



RAPPORT LNR 5225-2006

Røgden og Møkeren

Vannkjemisk og biologisk status



Bilder fra Røgden av Tore Qvenild

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Røgden og Møkeren Vannkjemisk og biologisk status	Løpenr. (for bestilling) 5225-2006	Dato 15 mai 2006
	Prosjektnr. Undernr. 21147	Sider Pris 22 + vedlegg
Forfatter(e) Sigurd Rognerud Jarl Eivind Løvik Espen Lydersen	Fagområde limnologi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Hedmark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse Tore Qvenild
---	-----------------------------------

Sammendrag

Røgden ble kalket første gang i 1992, og årlig i perioden 1995 til 2001. Siden er det bare kalket vann i nedbørfeltet. Møkeren har ikke vært direkte kalket, men noen innsjøer i nedbørfeltet kalkes årlig. Røgden og Møkeren er oligotrofe innsjøer med svakt surt humøst vann, god alkalitet og syrenøytraliseringskapasitet. Siden kalkingen opphørte har pH og alkalitet vist en svak synkende trend i Røgden, men det er foreløpig ikke behov for ny kalking. Tilløpselva Varpåa bør imidlertid fortsatt kalkes for å sikre god rekruttering av ørret. Dyreplanktonet i begge innsjøene hadde et betydelig innslag av forsuringsfølsomme arter. Artssammensetningen og størrelsen av dominerende arter vannlopper tydet på et sterkt beitepress fra fisk. Stabile isotoper indikerte at småabbor, mort og krøkle var hovedårsaken til dette. De stabile isotopene indikerte også at gjedde levde hovedsakelig av småabbor og mort, mens lake og stor abbor hadde et innslag av krøkle i dietten. I Røgden var konsentrasjonene av kvikksølv over kostholdsgrensa for gjedde og lake eldre enn 6 år samt stor abbor. Vannkvalitet og kvikksølvkonsentrasjoner i fisk bør overvåkes i Røgden for å følge effekten av reduksjonene i atmosfærisk avsetning av syrer og kvikksølv den siste 10 års perioden.

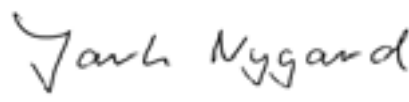
Fire norske emneord 1. vannkvalitet 2. kalking 3. dyreplankton 4. fisk	Fire engelske emneord 1. water quality 2. liming 3. zooplankton 4. fish
--	---



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle Monsen
Forskningsleder



Jarl Nygard
Fag og markedsdirektør

Røgden og Møkeren

Vannkjemisk og biologisk status

Forord

I 2002 søkte NIVA fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen om økonomisk støtte til et forskningsprosjekt om sammenhengen mellom miljøgifter i fisk, deponisjon av miljøgifter og vannkvalitet i sydlige deler av Hedmark. I brev av 10.12.02 ble det bekreftet at prosjektet var tildelt midler for undersøkelser av Røgden og Møkeren. I juni 2003 ble det søkt om ytterligere midler for å dokumentere den langsiktige endringen i vannkvaliteten i Røgden (2003-2008) etter at kalkningen av innsjøen ble avsluttet i 2001. I brev av 16. juli ble det bekreftet at midler var avsatt til dette formålet. Denne rapporten er en statusrapport for undersøkelsene så langt i prosjektet. Rapporten inneholder også data samlet inn av fylkesmannen i forbindelse med effektundersøkelser vedrørende reguleringene av Røgden og Brødbølvassdraget.

Feltarbeidet er gjennomført av Sigurd Rognerud, Jarl Eivind Løvik og Gøsta Kjellberg ved NIVAs Østlandsavdeling. Tore Qvenild og Jon Museth samlet inn gjedder i mai 2004 for kvikksølvanalyser. Jon Museth har aldersbestemt disse. De øvrige fiskene er samlet inn av Tore Qvenild og Ole Nashoug. De er aldersbestemt av Eirik Fjeld og Gøsta Kjellberg. Vannanalysene og kvikksølvanalysene i fisk er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo. Analysene av stabile isotoper ble utført på Institutt for Energiteknikk (IFE) på Kjeller. Jarl Eivind Løvik har bearbeidet zooplanktonet. Espen Lydersen (NIVA) har beregnet syrenøytraliseringskapasiteten. Sigurd Rognerud og Jarl Eivind Løvik har skrevet rapporten. Alle som har bidratt i prosjektet takkes for innsatsen

Ottestad, 15.mai 2005



Sigurd Rognerud

Innhold

Sammendrag	5
Innledning	6
1. Materiale og metoder	7
2. Resultater	9
2.1 Vannkvalitet i Røgden, Varpåa, Løvbergsåa og Møkeren	9
2.2 Tidsutvikling i vannkvalitet i Røgden	11
2.3 Innsjøenes syrenøytraliseringskapasitet (ANC)	12
2.4 Dyreplankton	12
2.5 Analyser av kvikksølv og stabile isotoper i fisk	14
3. Diskusjon	16
4. Litteratur	20
5. Vedlegg	22

Sammendrag

Røgden ble kalket første gang i 1992 og årlig i perioden 1995 til 2001. Siden er det bare innsjøer i nedbørfeltet som er kalket. Møkeren har ikke vært direkte kalket, men noen innsjøer i nedbørfeltet kalkes årlig. En viktig hensikt med kalkning av vann og vassdrag er å sikre levedyktige fiskebestander som kan utnyttes som en matressurs for lokalbefolkningen. Det er tidligere vist at stor og gammel fisk i sydlige deler av Hedmark har høye konsentrasjoner av kvikksølv i kjøttet, og de er lite egnet som mat. Fylkesmannen i Hedmark ønsket derfor å få dokumentert tilstanden i Røgden med hensyn til kvikksølvkonsentrasjonen i fisk og utviklingen i vannkvaliteten etter at kalkingen opphørte. Behovet for å gjennomta kalkingen skulle vurderes. Næringskjedens struktur er dessuten av interesse i forbindelse med pågående fiskeribiologiske undersøkelser for å studere effekten av reguleringene. Det skulle også gjennomføres en enkel undersøkelse av plankton og vannkvalitet i Møkeren, som har mange likehetstrekk med Røgden, men den har altså aldri vært kalket.

Røgden og Møkeren er oligotrofe innsjøer med svakt surt, humøst vann, god alkalitet og syrenøytraliseringskapasitet (ANC). I begge innsjøene var alkaliteten og ANC høyere enn 60 $\mu\text{ekV/l}$ og skader på fisk kan ikke forventes. Kalkingen medførte en tredobling av kalsium konsentrasjonen i Røgden fra 1995 til 1998 etter 4 år med doseringer. pH steg fra 5,8 til 6,8 og alkaliteten fra 0,025 til 0,15 mmol/l. Siden har kalsiumkonsentrasjonene og alkaliteten sunket noe fram til 2001 selv med årlige doseringer. De fire siste årene, uten kalkdosering, har kalsiumkonsentrasjonene ikke endret seg nevneverdig, mens alkalitet og pH viser en svakt synkende trend. Konsentrasjonene av kalsium og alkalitet var noe høyere på høsten enn på våren.

Innsjøene hadde relativt artsrike dyreplanktonsamfunn med betydelige innslag av forsuringfølsomme arter som *Daphnia longispina* (bare Røgden), *Daphnia cristata*, *Limnospira frontosa*, *Heterocope appendiculata*, *Eudiaptomus graciloides* (bare Røgden) og *Thermocyclops oithonoides*. Middelbiomassen av krepsdyrplankton kan betegnes som middels høy sammenlignet med andre norske innsjøer. Artssammensetningen og størrelsen av dominerende arter vannlopper tydet på et sterkt beitepress på krepsdyrplanktonet fra planktonspisende fisk som abbor og spesielt mort i Røgden. Bestanden av relativt storvokste arter som f.eks. *Daphnia longispina* avtok markant utover sommeren, noe som trolig skyldtes økende predasjonspress. Krepsdyrplanktonet i Møkeren var i enda større grad enn i Røgden dominert av småvokste former som f.eks. *Daphnia cristata*. Årsaken var sannsynligvis et meget sterkt predasjonspress fra planktonspisende fisk.

De stabile karbonisotopene viste at krøkla levde hovedsakelig av dyreplankton, men nitrogenisotopene indikerte også et innslag av fisk i dietten. Mort og småabbor ernærte seg av plankton og bunndyr, mens gjedde var deres hovedpredator. De stabile nitrogenisotopene indikerte at stor abbor og lake hadde samme næringspreferanser, og at krøkle kan være et viktigere byttedyr for disse enn for gjedde. I Røgden passerte konsentrasjonene av kvikksølv i fiskespiserne (gjedde, lake, abbor) grensen satt for konsum allerede som 6-7 åringer. Den eldste fisken, en 18 år gammel lake, hadde verdier som var 5 ganger høyere enn konsumgrensa. Det høye kvikksølvinnholdet i fisk skyldes en effektiv omdanning av atmosfærisk avsatt kvikksølv til metyl-kvikksølv i Røgden og dens nedbørfelt, og at de atmosfæriske avsetningene av kvikksølv har vært betydelige over lang tid i denne regionen.

Det er foreløpig ikke behov for kalking av Røgden, men Varpåa bør kalkes for å sikre rekruttering av ørret. Det bør gjøres flere undersøkelser av fisk for bl.a. å verifisere resultatene av de stabile isotopanalysene. Særlig vil det være av interesse å få et bedre materiale av naturlig forekommende ørret for bedre å kunne vurdere produksjonspotensialet og effektene av utsettingene. De atmosfæriske avsetningene av kvikksølv og syrer har avtatt betydelig de siste 10 årene og vi foreslår at utviklingen av kvikksølvnivåene i fisk og vannkvaliteten i Røgden overvåkes. Vi anbefaler også at kvikksølvnivåene i fisk fra Brødbølvassdraget undersøkes nærmere.

Innledning

Bakgrunn

Den sørlige delen av Hedmark har gjennom flere årtier vært utsatt for forsurening av vann og vassdrag som følge av sur nedbør selv om syreavsetningen har avtatt de siste årene (SFT 2005). Derfor har en del innsjøer vært kalket i flere år og noen kalkes fortsatt. Røgden ble kalket første gang av svenske länsmyndigheter i 1992 (2327 tonn), og siden årlig i mindre mengder fra 1995 til 2001. Etter 2001 er ikke Røgden direkte tilført kalk, men den påvirkes noe av at andre innsjøer i nedbørfeltet kalkes eller har vært kalket. Møkeren har ikke vært direkte kalket, men noen innsjøer i nedbørfeltet kalkes årlig. En viktig hensikt med kalkning av vann og vassdrag er å sikre levedyktige fiskebestander som kan utnyttes som en matressurs for lokalbefolkningen. Det har imidlertid vist seg at kvikksølvkonsentrasjonene i fisk i sydlige områdene av Hedmark er høye, og stor gjedde, abbor og lake er lite egnet som mat (Rognerud et al. 2002). Fylkesmannen i Hedmark ønsket å dokumentere tilstanden med hensyn til kvikksølvkonsentrasjoner i fisk, næringskjedens struktur og vannkvaliteten etter at kalkingen opphørte i Røgden. Det skulle også gjennomføres en undersøkelse av plankton og vannkvalitet i Møkeren som har mange likehetstrekk med Røgden.

Røgden og Møkeren er regulerte innsjøer som ligger i grensetraktene mot Sverige, henholdsvis i Grue og Kongsvinger kommune. Den sørøstligste delen av Røgden er i Värmlands län (Fig. 1). Størstedelen av nedbørfeltene ligger i Norge, mens utløpene går henholdsvis til det svenske vassdraget Rördån og via Brødbølvassdraget til Vänern. Varpåa og Løvbergsåa er de viktigste tilløpselvene til Røgden.

Som følge av reduserte utslipp av svovel i Europa, og nedgang i sulfatdeposisjonen over Sør-Norge, har forurensingssituasjonen bedret seg de siste 10-årene. Dette har ført til reduserte skader på fisk og bunndyr i en del vassdrag (SFT 2005). Indikasjoner på bedringer i krepsdyrfaunaen med reetablering av forurensningsfølsomme arter er også registrert i noen regioner, men det finnes også lokaliteter som viser motsatt tendens.



Figur 1. Kartet viser beliggenheten til Røgden og Møkeren i grensetraktene mot Sverige.

1. Materiale og metoder

Innsamling

Prøver for analyser av vannkjemiske forhold og dyreplankton ble samlet inn fra Røgden hovedvannmasser, sentralt i sørøstre del av innsjøen (dypeste punkt, 36 m). Det ble samlet inn prøver 4 ganger fordelt over perioden juni-oktober i 2003, juni, august og november 2004 samt august og november 2005. Vannprøver og klorofyllprøver er blandprøver fra sjiktet 0-10 m og fra dypvannet (30 m, bare i 2003). Fra Møkeren ble det samlet inn vannkjemiske og biologiske prøver i juli, august og oktober 2003. Blandprøver fra sjiktet 0-10 m ble analysert på de samme variablene som i Røgden. Fra de største tilløpselvene til Røgden, Varpåa og Løvbergsåa, ble det samlet inn vannprøver for kjemiske analyser (samme variabler som i innsjøene, unntatt klorofyll-*a*) i juni, juli, august og oktober 2003.

Fisk ble innsamlet ved hjelp av garn i mai 2002, 2003 og 2004. Fisken ble frosset så snart som mulig. Den ble oppbevart i dypfryser inn til prøvene ble tatt. På laboratoriet ble det dissekert ut skinn- og beinfrie prøver av muskulaturen (øvre delen bak ryggfinnen) fra hver fisk. Prøvene ble delt i to og begge ble pakket i ren aluminiumsfolie og lagt i hver sin tette plastpose. Den ene prøven gikk til isotopanalyser, den andre til kvikksølvanalyser. Dyreplanktonprøver ble samlet inn med planktonhov og renplukket, frosset og analysert med hensyn på stabile isotoper.

Vannkjemi

Det ble analysert mhp. surhetsgrad (pH), konduktivitet (ledningsevne), alkalitet, total nitrogen (Tot-N), nitrat (NO₃-N), totalt organisk karbon (TOC), klorid (Cl), sulfat (SO₄), aluminium (reaktivt Al og ikke-løselig Al), kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) og natrium (Na). Løselig aluminium (LAl), som er den toksiske aluminium-fraksjonen, er lik differansen mellom reaktivt Al og ikke-løselig Al. Klorofyll-*a* som er et mål på alge mengden, ble i tillegg målt i blandprøven fra 0-10 m. Analysene ble utført ved NIVAs kjemilaboratorium i henhold til standardiserte og akkrediterte metoder. TOC er et mål på totalt organisk karbon i vannet, mens mgPt/l, som også er brukt, måler fargen på vannet. I humuspåvirkede innsjøer som Røgden er begge et godt mål på konsentrasjonen av løste humustoffer

Vannets syrenøytraliseringskapasitet (ANC) ble beregnet for alle datoer og lokaliteter. ANC ble beregnet både etter den tradisjonelle metoden som differansen mellom basekationer og sterkesyreanioner og justert for organiske syrer (ANC_{OOA}, Lydersen et al. 2004).

Dyreplankton

Kvantitative prøver av dyreplankton ble samlet inn ved hjelp av en 25 liters Schindler-felle påmontert håv med maskevidde 60 µm fra 1, 3, 5, 10 og 15 m dyp i begge innsjøene samt fra 30 m i Røgden. Planktoniske krepsdyr ble identifisert til art og telt i hele eller en representativ del av prøven. Biomasser (tørrvekt) ble beregnet for sjiktet 0-20 m i Røgden og 0-15 m i Møkeren ut fra individantall og spesifikke vekter basert på lengdemålinger og standard lengde/vekt-regresjoner. Hjuldyr ble identifisert til art eller slekt, og mengden ble subjektivt bedømt i prøvene fra det øvre sjiktet.

Analyse av stabile isotoper

Prøvene ble tørket ved 60 °C i 2 døgn og homogenisert. For bestemmelse av δ¹³C og δ¹⁵N er 1 mg prøvemateriale veid inn og overført til en 5 x 9 mm tinnkapsel. Kapselen lukkes og plasseres i en Carlo Erba NCS 2500 elementanalysator. Prøvene forbrennes med O₂ og Cr₂O₃ ved 1700 grader og NO_x reduseres til N₂ med Cu ved 650 °C. Forbrenningsproduktene separeres i en poraplot Q kolonne og overføres direkte til et Micromass Optima isotop massespektrometer for bestemmelse av δ¹³C og δ¹⁵N. Duplikater analyseres rutinemessig for hver tiende prøve. Isotopsammensetningen av karbon og nitrogen (¹³C/¹²C, ¹⁵N/¹⁴N) oppgis som "deltaverdier": δ (‰) = [(R_{prøve} / R_{standard}) - 1] x 1000, der R

representerer forholdet mellom tung og lett isotop. Alle isotopverdiene refereres til primære standarder. For karbon er dette et marint karbonat, Pee Dee Belemitt (Craig 1953), og for nitrogen atmosfærisk luft (Mariotti 1983). Internasjonale standarder analyseres samtidig med prøvene for hver tiende prøve. $\delta^{15}\text{N}$ resultatene kontrolleres med analyser av IAEA-N-1 og IAEA-N-2 standarder. $\delta^{13}\text{C}$ resultatene kontrolleres med analyser av USGS-24 grafitt standard. IFEs verdier kontrolleres også mot en husstandard av ørretfilet.

Kvikksølvanalyser

Kvikksølv ble analysert etter NIVA metode nr. E-3. Denne metoden baserer seg på kalddamp atomabsorpsjonspektrometri. Benyttede instrumenter er en Perkin-Elmer FIMS med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgeringssystem. De biologiske prøvene frysetørres forut for autoklaving med salpetersyre, der det organisk bundne kvikksølv oksideres til metallisk kvikksølv med SnCl_2 , og en inert bæregass (argon) transporterer kvikksølv til spektrofotometeret. Kvikksølv oppkonsentreres i et amalgeringssystem. Nedre grense for faste prøver er 0,005 $\mu\text{g/g}$. Mattilsynet har satt ei grense på 0,5 mg Hg/kg fiskejøtt for fisk som skal omsettes og brukes til mat.

Aldersbestemmelser og fiskemål

Alder ble bestemt ved hjelp av avlesninger av skjell, gjellelokk (abbor, mort, hork), skulderbein (gjedde), øresteiner(krøkle). Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss og vekt er angitt til nærmeste gram for mindre fisk (< 500g) og nærmeste 5 gram for større fisk (> 500g).

2. Resultater

2.1 Vannkvalitet i Røgden, Varpåa, Løvbergsåa og Møkeren

Middelverdier og variasjonsbredden for en del sentrale vannkvalitetsvariable er vist i Tab. 1. Særlig på grunn av tidligere kalkinger var vannkvaliteten i Røgden noe mer alkalisk enn Møkeren, men også noe mer humuspåvirket (Fig.2). Innløpselvene Varpåa og Løvbergsåa var også noe mer humuspreget enn selve Røgden (Fig.2). Primærdata er gitt i vedlegget.

Tabell 1. Vannkvalitet i Røgden (0-10 m og 30 m) i 2003-2005, og i tilløpselvene Varpåa og Løvbergsåa samt i Møkeren (0-10 m) i 2003. Søndre Baksjøen som renner ut i Røgden via Varpåa kalkes årlig.

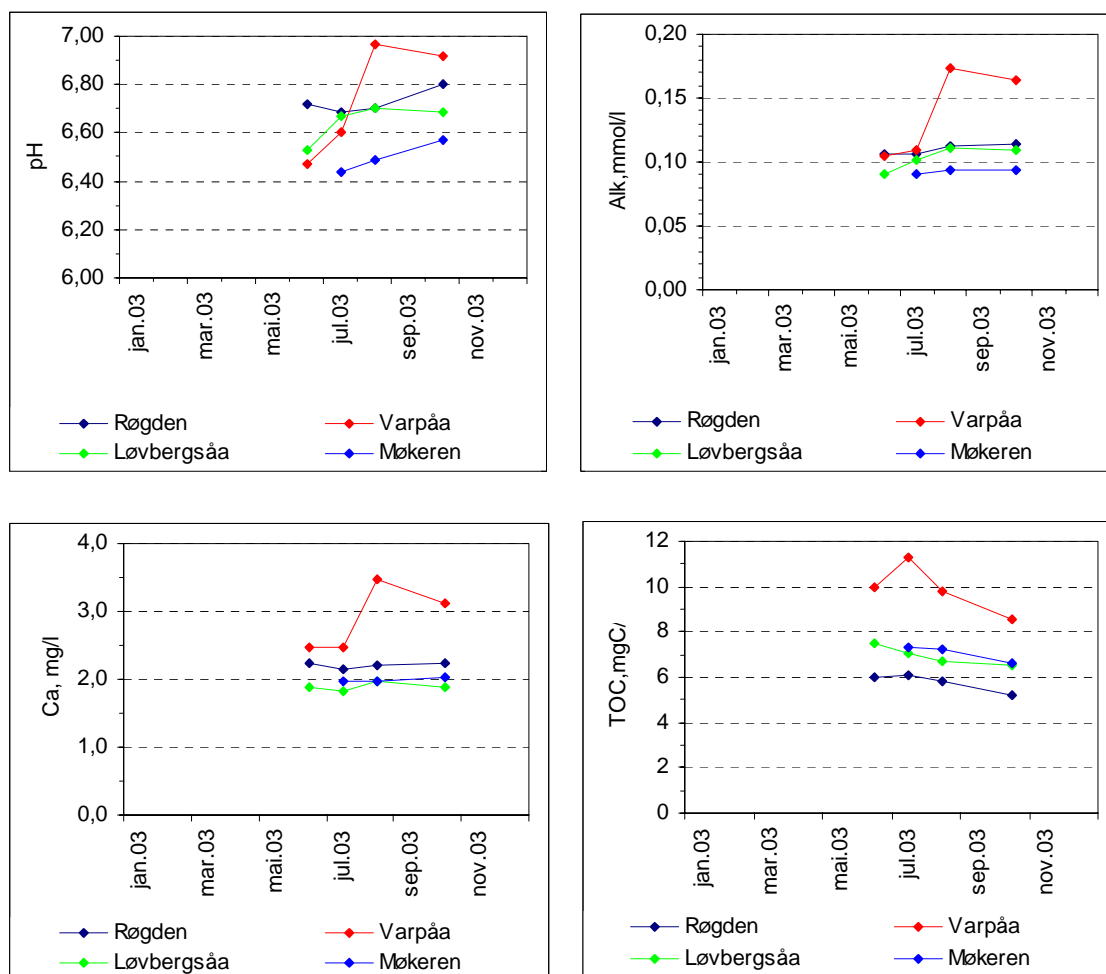
Lokalitet		pH	Alkalitet mmol/l	Ca mg/l	TOC mg/l	LAl µg/l	Kl-a µg/l
Røgden, 0-10 m	Middel	6,73	0,111	2,29	5,8	3	1,2
	Min	6,68	0,104	2,16	5,2	1	0,7
	Max	6,80	0,116	2,51	6,1	6	1,8
Røgden, 30 m	Middel	6,63	0,109	2,23	5,7	2	-
	Min	6,57	0,105	2,19	5,3	1	-
	Max	6,68	0,114	2,28	5,8	3	-
Varpåa	Middel	6,74	0,138	2,88	9,9	3	-
	Min	6,47	0,105	2,46	8,6	1	-
	Max	6,97	0,164	3,47	11,3	5	-
Løvbergsåa	Middel	6,65	0,103	1,89	7,0	3	-
	Min	6,53	0,090	1,83	6,5	2	-
	Max	6,70	0,111	1,97	7,5	3	-
Møkeren, 0-10 m	Middel	6,50	0,093	1,99	7,0	5	2,1
	Min	6,44	0,090	1,97	6,6	3	1,9
	Max	6,57	0,094	2,02	7,3	9	2,3

Røgden

Røgdens hovedvannmasser hadde i perioden 2003-2005 svakt surt vann (pH ca. 6,7) med relativt god bufferevne mot forsurening (alkalitet ca. 0,110 mmol/l). Ut fra middelverdiene for pH og alkalitet kan vannkvaliteten betegnes som meget god til god (tilstandsklasse I-II) mht. forsurening i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Vannmassene var markert humuspåvirket (TOC ca. 6 mgC/l), og konsentrasjonene av kalsium nær det dobbelt av verdiene før kalking (Rognerud 1992). Kalsiumkonsentrasjonene før kalking var også noe høyere enn den naturgitte på grunn av forsureningen på den tiden som generelt øker utløsning av kalsium fra berggrunn og løsmasser (Lydersen et al. 2002). Konsentrasjonen av labilt aluminium (LAl) var også lav (1-6 µg/l). Videre hadde Røgdens vannmasser relativt lave konsentrasjoner av nitrogenforbindelser (Tot-N ca. 270-290 µg/l), tilsvarende tilstandsklasse I ("meget god vannkvalitet"). Det var ubetydelige forskjeller i vannkvaliteten mellom det øvre, varme sjiktet (0-10 m) og det dypere, kalde sjiktet (30 m) bortsett fra noe høyere nitrat-konsentrasjon på 30 m enn på 0-10 m. Det var også små variasjoner over tid i løpet av perioden juni 2003 til november 2005 (se vedlegget).

Klorofyll-*a* er et grovt mål på konsentrasjonen av alger i de frie vannmasser (planteplankton). Analyseresultatene viser at det var små mengder i Røgden i vekstsesongene i 2003 - 2005

(tilstandsklasse I). Dette indikerer at det var små eller ubetydelige effekter av eventuelle tilførsler av næringssalter fra menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. På bakgrunn av konsentrasjonen av klorofyll-*a* og nitrogenforbindelser kan innsjøen karakteriseres som en næringsfattig innsjø.



Figur 2. Variasjon i vannkjemii fra juni til november i 2003 i Røgden med tilløpselver og Møkeren.

Varpåa og Løvbergsåa

Tilløpselvene Varpåa og Løvbergsåa hadde også forholdsvis god vannkvalitet i 2003. Surhetsgraden varierte i området pH 6,5-7,0 i Varpåa og i området pH 6,5-6,7 i Løvbergsåa. Det vil si at vannet i de to elvene var svakt surt til nøytralt. Alkaliteten og konsentrasjonen av kalsium var noe lavere i Løvbergsåa enn i Varpåa fordi sistnevnte drenerer Baksjøen som kalkes årlig. Ut fra middelverdiene av pH og alkalitet kan vannkvaliteten betegnes som meget god til god (tilstandsklasse I-II) i begge elvene. Konsentrasjonene av labilt aluminium var lave med et maksimum på 5 µg/l i Varpåa og 3 µg/l i Løvbergsåa. Varpåa hadde imidlertid nesten dobbelt så høy konsentrasjon av reaktivt aluminium som Løvbergsåa, og den var betydelig mer humuspåvirket enn Løvbergsåa. pH, alkalitet og konsentrasjonen av kalsium økte fra juni-juli til august for deretter å avta litt til oktober i Varpåa. TOC viste en avtagende tendens utover sesongen 2003 ved alle lokalitetene. Forøvrig var det små variasjoner over tid i kjemiske variabler.

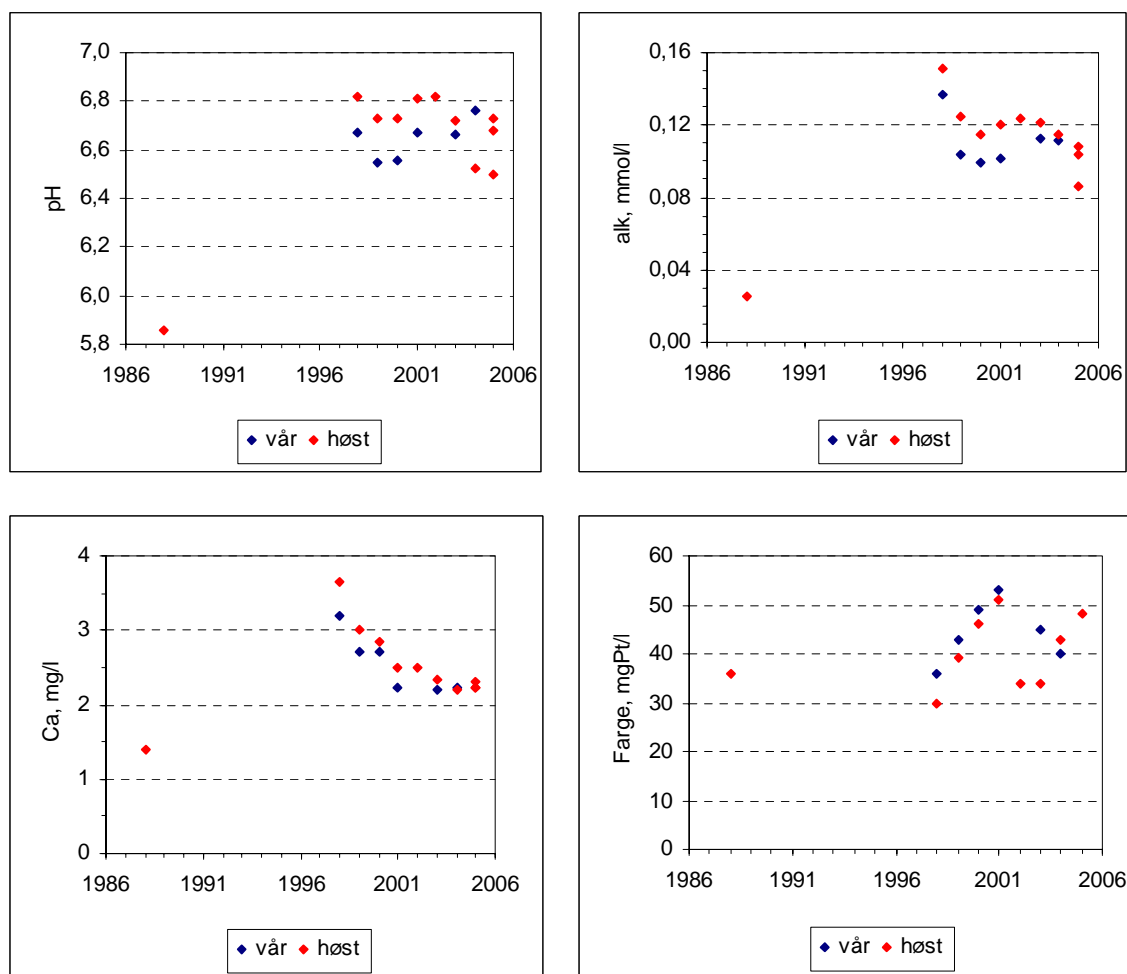
Møkeren

Møkerens vannmasser var svakt sure og hadde relativt god bufferevne mot forsuring (tilstandsklasse I-II). Konsentrasjonen av labilt aluminium var lav. Vannkvaliteten var i hovedtrekkene mye lik Røgdens vannkvalitet, men likevel med noen små forskjeller: pH, alkaliteten og konsentrasjonen av kalsium var

litt lavere i Møkeren enn i Røgden, mens konsentrasjonen av klorid, sulfat, natrium og reaktivt aluminium var litt høyere enn i Røgden. Vannmassene i Møkeren hadde også litt høyere TOC (tilstandsklasse IV), dvs. at innsjøen er noe mer humuspåvirket enn Røgden. Konsentrasjonen av nitrogenforbindelser var relativt lave (tilstandsklasse II) og varierte lite (Tot-N ca. 300 µg/l). Konsentrasjonen av klorofyll-*a* var også relativt lav (tilstandsklasse II), men klart høyere enn i Røgden. På grunnlag av middelkonsentrasjonene av klorofyll-*a* og total nitrogen kan Møkeren karakteriseres som en næringsfattig innsjø med god vannkvalitet.

2.2 Tidsutvikling i vannkvalitet i Røgden

Den første kalkingen av Røgden ble gjennomført i 1992. Før kalking har vi data fra høsten 1988 (Rognerud 1992) og etter kalking fra 1998 til 2005. Tidsutviklingen i noen viktige vannkvalitetsvariable viser en betydelig endring etter kalkingen (Fig.3).



Figur 3. Analyser av noen vannkvalitetsvariable (blandprøve 0-10 m) fra Røgden før første kalkingen 1992 (2327 tonn) og etter kalkingen. Kalkingen fortsatte årlig i mai/juni fra 1995 til 2001 (200-370 tonn årlig). Siden 2001 er ikke Røgden kalket, men innsjøer i nedbørfeltet kalkes fortsatt. Primærdata er gitt i vedlegget.

Kalkingen forårsaket at kalsium konsentrasjonen økte til nær det tredobbelte i 1998 i forhold til 1988 etter 4 år med doseringer (2327 t i 1992, 1524 t i 1995, 353 t i 1996 og 356 t i 1997). Samtidig har pH steget fra 5,8 til 6,8 og alkaliteten fra 0,025 til 0,15 mmol/l. Det synes ikke å ha vært noen endring i

fargetallet. Siden har kalsiumkonsentrasjonene og alkaliteten sunket noe fram til 2001 selv med årlige doseringer på 200 til 370 t. De fire siste årene uten kalkdosering har kalsiumkonsentrasjonene ikke endret seg nevneverdig (men de ligger fortsatt godt over verdien fra 1988), mens alkalitet og pH viser en svakt synkende trend. Konsentrasjonene av kalsium og alkalitet var generelt noe høyere på høsten enn på våren i perioden 1998 til 2005.

2.3 Innsjøenes syrenøytraliseringskapasitet (ANC)

Beregnet syrenøytraliseringskapasitet (ANC), som differansen mellom basekationer og sterksyreanioner samt justert for organiske syrer (ANC_{OAA}) er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Vannets syrenøytraliseringskapasitet (ANC og ANC_{OAA})

	ANC, $\mu\text{ekv/l}$		ANC_{OAA} , $\mu\text{ekv/l}$	
	Middel	Variasjonsbredde	Middel	Variasjonsbredde
Røgden, 0-10 m	125	115 - 142	106	95 - 123
Røgden, 30 m	114	110 - 118	95	91 - 99
Varpåa	163	137 - 194	129	101 - 160
Løvbergsåa	118	115 - 120	94	90 - 98
Møkeren	96	90 - 99	72	66 - 77

Syrenøytraliseringskapasiteten var meget god ($> 60 \mu\text{ekv/l}$) i såvel Røgden som i tilløpselvene Varpåa og Løvbergsåa samt i Møkeren. Skader på fiskebestander forventes ikke før ANC (eller ANC_{OAA}) er lavere enn $20 \mu\text{ekv/l}$.

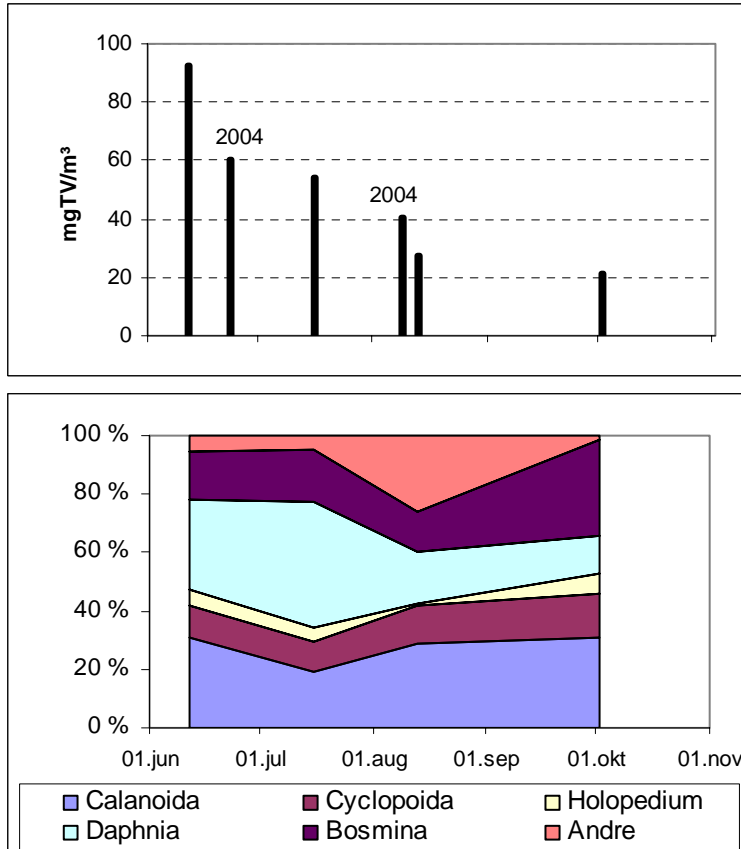
2.4 Dyreplankton

Resultatene av dyreplanktonanalysene er gitt i vedlegget og vist i Figur 4-5.

Totalt ble det funnet 10 arter av vannlopper i Røgden og 8 arter av vannlopper i Møkeren samt 5 arter av hoppekreps i begge innsjøene. En art som primært er knyttet til strand- eller bunnområder (litoral) er da ikke reknet med (*Scapholeberis* sp.). I tillegg ble det funnet 9 og 8 arter/slekter av hjuldyr henholdsvis i Røgden og Møkeren. De fleste artene er vanlige i et vidt spekter av innsjøtyper fra næringsfattige til relativt næringsrike, og fra moderat sure til noe basiske vannkvaliteter, dvs. at de kan betegnes som generalister. Gelekrepsen, *Holopedium gibberum*, som ble funnet i betydelige mengder i Røgden og i mindre antall i Møkeren, er karakteristisk for næringsfattige og relativt kalkfattige innsjøer. Det ble ikke observert indikatorarter for næringsrike forhold.

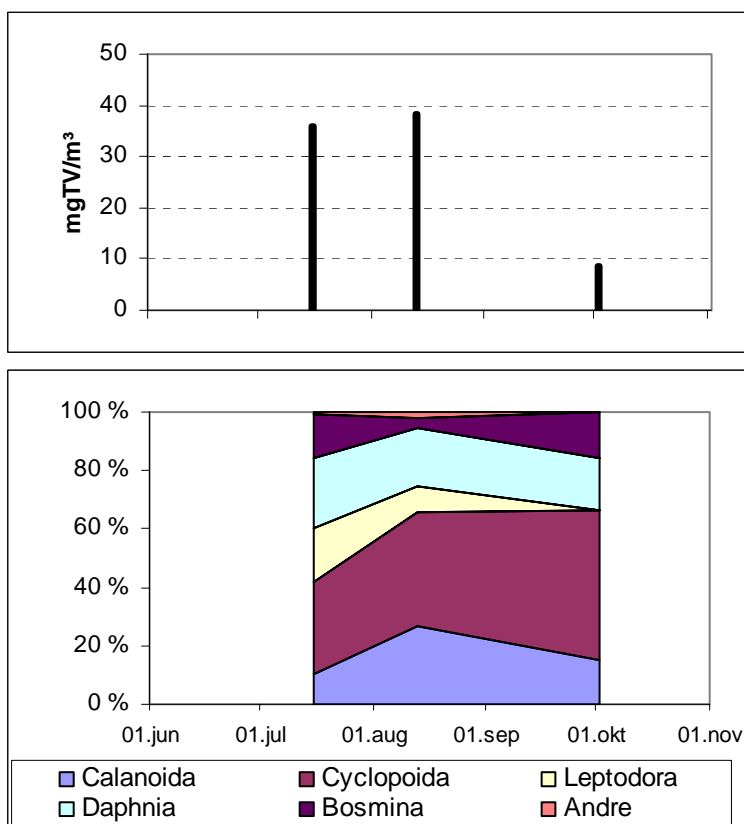
Krepsdyrplanktonet i Røgden var dominert av den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus graciloides* samt vannloppene *Daphnia cristata*, *Bosmina longispina* og *Holopedium gibberum*. Cyclopoide hoppekreps var representert med 3 arter hvorav *Cyclops scutifer* og *Thermocyclops oithonoides* hadde størst biomasse. I tillegg var vannloppene *Leptodora kindtii*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Limnoscia frontosa*, *Daphnia longispina* og *Daphnia longiremis* vanlige i deler av sesongene. I Møkeren var den relativt sjeldne arten *Eudiaptomus graciloides* "erstattet" med en nærstående og langt mer vanlig art, *Eudiaptomus gracilis*, som dominerende calanoid hoppekreps. Forøvrig var artsinventaret mye likt som i Røgden, men *Daphnia longispina* og *Daphnia longiremis* ble ikke observert i Møkeren. Den cyclopoide hoppekrepsen *Mesocyclops leuckarti* og den lille vannloppen *Bosmina longirostris* så dessuten ut til å ha større bestander i Møkeren enn i Røgden.

Totalbiomassen av krepsdyrplankton i Røgden varierte i området ca. 20-90 mg tørrvekt (TV) pr. m³ med maksimum i juni og et middel på 49 mgTV/m³ i 2003. Dette kan betegnes som middels høy biomasse om en sammenligner med norske innsjøer over hele trofiskekteret fra næringsfattige til næringsrike (Hessen et al. 1995). Biomassen av krepsdyrplankton avtok betydelig utover sesongen. I Møkeren varierte totalbiomassen av krepsdyrplankton i området ca. 10-40 mgTV/m³ med et gjennomsnitt på 28 mgTV/m³, dvs. middels høy biomasse.



Figur 4. Krepsdyrplankton i Røgden i 2003 (4 tidspunkt) og i 2004 (2 tidspunkt). Primærdata er gitt i vedlegget. Øverste panel viser totalbiomasser i sjiktet 0-20 m (tørrvekt), mens nederste panel viser andel av de viktigste gruppene i 2003.

Dyreplanktonet i Røgden var dominert av små arter og individer (se vedlegget), noe som tydet på et markert til sterkt predasjonspress fra planktonspisende fisk, antagelig først og fremst mort, men også til en viss grad abbor. Den største *Daphnia*-arten, *D. longispina* hadde middellengder av voksne hunner på ca. 1,3 og 1,4 mm henholdsvis i 2003 og 2004, som kan betegnes som lite til denne arten å være. Den dominerende *Daphnia*-arten i Røgden, *D. cristata*, hadde middellengde av voksne hunner på ca. 1,1 mm. Dyreplanktonet i Møkeren var i enda større grad enn i Røgden dominert av småvokste arter og former. Middellengdene av voksne hunner av de dominerende vannloppene *D. cristata* og *B. longispina* var henholdsvis 0,85 mm og 0,43 mm. Små hjuldyr (f.eks. *Polyarthra* spp. og *Keratella cochlearis*) som i mindre grad enn krepsdyrene beites av planktonspisende fisk, hadde store bestander, og den lille vannloppen *Bosmina longirostris* var dessuten godt representert. Tilsammen indikerer dette at predasjonspresset fra planktonspisende fisk var meget sterkt i Møkeren.

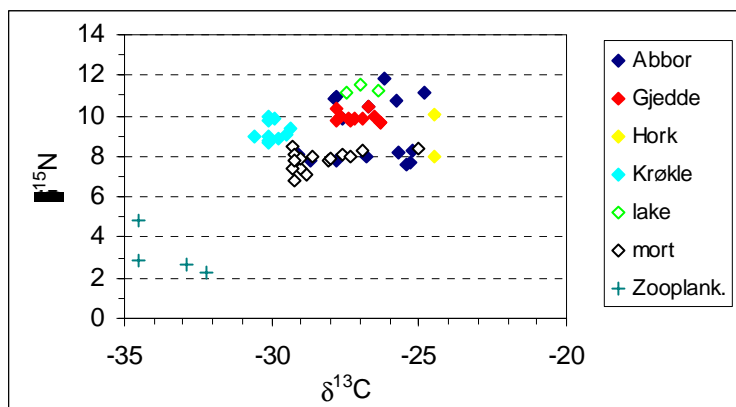


Figur 5. Krepssdyrplankton i Møkeren i 2003. Øverste panel viser totalbiomasser i sjiktet 0-15 m, mens nederste panel viser prosentfordelingen av de viktigste gruppene.

2.5 Analyser av kvikksølv og stabile isotoper i fisk

Det er vanlig å framstille analyseresultater av stabile nitrogen- og karbonisotoper i fiskekjøtt i biplott slik som vist for Røgden (Fig.6). Det trengs litt bakgrunn for å forstå hva et slikt biplott viser, og det følger derfor en kort gjennomgang. Planktonalgene har fri diffusjon av CO_2 mellom celle/vann og atmosfæren. Som en følge av dette blir de anrikt på den lette isotopen og får lavere $\delta^{13}\text{C}$ verdier (-36 til -30 ‰) enn landplanter (-29 til -26 ‰) som kan lukke spalteåpninger i perioder og gjenbruke respirert CO_2 , mens begroingsalger og moser, som er viktige primærprodusenter i grunne områder av innsjøen, har mer lukkede systemer (større diffusjonspærre til omgivelsene) der gjenbruk av fraksjonert $\delta^{13}\text{C}$ er nødvendig. De får derfor de høyeste $\delta^{13}\text{C}$ verdier (-22 til -18 ‰). Da fraksjonering i konsumentleddene i næringskjeden er relativt liten (0,5 ‰ for hvert trofnivå) vil $\delta^{13}\text{C}$ indikere karbonkildene dvs type vegetasjon som er viktigst i fiskens og dyreplanktonets næringsnett.

Det har vist seg at i akvatiske næringskjeder øker $\delta^{15}\text{N}$ i gjennomsnitt med 3,5 ‰ for hvert trinn opp i næringskjeden, f.eks. fra primærprodusent til primærkonsument. $\delta^{15}\text{N}$ benyttes derfor som et kontinuerlig mål på organismenes trofiske posisjon i en innsjø. Ved sammenlikning av innsjøer må en være klar over at $\delta^{15}\text{N}$ signalet i bunnen av næringskjeden kan være forskjellig, alt avhengig av nitratkildens signatur.

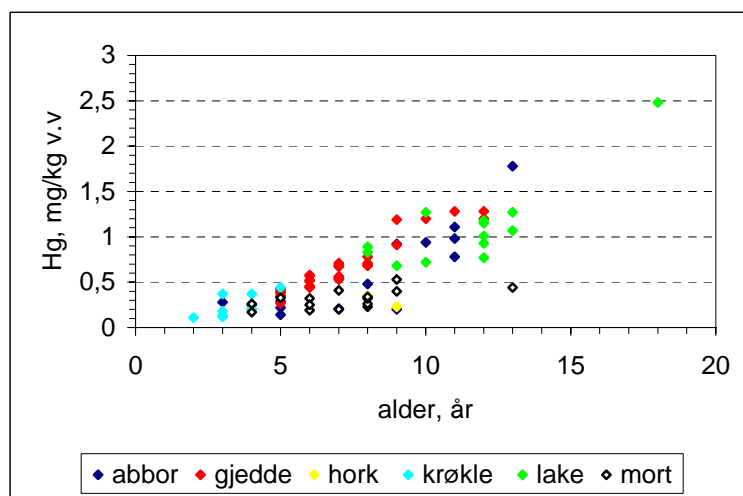


Figur 6. Biplot av stabile nitrogen- og karbonisotoper for fisk og zooplankton i Røgden innsamlet i perioden 2002-2004.

Gradienten i $\delta^{13}\text{C}$ verdier strekker seg fra dyreplankton (-36 til -30 ‰) som lever av planteplankton og bakterier i de frie vannmassene til hork, småabbor og en mort som hadde en diett som var preget av bunndyr som delvis levde av påvekstalgler (-25 til -18 ‰) og detritus (-29 til -26 ‰). Den største andelen av dyreplankton hadde krøkla spist (ca 70 %), og det var liten spredning blant de undersøkte individene. Derimot var spredningen stor for mort og abbor. Enkelte individer hadde hatt nær 50 % av dietten sin fra dyreplankton, men alle gradienter var representert helt ned til intet innslag fra dyreplankton dvs bunndyr i strandsonen. Hork hadde levd av byttedyr i grunnere områder, mens gjedde og lake ernærte seg på fisk fra både strandsonen og fra de frie vannmassene.

$\delta^{15}\text{N}$ -verdiene i dyreplankton varierer over året, men tar vi utgangspunkt i 3 ‰ (Fig.6) vil første konsumenttrinn ha $\delta^{15}\text{N}$ -verdier på ca. 6,5 ‰. Dersom vi tar i betraktning usikkerhetene i estimatet for dyreplankton og at mort og småabbor har hatt andre matkilder er det rimelig å anta at denne gruppen med $\delta^{15}\text{N}$ -verdier fra 7-8,2 ‰ er representative for primærkonsumenter i innsjøen. Krøkla med $\delta^{15}\text{N}$ fra 9-10 ‰ hadde ikke bare spist dyreplankton, men også mindre pelagisk mort, evt sine egne artsfrender. Gjeddene hadde spist abbor og mort i hovedsak, mens stor abbor og lake hadde de høyeste $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene, og følgelig hadde større innslag av fiskespisende individer enn gjeddene i dette materialet.

Gjedde, krøkle, større abbor og lake hadde nær de samme konsentrasjonene av kvikksølv justert for alder, mens mort var klart lavere enn de andre (Fig. 7). For de to førstnevnte passerer konsumgrensa (0,5 mgHg/kg v.v) ved 6-8 års alder.



Figur 7. Konsentrasjon av kvikksølv i fisk fra Røgden fanget i perioden 2002 til 2004.

3. Diskusjon

Vannkjemiske forhold og syrenøytraliseringskapasitet

Undersøkelsene i Møkeren i 2003 og i Røgden i 2003 og 2004 viste at de to innsjøenes vannmasser hadde svakt surt til nøytralt vann med god alkalitet og meget god syrenøytraliseringskapasitet (ANC). Begge innsjøene hadde alkalitet og ANC høyere enn 50 $\mu\text{ekv/l}$ og pH-nivåer godt over kalkingsmålet i Norge for innlandsvann, som er satt til $\text{pH} \approx 6$. Skader på fiskebestander kan ikke påregnes før ANC $< 20 \mu\text{ekv/l}$. Møkeren hadde noe lavere pH, alkalitet og ANC enn Røgden. Møkeren og i noe mindre grad Røgden er markert humuspåvirket. Konsentrasjonene av kalsium var relativt lave, men på et nivå som er vanlig i mange innsjøer i denne delen av Hedmark (Rognerud 1992).

Konsentrasjonen av akutt toksiske aluminiumsformer (LAl) i Møkeren og i Røgden lå mellom 1-10 $\mu\text{g Al/l}$. Dette er lave verdier, og normalt i vann med nær nøytral pH og relativt høye konsentrasjoner av humus (TOC). Aluminiumsnivåene er ikke høye nok til å påvirke fiskebestandene i innsjøene. Foreløpige grenseverdier for antatt laveste biologiske risikonivå (LBRL) er satt til 20 $\mu\text{g/l}$ labilt aluminium for laks og mort og 80 $\mu\text{g/l}$ for ørret og abbor (Lydersen et al. 2002). Intervallet mellom disse verdiene representerer trolig det området der biologiske effekter kan forventes i norske vannforekomster. Konsentrasjonene i Møkeren og Røgden lå med andre ord godt under disse grenseverdiene. Mort, som regnes som den mest forsurende arten finnes i høye tettheter, noe som ytterligere understreker at innsjøen ikke er negativt påvirket av forsuring.

Hvor mye kalkingen av innsjøene er skyld i den gode vannkvaliteten er vanskelig å anslå med det datagrunnlaget vi har til rådighet. Her bør gamle data (før kalking) vurderes hvis dette finnes, og/eller kombinere disse data med vannkjemiske undersøkelser av hovedvanntilførsler til innsjøen, forutsatt at disse ikke er kalket. Innsjøene oppstrøms viser en utvikling mot surere vann etter at kalkingen opphørte i 2001 (T. Qvenild pers.medd.). Denne trenden kan på sikt også påvirke Røgdens vannkvalitet og vannkvaliteten i disse vassdrag bør derfor undersøkes årlig.

Konsentrasjonen av nitrogenforbindelser var lave og på nivå med andre innsjøer i regionen som er lite påvirket av tilførsler fra menneskelige aktiviteter (Løvik 2001). Ut fra middelverdiene av klorofyll-*a* og tot-N kan begge innsjøene karakteriseres som næringsfattige, dvs. oligotrofe innsjøer, med Røgden som den mest næringsfattige av de to. Dette indikerer at produksjonsforholdene for alger var bedre i Møkeren enn i Røgden, noe som kan ha hatt flere årsaker: Innsjøen ligger i motsetning til Røgden under den marine grensen, og påvirkes antagelig i større grad av tilførsler av næringssalter fra befolkning og jordbruk. Innsjøen er dessuten relativt grunn, noe som bidrar til at temperaturen i de øvre vannlag blir litt høyere og fører til en raskere omsetning av organisk materiale i vannmassene enn i Røgden. Tilgangen på næringssalter for algene (spesielt fosfor) kan derfor ha vært bedre. Dessuten var beiteintensiteten på algene fra dyreplanktonet trolig noe svakere i Møkeren (se avsnittet om dyreplankton nedenfor).

Tilløpselvene til Røgden, Varpåa (kalka) og Løvbergsåa, hadde også forholdsvis god vannkvalitet i 2003. pH varierte i området 6,5-7,0 dvs. svakt surt til nøytralt vann, alkaliteten og ANC var meget god ($> 50 \mu\text{ekv/l}$), og konsentrasjonen av labilt aluminium var lav (1-5 $\mu\text{g/l}$). På bakgrunn av våre målinger så skulle ikke vannkvaliteten i de to elvene kunne innebære toksiske effekter på vannorganismer i den aktuelle perioden. Alkaliteten og konsentrasjonen av kalsium og ioner var noe lavere i hovedtilløpselva Løvbergsåa enn i Varpåa. Denne elva hadde imidlertid nesten dobbelt så høy konsentrasjon av reaktivt aluminium som Løvbergsåa. Konsentrasjonen av kalsium var høyere i Varpåa enn i Røgden, mens Løvbergsåa hadde lavere konsentrasjon enn Røgden. Det vil si at Varpåa bidro til en økning av kalsium-konsentrasjonen i Røgdens vannmasser, mens Løvbergsåa bidro til en fortykning eller senking av kalsium-konsentrasjonen. Dette var vel og merke i perioden juni-oktober. Vi har ikke data som sier noe om situasjonen f.eks. i vårflommen, en periode da de største vannmengdene vanligvis

tilføres innsjøen og hvor vannkvaliteten ofte er dårlig (sur) i perioder. Dette betyr at vi heller ikke kan utelukke at vannkvaliteten kan ha vært markert dårligere i vårflommen og eventuelt forårsaket skadeeffekter på bunndyr eller fisk i elvene. Men i så fall ville dette sannsynligvis også ha medført negative effekter f.eks. på fiskebestander og/eller dyreplankton i Røgden (se nedenfor). Tettheten av ungfisk er dårlig i begge elvene (T. Qvenild pers.medd.). Vi vil derfor foreslå at vannkvalitet og fiskeundersøkelser gjennomføres årlig.

Dyreplankton

De ulike artene av dyrplankton har forskjellig toleranse overfor surt vann, og dyreplanktonsamfunnene gjennomgår store strukturelle forandringer ved forsuring (Brett 1989, Stenson et al. 1993). Antall arter reduseres, og følsomme arter, f.eks. vannlopper innen slekten *Daphnia*, reduseres sterkt i individantall eller forsvinner helt ved pH lavere enn ca. 5,5-6,0 (Schartau et al. 1997, Holt et al. 2003). Flere arter klarer seg imidlertid bedre i sure humussjøer enn i sure klarvannssjøer (Hobæk og Raddum 1980). *Daphnia longispina*, som sjelden finnes i Skandinavia ved pH<5,0, kan forekomme ved så lav pH som 4,5-4,7 i lokaliteter med høyt humusinnhold (Nilssen and Wærvågen 2002). Noen undersøkelser har også vist en positiv sammenheng mellom tettheten og/eller biomassen av dyreplankton og pH, men sammenhengen er sjelden sterk på grunn av store variasjoner mellom innsjøene (Brett 1989). I så vel sure som ikke sure innsjøer er mengden føde i form av beitebare alger, bakterier og dødt organisk materiale den viktigste faktoren for hvor stor dyreplanktonmengde som utvikles.

Kalking har også vist seg å gi positive effekter på dyreplanktonsamfunnet med reetablering av sårbare arter og økning av bestandene av enkelte arter (Degerman et al. 1995, Walseng and Karlsen 1997, Walseng and Schartau 2001). Effektene er imidlertid svært avhengige av biologiske interaksjoner innen dyreplanktonsamfunnet, mellom planteplanktonet og dyreplanktonet og mellom dyreplanktonet og planktonspisende fisk eller invertebrate predatorer som f.eks. svevemygglarven *Chaoborus* og vannloppen *Leptodora* (Blomqvist et al. 1994, Nilssen and Wærvågen 2002 og 2003, Stenson et al. 1993, Wærvågen and Nilssen 2003).

Røgden hadde et forholdsvis artsrikt dyreplanktonsamfunn sammenlignet med mange andre innsjøer i Østlandsområdet (jfr. Schartau et al. 1997). Videre indikerte også sammensetningen av krepsdyrplanktonet at denne organismegruppen ikke var forsuringsskadet. Dette vises bl.a. ved de betydelige bestandene av flere forsuringfølsomme arter som *Daphnia longispina*, *Daphnia cristata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata*, *Thermocyclops oithonoides* og *Limnospira frontosa* (jfr. Schartau et al. 1997, Walseng and Schartau 2001). *Eudiaptomus graciloides* er en forholdsvis sjelden art i Sør-Norge, men den finnes bl.a. i en del innsjøer langs svenskegrensa i Hedmark og Østfold samt i noen innsjøer i Hordaland (Walseng og Halvorsen 1996). *Limnospira frontosa* har i Norge en nokså begrenset sørøstlig utbredelse, men den ser ut til å ha spredt seg til en del nye innsjøer i de siste 20-30 år (Jensen 1999). Arten foretrekker relativt kalkfattige og næringsfattige lokaliteter. På bakgrunn av en undersøkelse av utbredelse av litorale og planktoniske småkreps i 15 sørøst-norske innsjøer ble *L. frontosa* karakterisert som en forsuringfølsom art (Walseng and Schartau 2001). De øvrige artene er mer vanlig utbredd i lavlandet Østafjells (f.eks. *T. oithonoides*) eller større deler av landet (f.eks. *C. scutifer* og *B. longispina*).

Rognerud og Kjellberg (1984) fant en god sammenheng mellom sesongmiddelverdiene for algemengde (klorofyll-*a*, 0-10 m) og dyreplanktonbiomassen (mgTV/m³, 0-20 m) i 18 store østnorske innsjøer. Ut fra denne sammenhengen skulle middelbiomassen av dyreplankton i Røgden ha vært ca. 22 mgTV/m³, dvs. bare ca. 46 % av beregnet biomasse på basis av analysene. Det er særlig den høye biomassen i juni som trekker opp middelbiomassen i Røgden. Avviket fra den nevnte sammenhengen mellom klorofyll-*a* og biomasse av dyreplankton kan skyldes flere forhold: Reguleringen fører til liten vannutskifting og dermed liten uttransport av dyr på våren-forsommeren når magasinet fylles opp. Vanntemperaturen kan ha vært relativt høy på denne tida, noe som også begunstiger produksjonen av dyreplankton. I tillegg innebærer den markerte humuspåvirkningen et betydelig tilskudd av føde for flere av artene i form av bakterier og dødt organisk materiale.

Sammenlignet med i 2003 var det i 2004 betydelige økninger i biomassene av de forsuretolerante artene *D. brachyurum* og *B. longispina*, mens den forsuringfølsomme arten *D. cristata* hadde markert lavere biomasse i Røgden. En annen antatt forsuringfølsom art, *L. frontosa*, viste imidlertid betydelig økning i biomassen. Forskjellene i krepsdyrplanktonets sammensetning mellom de to årene kan derfor neppe forklares med endringer i den kjemiske vannkvaliteten.

Bestanden av den største *Daphnia*-arten, *D. longispina*, ble sterkt redusert utover i sesongen begge årene i Røgden. Dette sammenfaller i tid med en markert nedgang i totalbiomassen av krepsdyrplankton. Årsaken til dette kan være at predasjonspresset fra planktonspisende fisk øker når f.eks. 0+ av mort begynner å beite hardt på krepsdyrplanktonet i de frie vannmasser utpå sommeren (G. Kjellberg pers. medd.). *Limnospida*, som er av samme størrelse som *D. longispina* i Røgden, økte imidlertid i antall og biomasse utover sesongen, trolig pga. redusert konkurranse fra *D. longispina* og at den tåler noe hardere predasjonspress enn *D. longispina* (jfr. Jensen 1999). Sammensetningen av dyreplanktonet i Møkeren tydet på at dette var utsatt for et enda hardere predasjonspress enn dyreplanktonet i Røgden. Dette kan skyldes antagelig at Røgden har et betydelig større maksimaldyp og større vannvolum under temperatur-sprangsjiktet. (Vi kjenner ikke til at det foreligger dybdekart fra Røgden og Møkeren. De observasjoner som ble gjort ved feltarbeidet viste at Røgden hadde dyp ned til 33 m, mens i Møkern var alle målepunkter grunnere enn 15 m). Disse dypområdene kan tjene som refugier for flere middels store arter ved at dyrene kan oppholde seg der i deler av døgnet og dermed unngå å bli spist av fisken. Dette i motsetning til Møkeren som i hovedsak består av relativt grunne områder, og som har et maksimaldyp på omtrent halvparten av Røgdens. Det er også mulig at bestandene av mort og/eller abbor var tettere i Møkeren enn i Røgden. Ett individ av svevemygglarven *Chaoborus* sp. ble funnet i Møkeren på 15 m dyp den 13. august. *Chaoborus* har antagelig små muligheter til å utvikle en stor bestand i Møkeren så lenge predasjonspresset fra planktonspisende fisk er sterkt.

Møkeren hadde også et relativt artsrikt og "naturlig" sammensatt dyreplanktonsamfunn. Dette sammen med de betydelige bestandene av forsuringfølsomme arter som *H. appendiculata*, *T. oithonoides*, *D. cristata* og *L. kindtii* viste at dyreplanktonet ikke var forsuringsskadet. Middelbiomassen kan betegnes som middels høy, men noe lavere enn det en skulle forvente ut fra algemengden (jfr. Rognerud og Kjellberg 1984). Middelbiomassen for Møkeren er imidlertid usikker da den er basert på bare 3 observasjoner i perioden juli-oktober. Hardt predasjonspress fra fisk kan dessuten ha bidratt til relativt lav biomasse. Andelen såkalte effektive algebeitere innen dyreplanktonet var meget liten i Møkeren. Det er særlig store arter og individer innen slekten *Daphnia* som regnes til denne gruppa. I Møkeren var bare småvokste *D. cristata* til stede innen denne slekten, en form som ikke kan regnes som noen effektiv algebeiter. I Røgden var det imidlertid en bestand av den noe større *D. longispina* først på sommeren og i tillegg en betydelig bestand av *H. gibberum* som også kan være en viktig algebeiter når den forekommer i større mengder. En høy andel eller store bestander av effektive algebeitere regnes som gunstig med tanke på innsjøens "selvrensingsevne" (Pace 1984). Det vil si at en stor andel av den produserte algebiomassen kan omsettes oppover i næringskjeden. Ut fra dette kan "selvrensingsevnen" betegnes som meget liten i Møkeren og noe bedre, men likevel relativt liten i Røgden.

Analyser av kvikksølv og stabile isotoper i fisk

Konsentrasjonene av kvikksølv i fiskespiser som gjedde, lake og stor abbor var klart høyere enn i mort og småabbor som spiser bunndyr og dyreplankton. Det er særlig to forhold som er viktig for kvikksølvkonsentrasjonene i fisk. Konsentrasjonene øker med en faktor på 3,5 i løpet av 10 år hvis fisken spiser samme diett hele tiden. Den samme økningen skjer hvis den f.eks begynner å spise fisk dvs går opp et trofisk nivå (Rognerud og Fjeld 2002). Dette betyr at gjedda, som nesten hele livet er fiskespiser, vil ha ca 3,5 ganger høyere kvikksølvkonsentrasjon enn bunndyr/plankton spiser som mort ved samme alder slik vi har vist for Røgden. I Røgden passerte fiskespiserne grensen satt for konsum (0,5 mgHg/kg v.v) allerede som 6-7 åringer, og den eldste fisken, en 18 år gammel lake hadde verdier som var 5 ganger høyere enn konsumgrensa. Det vil derfor være kostholdsrad knyttet til

konsum av større (eldre) fiskespisere som lake, gjedde og stor abbor i Røgden. Dette skyldes særlig en effektiv omdanning av atmosfærisk avsatt kvikksølv til metyl-kvikksølv i slike brune skogssjøer som Røgden, og at de atmosfæriske avsetningene av kvikksølv er betydelige over lang tid i denne regionen (Rognerud og Fjeld 2002).

Tidligere var mageanalyser den eneste metoden en hadde for å få en indikasjon på fiskens plass i næringskjeden. Mageanalyser gir imidlertid kun øyeblikksbilder, og de sier lite om hvilke næringsdyr som bidrar mest til oppbyggingen av muskelmassen. Dessuten førte de ofte til generaliseringer der alle individer innen bestanden (eller på et alderstrinn) ble definert som primære eller sekundære konsumenter. Bruk av stabile nitrogen- og karbonisotoper gjør det mulig å få en langt bedre oversikt over fiskens næringsnett (Vander Zanden and Rasmussen 2001). De stabile karbonisotopene viste at krøkla levde hovedsakelig av dyreplankton, men nitrogenisotopene indikerte et innslag av fisk i dietten. Mort og småabbor ernærte seg av plankton og bunndyr, mens gjedde var deres hovedpredatorer. De stabile nitrogenisotopene indikerer at stor abbor og lake har samme næringspreferanser og at krøkle kan være et viktig byttedyr for disse enn for gjedde. Det bør gjøres flere undersøkelser over byttedyr i mageinnholdet av de ulike fiskeartene for å verifisere resultatene av de stabile isotopeanalysene. Det er også rimelig å anta at reguleringen kan ha økt den relative betydningen av den planktoniske næringskjeden i Røgden. Pelagiske næringskjeder i skogssjøer kan ofte ha en effektiv biomagnifisering av kvikksølv fordi metylkvikksølv blant annet tilføres fra våtmarker i nedbørfeltet. Reguleringen kan derfor ha bidratt til høye nivå av kvikksølv i fisk i Røgden.

Anbefalinger

Resultatene fra 2005 viser at det ikke er nødvendig å kalke i Røgden ennå. Innsjøen har fortsatt en god vannkvalitet uten negative konsekvenser for fisk. Mindre elver og bekker er mer utsatt for episoder med surt vann. Vi foreslår derfor at kalkingen i Verpåa bør fortsette for å sikre en god rekruttering av ørret. Det bør gjøres flere undersøkelser for å identifisere byttedyr i mageinnholdet av de ulike fiskeartene slik at resultatene av de stabile isotopeanalysene kan verifiseres.

Det vil være kostholdsrad knyttet til konsum av større (eldre) fiskespisere som lake, gjedde og stor abbor i Røgden. Dette skyldes særlig den effektiv omdanning av atmosfærisk avsatt kvikksølv til metyl-kvikksølv i humusrike innsjøer som Røgden, og at de atmosfæriske avsetningene av kvikksølv og syrer har avtatt betydelig de siste 10 årene og vi foreslår at utviklingen av kvikksølvnivåene i fisk og vannkvaliteten i Røgden overvåkes. Vi anbefaler også at kvikksølvnivåene i fisk fra Brødbølvassdraget undersøkes nærmere.

4. Litteratur

Blomqvist, P., Bell, R.T., Olofsson, H., Stensdotter and Vrede, K. 1995. Plankton and water chemistry in Lake Njupfatet before and after liming. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 551-565.

Brett, M.T. 1989. Zooplankton communities and acidification processes (a review). *Water, Air, and Soil Pollution* 44: 387-414.

Degerman, E., Henrikson, L., Herman, J. and Nyberg, P. 1995. The effect of liming on aquatic fauna. In: Henrikson, L. and Brodin, Y.W. (Eds.). *Liming of acidified surface waters*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 221-282.

Hessen, D.O., Faafeng, B. and Andersen, T. 1995. Replacement of herbivore zooplankton species along gradients of ecosystem productivity and fish predation pressure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 733-742.

Hobæk, A. and Raddum, G. 1980. Zooplankton communities in acidified lakes in South Norway. Rapport IR 75/80, SNSF-prosjektet. 132 s.

Holt, C.A., Yan, N.D. and Somers, K.M. 2003. pH 6 as the threshold to use in critical load modeling for zooplankton community change with acidification in lakes of south-central Ontario: accounting for morphometry and geography. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 151-158.

Jensen, T.C. 1999. Økologi og utbredelse hos *Limnospida frontosa* (Cladocera) i Norge. Cand. scient.-oppgave i limnologi. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo. 117 s.

Lydersen, E., Löfgren, S. and Arnesen, R.T. 2002. Metals in Scandinavian surface waters: Effects of acidification, liming, and potential reacidification. *Critical reviews in environmental science and technology*, 32 (2&3): 73-295.

Lydersen, E., Larsen, T. og Fjeld, E. 2004. Betydningen av humus for forholdet mellom syrenøytraliseringskapasitet (ANC) og fiskestatus i norske innsjøer. pH-status nr. 1 (Årgang 10): 4-5.
Løvik, J.E. 2001. Miljøtilstanden i innsjøer og vassdrag i Hedmark ved årtusenskiftet. NIVA-rapport nr. 4336. 39 s.

Nilssen, J.P. 1980. Acidification of a small watershed in southern Norway and some characteristics of acidic aquatic environments. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 65: 177-207.

Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2002. Recent re-establishment of the key species *Daphnia longispina* and cladoceran community changes following recovery in a strongly acid-stressed region in southern Norway. *Arch. Hydrobiol.* 153:557-580.

Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2003. Ecological distribution of pelagic copepods and species relationship to acidification, liming and natural recovery in a boreal area. *J. Limnol.* 62: 97-114.

Pace, M.L. 1984. Zooplankton community structure, but not biomass, influences the phosphorus-chlorophyll *a* relationship. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1089-1096.

Rognerud, S. and Kjellberg, G. 1984. Relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in large lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 666-671.

Rognerud, S. 1992. Vannkvalitetsundersøkelse i Hedmark. En regional undersøkelse av 220 innsjøer høsten 1988. Fylkesmannen i Hedmark. Rapport nr. 4/92. 30 s. + vedlegg.

Rognerud, S. og Fjeld, E. 2002. Kvikksølv i fisk fra innsjøer i Hedmark, med hovedvekt på grenseområdene mot Sverige. NIVA-rapport 4487-2002. 46s.

Schartau, A.K.L., Hobæk, A., Faafeng, B., Halvorsen, G., Løvik, J.E., Nøst, T., Solheim, A. og Walseng, B. 1997. Diversitet av dyreplankton og litorale krepsdyr – naturlige gradienter og effekter av forurensninger, fysiske inngrep og introduksjoner. NINA temahefte 14, NIVA-rapport nr. 3768-97: 58 s.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. 31 s.

SFT 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2004. SFT-rapport 941/05, TA-2126/2005. 149 s.

Stenson, J.A.E., Svensson, J.-E. and Cronberg, G. 1993. Changes and interactions in the pelagic community in acidified lakes in Sweden. *Ambio* 22:277-282

Vander Zanden, J., and Rasmussen, J. B. 2001. Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. *Limnol. Oceanogr.* 46: 2061-2066.

Walseng, B. og Halvorsen, G. 1996. Copepoda - Hoppekreps. I: Aagaard, K. og Dolmen, D. (Red.). *Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsfauna.* Tapir forlag, Trondheim. ISBN 82-519-1214-8: 103-107.

Walseng, B. og Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 490. 32 s.

Walseng, B. and Schartau, A.K.L. 2001. Crustacean communities in Canada and Norway: Comparison of species along a pH gradient. *Water, Air and Soil Pollution* 130: 1319-1324.

Wærvågen, S.B. and Nilssen, J.P. 2003. Major changes in pelagic rotifers during natural and forced recovery from acidification. *Hydrobiologia* 499: 63-82.

Vi anbefaler også at kvikksølvnivåene i fisk fra Brødbølvassdraget undersøkes nærmere.

5. Vedlegg

Tabell 1A. Oversikt over noen sentrale vannkvalitetsvariable og kalkdoser. Resultater fra 1988 er hentet fra Rognerud (1992), kalkdoser og vannkvalitet (1998-2002, samt 27/9-05) fra FM-Hedmark, Tore Qvenild pers.medd.), resten fra denne undersøkelsen

Dato	pH	Alkalitet mmol/l	Ca mg/l	Farge mgPt/l	SO4 mg/l	kalkdose tonn
15.10.1988	5,86	0,025	1,39	36	3,96	
1992						2327
1995						1524
1996						353
1997						356
15.05.1998	6,67	0,137	3,19	36		
28.05.1998						370
22.09.1998	6,82	0,151	3,66	30		
25.05.1999	6,55	0,104	2,7	43		
01.07.1999						347
18.10.1999	6,73	0,125	3	39		
29.05.2000	6,56	0,099	2,7	49		
29.06.2000						253
16.10.2000	6,73	0,115	2,84	46		
06.06.2001	6,67	0,102	2,22	53		
27.06.2001						200
22.10.2001	6,81	0,120	2,49	51		
22.10.2002	6,82	0,124	2,49	34		
12.06.2003	6,72	0,107	2,24	45	1,94	
16.07.2003	6,69	0,107	2,16	34	1,84	
13.08.2003	6,70	0,112	2,21	40	1,89	
02.10.2003	6,80	0,114	2,25	43	1,89	
23.06.2004	6,73	0,110	2,50	48	2,03	
09.08.2004	6,80	0,112	2,51		2,04	
10.11.2004	6,73	0,116	2,29		2,10	
18.10.2004	6,52	0,115	2,21	43		
11.08.2005	6,73	0,108	2,24			
27.09.2005	6,50	0,086	2,30	48	1,96	
29.11.2005	6,68	0,104	2,22		1,96	

Tabell 1B. Primærdata fra Røgden, Møkeren, Varpåa og Løvbergsåa i 2003 og 2004.

	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Tot-N µgN/l	NO3 µgN/l	TOC mgC/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	LAI µg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	KI-a µg/l	Sikted m
Røgden, 0-10 m																	
12.06.2003	6,72	1,98	0,107	285	96	6,0	0,91	1,94	19	18	1	2,24	0,38	0,48	1,07	1,2	
16.07.2003	6,69	1,99	0,107	285	73	6,1	0,85	1,84	17	14	3	2,16	0,37	0,40	1,06	1,1	
13.08.2003	6,70	2,04	0,112	265	81	5,8	0,88	1,89	18	16	2	2,21	0,37	0,41	1,06	1,2	5,7
02.10.2003	6,80	2,05	0,114	295	82	5,2	0,90	1,89	15	12	3	2,25	0,38	0,43	1,08	1,2	
23.06.2004	6,73	2,03	0,110	280	94	5,4	0,95	2,03	24	18	6	2,50	0,37	0,42	1,07	1,1	
09.08.2004	6,80	2,01	0,112	270	70	5,5	0,94	2,04	20	15	5	2,51	0,36	0,42	1,07	0,74	5,7
10.11.2004	6,73	2,19	0,116	280	85	5,8	1,08	2,10	24	21	3	2,29	0,36	0,45	1,10		
11.08.2005	6,73	2,07	0,108	265	61	5,8	1,06	1,96	19	16	3	2,24	0,37	0,31	1,10	1,8	5,6
29.11.2005	6,68	2,10	0,104	325	82	6,3	2,06	1,97	13	13	0	2,22	0,38	0,45	1,23		5,5
Middel	6,73	2,05	0,110	283	80	5,8	1,07	1,96	19	16	3	2,29	0,37	0,42	1,09	1,2	5,7
Røgden, 30 m																	
12.06.2003	6,68	2,01	0,105	295	110	5,8	0,91	1,93	22	20	2	2,28	0,37	0,48	1,05		
16.07.2003	6,63	2,04	0,109	295	105	5,8	0,85	1,85	20	19	1	2,19	0,37	0,40	1,05		
13.08.2003	6,62	2,05	0,109	280	120	5,8	0,91	1,95	22	19	3	2,21	0,37	0,41	1,04		
02.10.2003	6,57	2,08	0,114	305	115	5,3	0,91	1,93	20	17	3	2,24	0,36	0,42	1,10		
Middel	6,63	2,05	0,109	294	113	5,7	0,90	1,92	21	19	2	2,23	0,37	0,43	1,06		
Varpåa																	
12.06.2003	6,47	1,75	0,105	240	9	10,0	0,65	1,38	46	45	1	2,46	0,24	0,40	0,97		
16.07.2003	6,60	1,85	0,110	310	26	11,3	0,62	1,12	40	37	3	2,47	0,21	0,36	1,01		
13.08.2003	6,97	2,40	0,173	295	44	9,8	0,73	1,11	35	30	5	3,47	0,24	0,44	1,11		
02.10.2003	6,92	2,36	0,164	270	27	8,6	0,90	1,26	33	32	1	3,12	0,34	0,50	1,21		
Middel	6,74	2,09	0,138	279	27	9,9	0,73	1,22	39	36	3	2,88	0,26	0,42	1,08		
Løvbergsåa																	
12.06.2003	6,53	1,67	0,090	235	7	7,5	0,73	1,49	30	28	2	1,87	0,37	0,42	1,04		
16.07.2003	6,67	1,75	0,102	230	5	7,1	0,71	1,42	17	14	3	1,83	0,37	0,35	1,08		
13.08.2003	6,70	1,84	0,111	220	2	6,7	0,75	1,47	16	14	2	1,97	0,37	0,38	1,05		
02.10.2003	6,69	1,82	0,109	235	6	6,5	0,80	1,47	21	18	3	1,88	0,41	0,39	1,14		
Middel	6,65	1,77	0,103	230	5	7,0	0,75	1,46	21	19	3	1,89	0,38	0,38	1,08		
Møkeren, 0-10 m																	
16.07.2003	6,44	2,08	0,090	305	77	7,3	1,19	2,07	45	41	4	1,97	0,36	0,45	1,26	1,9	
13.08.2003	6,49	2,10	0,094	305	81	7,2	1,31	2,29	40	37	3	1,98	0,36	0,46	1,26	2,3	4,4
02.10.2003	6,57	2,11	0,094	300	74	6,6	1,25	2,16	38	29	9	2,02	0,37	0,47	1,28	2,1	
Middel	6,50	2,10	0,093	303	77	7,0	1,25	2,17	41	36	5	1,99	0,36	0,46	1,27	2,1	4,4

Tabell II. Krepsdyrplankton i Røgden 2003, gitt som mg tørrvekt pr. m³ i sjiktet 0-20 m.

	12.jun	16.jul	13.aug	02.okt	Middel
<u>Hoppekreps (Copepoda):</u>					
<u>Calanoida:</u>					
Heterocope appendiculata	0,59	0,10	0,25	0,34	0,32
Eudiaptomus graciloides	27,86	10,21	7,58	6,28	12,98
Sum Calanoida	28,45	10,31	7,83	6,62	13,30
<u>Cyclopoida:</u>					
Cyclops scutifer	9,13	2,45	1,27	0,31	3,29
Mesocyclops leuckarti	0,07	0,03	0,33	1,08	0,38
Thermocyclops oithonoides	0,88	3,05	1,94	1,73	1,90
Sum Cyclopoida	10,08	5,53	3,54	3,12	5,57
<u>Vannlopper (Cladocera):</u>					
Leptodora kindtii	4,80	2,50	0,30	0	1,90
Holopedium gibberum	4,86	2,55	0,05	1,51	2,24
Diaphanosoma brachyurum	0,04	0,01	3,91	0,09	1,01
Limnosida frontosa	0,01	0,01	2,80	0,26	0,77
Daphnia longispina	2,43	0,26	0	0	0,67
Daphnia cristata	25,53	22,77	4,71	2,73	13,94
Daphnia longiremis	0,86	0,29	0,12	0	0,32
Bosmina longispina	15,33	9,83	3,79	7,00	8,99
Polyphemus pediculus	0	0,01	0	0	0,00
Scapholeberis sp.	0	0,01	0	0	0,00
Sum Cladocera	53,86	38,24	15,68	11,59	29,84
Sum krepsdyrplankton	92,39	54,08	27,05	21,33	48,71

Tabell III. Middellengder av vannlopper (voksne hunner) i Røgden i 2003 og 2004, mm.

	Røgden 2003			Røgden 2004		
	Middel	Min	Maks	Middel	Min	Maks
Limnosida frontosa	1,45	1,30	1,60	1,39	1,20	1,68
Diaphanosoma brachyurum				1,12	0,86	1,34
Holopedium gibberum				1,16	1,00	1,34
Daphnia longispina	1,34	1,22	1,60	1,42	1,30	1,50
Daphnia longiremis	1,09	1,00	1,20			
Daphnia cristata	1,10	0,92	1,34	1,06	0,86	1,28
Bosmina longispina	0,65	0,56	0,76	0,70	0,52	0,88

Tabell IV. Krepsdyrplankton i Røgden 2004, gitt som mg tørrvekt pr. m³ i sjiktet 0-20 m.

	23.jun	09.aug	Middel
<u>Hoppekreps (Copepoda):</u>			
<u>Calanoida:</u>			
Heterocope appendiculata	0,12	0,00	0,06
Eudiaptomus graciloides	13,36	13,99	13,68
Sum Calanoida	13,48	13,99	13,74
<u>Cyclopoida:</u>			
Cyclops scutifer	15,79	4,20	10,00
Mesocyclops leuckarti	0,01	0,16	0,09
Thermocyclops oithonoides	0,62	2,03	1,33
Sum Cyclopoida	16,42	6,39	11,41
<u>Vannlopper (Cladocera):</u>			
Leptodora kindtii	0,90	1,50	1,20
Holopedium gibberum	2,27	0,06	1,17
Diaphanosoma brachyurum	0,74	5,86	3,30
Limnosida frontosa	0,08	5,23	2,66
Daphnia longispina	0,80	0,00	0,40
Daphnia cristata	3,23	1,58	2,41
Daphnia longiremis	0,02	0,00	0,01
Bosmina longispina	22,16	5,87	14,02
Bosmina longirostris	0,01	0,00	0,01
Polyphemus pediculus	0,002	0,03	0,02
Sum Cladocera	30,21	20,13	25,17
Sum krepsdyrplankton	60,11	40,51	50,31

Tabell V. Kvalitativ forekomst av hjuldyr i Røgden i 2003 og 2004.

1 = få individer, 2 = vanlig, 3 = rikelig/dominerende

	Røgden 2003				Røgden 2004	
	12.jun	16.jul	13.aug	02.okt	23.jun	02.okt
Kellicottia longispina	2	2	2	1	3	3
Conochilus spp.	2	2	3	1	3	3
Polyarthra spp.	2	2	2	1	2	3
Keratella cochlearis	2	2		1	2	2
Keratella hiemalis		1				
Asplanchna priodonta	2	1	2		1	2
Ploesoma hudsoni					1	1
Gastropus spp.						1
Collotheca spp.						1

Tabell VI. Krepsdyrplankton i Møkeren 2003, gitt som mg tørrvekt pr. m³ i sjiktet 0-15 m.

	16.jul	13.aug	02.okt	Middel
<u>Hoppekreps (Copepoda):</u>				
<u>Calanoida:</u>				
Heterocope appendiculata	0,92	3,14	0	1,35
Eudiaptomus gracilis	2,77	7,16	1,29	3,74
Sum Calanoida	3,69	10,30	1,29	5,09
<u>Cyclopoida:</u>				
Cyclops scutifer	0,81	4,27	1,54	2,21
Mesocyclops leuckarti	2,31	4,03	0,72	2,35
Thermocyclops oithonoides	8,24	6,64	2,15	5,68
Sum Cyclopoida	11,36	14,94	4,41	10,24
<u>Vannlopper (Cladocera):</u>				
Leptodora kindtii	6,67	3,36	0	3,34
Holopedium gibberum	0,04	0,04	0	0,03
Diaphanosoma brachyurum	0,03	0,25	0	0,09
Limnosida frontosa	0,07	0,52	0	0,20
Daphnia cristata	8,76	7,62	1,51	5,96
Bosmina longispina	5,21	1,33	1,25	2,60
Bosmina longirostris	0,15	0,07	0,13	0,12
Polyphemus pediculus	0,07	0	0	0,02
Sum Cladocera	21,00	13,19	2,89	12,36
Sum krepsdyrplankton	36,05	38,43	8,59	27,69

Tabell VII. Middellengder av vannlopper (voksne hunner) i Møkeren 2003, mm.

	Middel	Min	Maks
Daphnia cristata	0,85	0,74	1,00
Bosmina longispina	0,43	0,36	0,62
Bosmina longirostris	0,34	0,32	0,36