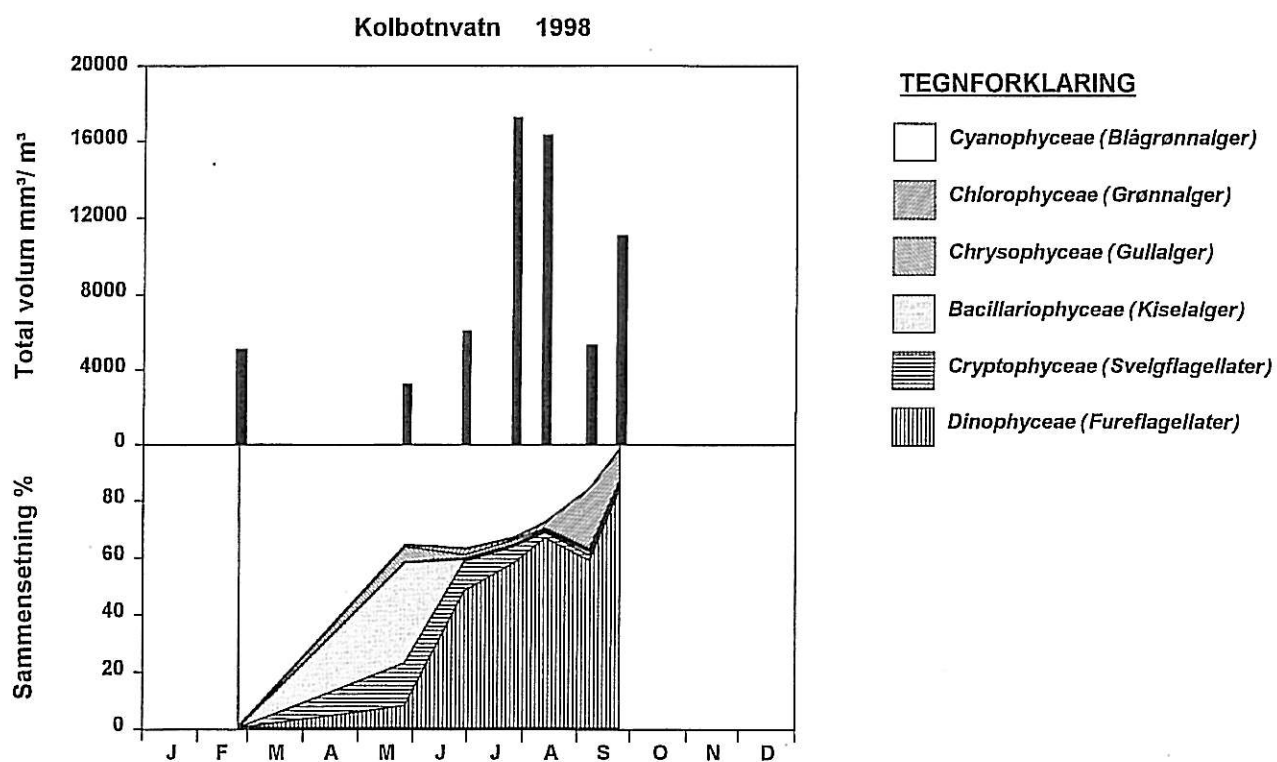
Gruppen Cyanophyceae dominerte algesamfunnet tidligere i sesongen i 1998. I prøven samlet inn på ettervinteren i februar var det *Planktothrix agardhii* som utgjorde omtrent 99 % av det totale planteplanktonvolum. Tidlig i vekstsesongen i 1998 var det et større innslag av arter innen gruppen Bacillariophyceae (kiselalger), først og fremst ved arten *Fragilaria ulna* morfotyp *angustissima*. Kiselalgen *Asterionella formosa*, som dominerte i algesamfunnet tidlig i sesongen 1996, ble nesten ikke registrert i planteplanktonet i 1998.

Andre grupper var av helt underordnet betydning i planteplanktonsamfunnet i vekstsesongen 1998.

Ut fra analyseresultatene for planteplankton i 1998, sammenlignet med resultatene for 1996, ser det ut som det har vært en forverring av vannkvaliteten i vannmassene i Kolbotnvatn med en økende eutrofiering. Høy algebiomasse i 1998 kan skyldes stor utvasking og tilførsler til innsjøen av næringsalter på grunn av store nedbørmengder dette året.



Figur 3.7 Algebiomasse (våtvekt) i Kolbotnvannet 1983-98 (medianverdier for vekstsesongen, 1. mai-1. oktober).



Figur 3.8 Planteplanktonets biomasse og artssammensetning i 1998 i mm^3/m^3 ($1000 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ tilsvarer 1 mg/l)

3.5 Klassifisering av tilstanden i Kolbotnvann

Vannkvalitetsklassifisering

SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann i Norge (SFT 1997) er delt inn i fem tilstandsklasser, fra klasse I (Meget god) til klasse V (Meget dårlig). Vannkvaliteten kan bedømmes ut fra ulike parametre, men de to viktigste for problematikken i Kolbotnvannet er fosfor og klorofyll (Tabell 3.1). Vannkvaliteten vil variere noe fra år til år og det er derfor nødvendig å se på utviklingen over en viss periode. Under har vi presentert utviklingen i vannkvalitet i Kolbotnvannet i perioden 1983-98.

Tabell 3.1 Vannkvalitetsklasser for de 4 viktigste parametrene i Kolbotnvannet. Kodeforklaring nederst. Medianverdiene for vekstsesongen (1. mai til 1. oktober) er påført sammen med kode for tilstandsklassen

År	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998
TotalP (µg/l)	81	70	57	48	60	44	73	47	41	29	24,5	36,0
Klorofyll (µg/l)	22,9	27,8	23,3	28	26,7	33,1	42,5	9,9	23	18,6	22,3	26,5
Sikt (m)	1,55	1,1	1,35	2,25	2,25	2	1	2,1	1,7	1,7	1,9	1,9
TotalN (µg/l)	1100	900	1100	1100	1250	1100	1000	1185	850	750	800	900

Fargeforklaring: Tilstandsklasser:

	I Meget god
	II God
	III Mindre god
	IV Dårlig
	V Meget dårlig

De tre parametrene: total fosfor (totP), klorofyll (klf) og siktedyp er av spesiell interesse. Fra en "meget dårlig" tilstand (klasse V) for fosfor og klorofyll tidlig i perioden, har innsjøen utviklet seg gradvis mot en "dårlig" tilstand (klasse IV). Dette er selvsagt positivt, spesielt når en ser den store nedgangen i fosforkonsentrasjonen, men vannkvaliteten er fortsatt langt fra tilfredsstillende. Innsjøen bør etter ytterlige tiltak over noen år kunne etablere seg i tilstandsklasse III ("mindre god"). Grenseverdiene mellom klasse IV og III er:

total fosfor	mindre enn 20 mg/m ³
klorofyll	mindre enn 8 mg/m ³
siktedyp	mer enn 2 meter

Til sammenligning ligger nå Gjersjøen i klasse II ("God") og III ("Mindre god") for de viktigste parametrene.

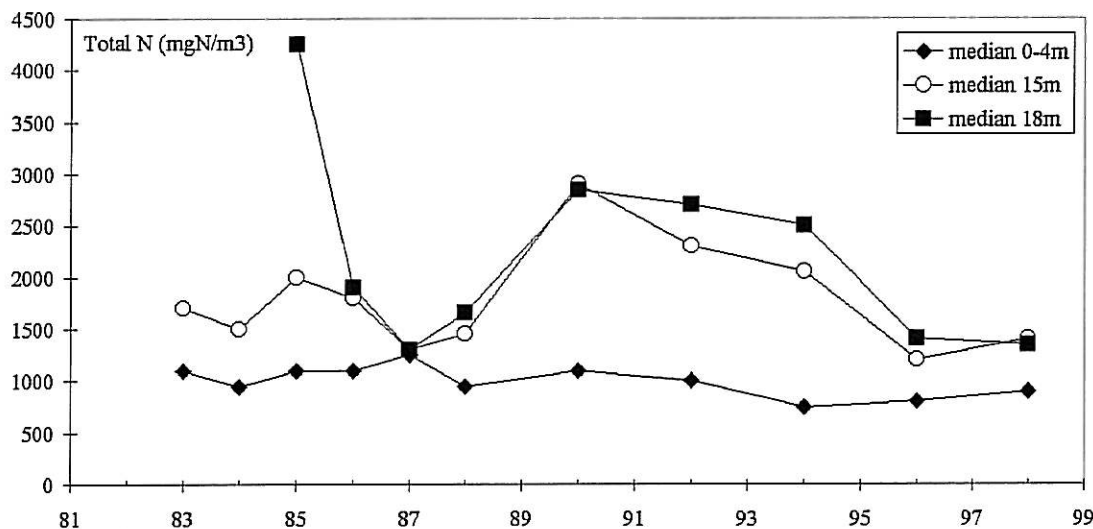
4. Behov for fortsatt nitrogendosering?

Som omtalt tidligere i rapporten er det blitt tilsatt nitrat til bunnvannet i Kolbotnvannet gjennom en årrekke for å redusere oksygenforbruket og utlekkingen av fosfat fra sedimentet til vannmassene.

En kunne kanskje frykte at slike tilsatser vil gi økte nitrogenkonsentrasjoner i vannet, men konsentrasjonen i overflatevannet har ikke økt i perioden 1983-96 (Figur 4.1); snarere tvert om.

Generelt kan en vente at nitrogenkonsentrasjonen vil kunne øke både i overflatevannet og i bunnvannet ved:

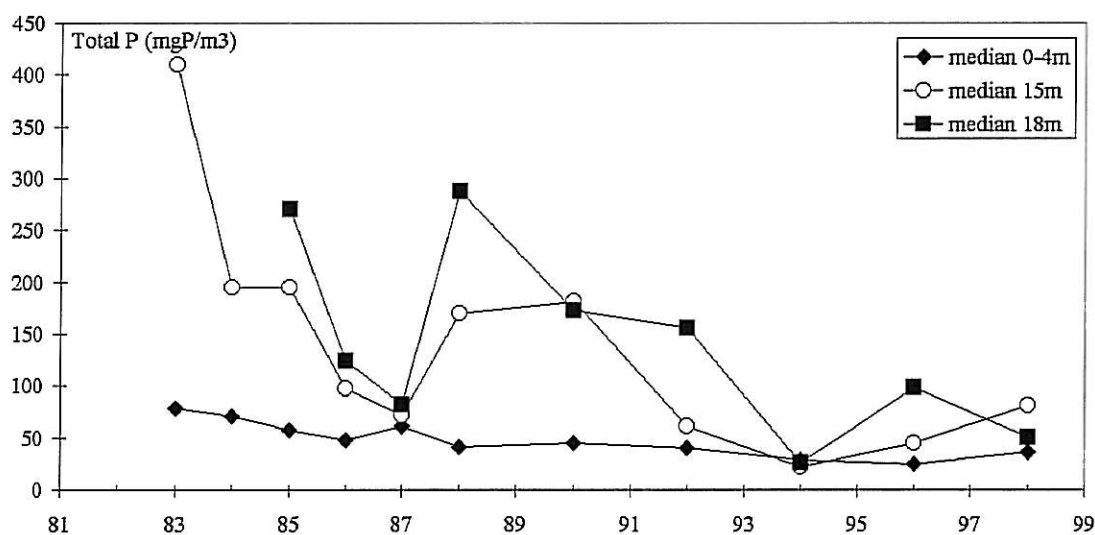
- overdosering med kalksalpeter (kap. 2.2)
- at nitratforbruket i bunnslammet etterhvert blir mindre.



Figur 4.1 Nitrogenkonsentrasjon (medianverdier for produksjonssesongen, 1. mai-1 .oktober) i tre dybdenivåer i Kolbotnvannet, perioden 1983-98.

Det ser ikke ut til at noen av disse problemene har begynt å melde seg i Kolbotnvannet (Figur 4.1). Nitrogenkonsentrasjonen i overflatevannet har i perioden vært svakt avtakende, mens konsentrasjonen både på 15 og 18 meter var langt lavere i 1996 enn i 1994. Dette fordi det ikke ble dosert nitrat i 1996. Total-nitrogenet varierte også lite gjennom sesongen, men andelen nitrat avtok til et minimum fra august og utover for begge dypene.

Det ble ikke tilsatt kalksalpeter til bunnvannet i Kolbotnvannet i 1996. Utviklingen med svært reduserte nitrat-konsentrasjoner i bunnvannet mot slutten av sesongen er også observert tidligere år (1988, 1989), når doseringen har vært for lav. Kombinasjonen av manglende løst oksygen og manglende nitrat som oksidasjonsmiddel, øker faren for frigivelse av fosfor fra sedimentet. Vi så da også en økning i median-konsentrasjonen av total-fosfor på 15 og 18 meters dyp i 1996 (Figur 4. 2).



Figur 4.2 Fosforkonsentrasjon (medianverdier for produksjonssesongen, 1. mai-1. oktober) i tre dybdenivåer i Kolbotnvannet, perioden 1983-98.

På begge dypene øker konsentrasjonen av både total-fosfor og fosfat utover i sesongen, kraftigst fra august og fram mot stopp i målingene sist i september.

Måleresultatene fra 1998 viser at det fortsatt er ønskelig med dosering av kalksalpeter til bunnvannet for å hindre transport av fosfor fra sedimentet og ut i innsjøen.

Litteratur

- Holtan,H. og G. Holtan 1978. Kolbotnvannet. Sammenstilling av undersøkelsesresultater 1972-1977. NIVA O-5/70.
- Palm,H.C., Vatne,B.H., Krog,R. og Høiberg,J. 1983. Simulering av oksygenutviklingen i en innsjø i dyplagene under sommer-stagnasjonen med praktisk utforming for Kolbotnvannet.Prosjektoppgave INI53, Inst. for Informatikk, Universitetet i Oslo.
- Ripl,W. 1976. Biochemical oxidation of polluted lake sediment with nitrate - a new lake restoration method. *Ambio*, 5,3.
- Statens forurensningstilsyn 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. ISBN 82-7655-368-0. TA-1468/1997, 31 s.

Vedlegg A. Tidligere NIVA-rapporter om Kolbotnvannet

Holtan, H. 1971. Kolbotnvannet. En limnologisk undersøkelse 1967-1970. NIVA-rapport.

Holtan, H. 1974. Undersøkelser av Kolbotnvannet i forbindelse med luftingsforsøk. NIVA-notat O-5/70. 21.8.74.

Brettum, P., S. Rognerud, O. Skogheim og M. Laake 1975. Små eutrofe innsjøer i tettbygde strøk. NIVA.

Holtan, H. og G. Holtan 1978. Kolbotnvannet. Sammenstilling av undersøkelsesresultater 1972-1977. NIVA O-5/70.

Holtan, H., P. Brettum, G. Holtan og G. Kjellberg 1981. Kolbotnvannet med tillop. Sammenstilling av undersøkelsesresultater 1978- 1979. NIVA O-78007 (l.nr. 1261).

Erlandsen, A.H., P. Brettum, J.E. Lovik, S. Markager og T. Källqvist 1988. Kolbotnvannet. Sammenstilling av resultater fra perioden 1984-87. NIVA O-8307802 (l.nr. 2161).

Faafeng, B., A. Erlandsen og J.E. Lovik 1990. Kolbotnvannet med tillop 1988 og 1989. NIVA-rapport l.nr. 2408. 56s.

Faafeng, B., A.H. Erlandsen, J.E. Lovik og Tone Joran Oredalen 1991. Kolbotnvannet med tillop 1990. NIVA-rapport l.nr. 2604. 42s.

Faafeng, B. 1995. Overvåking av Kolbotnvannet 1994 samt av Gjersjøens tillopsbekker. NIVA-rapport l.nr. 3397-96. 46s.

Faafeng, B., P. Brettum, E. Fjeld, T.J. Oredalen 1997. Evaluering av Kolbotnvannet. Overvåking av vannkvalitet og tilførsler til Gjersjøen via tillopsbekker i 1996, samt undersøkelse av miljøgifter i sedimenter. NIVA-rapport l.nr. 3707-97. 67s.

Vedlegg B. Figurer og tabeller

- Vannkjemiske analyser Kolbotnvannet
- Vannkjemiske analyser Augestad- og Skredderstubekken
- Tabell over kvantitativ planteplanktonanalyse

Vannkjemiske analyser, Kolbotnvannet 1998

0-4 meter	Dato	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	TOTP µg/L	TOTN µg/L	NO3N µg/L	KLFA µg/L	Kond mS/m	PH
	24.02.98						10,2		
	27.05.98	2,0	13,1	26	1100	530	12,7	25,8	7,97
	29.06.98	3,8	16,5	39	900	160	33,5	24,7	9,06
	27.07.98	6,1	12,9	41	1100	6	66,7	25,5	9,05
	13.08.98	3,4	11,7	36	900	<1	51,9	25,0	8,06
	07.09.98	3,3	15,4	18	600	26	17,7	25,3	7,90
	24.09.98						26,5		
max		6,1	16,5	41,0	1100,0	530,0	66,7	25,8	9,1
min		2,0	11,7	18,0	600,0	<1	10,2	24,7	7,9
middel		3,7	13,9	32,0	920,0	<144,6	31,3	25,3	8,4
median		3,4	13,1	36,0	900,0	26,0	26,5	25,3	8,1
st.avvik		1,5	2,0	9,7	204,9		21,1	0,4	0,6
ant.obs.		5	5	5	5	4	7	5	5

1 meter	Dato	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	TOTP µg/L	PO4PF µg/L	TOTN µg/L	NO3N µg/L
	24.02.98	2,5	13,1	24	1	1100	600
	24.09.98	3,5	12,5	33	2	900	41

5 meter	Dato	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	TOTP µg/L	PO4PF µg/L	TOTN µg/L	NO3N µg/L
	24.02.98	0,8	12,7	12	2	1000	685
	24.09.98	1,9	11,7	15	2	500	72

10 meter	Dato	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	TOTP µg/L	PO4PF µg/L	TOTN µg/L	NO3N µg/L
	24.02.98	0,9	12,5	24	13	1100	810
	24.09.98	4,3	13,6	42	24	1300	655

15 meter	Dato	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	TOTP µg/L	PO4PF µg/L	TOTN µg/L	NO3N µg/L	O2 mg/L
	24.02.98	1,2	12,7	41	27	1200	950	
	27.05.98							5,14
	29.06.98			44			810	0,39
	27.07.98			82			1215	0,31
	13.08.98			80			1350	0,12
	07.09.98			120			550	0,11
	24.09.98	4,5	13,4	121	93	1600	455	
max		4,5	13,4	121,0	93,0	1600,0	1350,0	5,1
min		1,2	12,7	41,0	27,0	1200,0	455,0	0,1
middel		2,9	13,1	81,3	60,0	1400,0	888,3	1,2
median		2,9	13,1	81,0	60,0	1400,0	880,0	0,3
st.avvik		2,3	0,5	34,9	46,7	282,8	355,5	2,2
ant.obs.		2	2	6	2	2	6	5

17 meter	Dato	TURB	FARGE	TOTP	PO4PF	TOTN	NO3N
		FTU	mg Pt/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
	24.02.98	1,5	12,3	59	53	1300	915
	27.05.98			28			745
	24.09.98	4,3	14,0	231	118	1400	205
max		4,3	14,0	231,0	118,0	1400,0	915,0
min		1,5	12,3	28,0	53,0	1300,0	205,0
middel		2,9	13,2	106,0	85,5	1350,0	621,7
median		2,9	13,2	59,0	85,5	1350,0	745,0
st.avvik		2,0	1,2	109,4	46,0	70,7	370,7
ant.obs.		2	2	3	2	2	3

**Siktedyp og visuell farge,
Kolbotnvannet**

Dato	Siktedyp (m)	visuell farge
27.05.98	2,5	Grønlig gul
29.06.98	1,7	Grålig grønn
27.07.98	1,0	Grønlig gul
13.08.98	1,1	Grålig grønn
07.09.98	3,0	Grønlig gul
24.09.98	2,1	Grønlig gul

Augestadbekken

DATO	TOT-P (mg/m ³)	PO4-PF (mg/m ³)	TOT-N (mg/m ³)	NO3-N (mg/m ³)	NH4-N (mg/m ³)	Kond mS/m	Turb FTU	Tkol Ant/100 mL
24.02.98	54	27	2400	1940	154	28,9	4,9	10000
17.03.98	114	69	3100	2055	402	36,2	4,0	14000
12.05.98	43	25	2400	1975	82	32,4	1,7	2900
27.05.98	67	40	2300	1975	119	39,6	2,6	2500
15.06.98	74	49	2600	2185	79	37,5	2,6	2300
29.06.98	75	36	2800	2325	106	23,1	17,0	8900
27.07.98	151	105	3800	2670	496	36,6	3,1	38000
13.08.98	95	48	2500	2050	96	24,3	8,4	23000
07.09.98	58	48	2000	1660	42	37,5	2,0	2000
24.09.98	57	33	2000	1615	30	34,7	2,5	27000
03.11.98	62	44	2300	1805	163	28,5	3,3	5600
max	151	105	3800	2670	496	39,6	17,0	38000
min	43	25	2000	1615	30	23,1	1,7	2000
middel	77,3	47,6	2564	2023	161	32,7	4,7	12382
median	67,0	44,0	2400	1975	106	34,7	3,1	8900
st.avvik	31,5	22,6	520	299	150	5,7	4,5	12025
ant.obs.	11	11	11	11	11	11	11	11

Skredderstubekken

DATO	TOT-P (mg/m ³)	PO4-PF (mg/m ³)	TOT-N (mg/m ³)	NO3-N (mg/m ³)	NH4-N (mg/m ³)	Kond mS/m	Turb FTU	Tkol Ant/100 mL
24.02.98	138	57	3200	2160	565	27,7	4,4	910
17.03.98	2197	29	6700	5530	354	34,4	13,0	360
12.05.98	69	37	2600	1975	176	30,4	1,4	7800
27.05.98	37	11	1800	1685	13	34,4	1,4	1200
15.06.98	37	17	1900	1610	8	30,1	2,1	910
29.06.98	97	37	2900	2360	86	20,6	18,0	2200
27.07.98	55	10	2200	1730	424	31,9	2,2	360
13.08.98	80	38	2200	1815	25	22,2	7,8	6400
07.09.98	68	10	1900	1480	275	32,3	3,1	5200
24.09.98	27	13	1900	1615	16	31,3	2,1	34000
03.11.98	33	19	2300	1855	50	28,0	2,2	150
max	2197	57	6700	5530	565	34,4	18,0	34000
min	27	10	1800	1480	8	20,6	1,4	150
middel	258,0	25,3	2691	2165	181	29,4	5,2	5408
median	68,0	19,0	2200	1815	86	30,4	2,2	1200
st.avvik	643,9	15,4	1403	1145	195	4,5	5,5	9856
ant.obs.	11	11	11	11	11	11	11	11

K o l b o t n v a t n forts.

Dato ⇒	980224	980527	980629	980727	980813	980907	980924
Gruppe	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum
Arter							
Totalsum (mm ³ /m ³ = mg våtvekt/m ³)	5125.9	3280.9	6165.7	17331.8	16413.5	5421.3	11188.9