

490

OPPDRA GSMELDING

Reetablering av forsuringfølsomme
invertebrater etter kalking
av ferskvann i Østfold

Bjørn Walseng
Leif Roger Karlsen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold

Bjørn Walseng
Leif Roger Karlsen

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset, normalt 50-100.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i sammenheng. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av forureningsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. - NINA Oppdragsmelding 490: 1-32.

Oslo, september 1997

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0834-2

Forvaltningsområde:

Norsk: Forurensning og miljøovervåking i limnisk miljø - Envertebrater

Engelsk: Pollution and monitoring of fresh water ecosystems - Invertebrates

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning (NINA•NIKU)

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Erik Framstad

NINA, Oslo

Design og layout:

Ingrid M. Arnesen

NINA, Oslo

Kopiert: Kopisentralen A/S, Fredrikstad

Opplag: 200

Kopiert på miljøpapir

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Dronningensgate 13

Postboks 736 Sentrum

0105 Oslo

Tlf: 22 94 03 00

Fax: 22 94 03 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 15599

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Fylkesmannen i Østfold

Referat

Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. - NINA Oppdragsmelding 490: 1 - 32.

Fem kalkete vann og to elvelokaliteter i den sørøstre delen av Østfold er undersøkt for å se om forsuringsfølsomme arter hadde kommet inn etter kalking. Søre Boksjø ble kalket første gang i 1980, Nordre Boksjø i 1985, Store Erte i 1993 mens Rødvatnet og Krokvatnet ble kalket i 1994. I de fleste vannene var pH helt ned mot 4,5 før kalking mens den har ligget rundt 6,0 eller i overkant etter. Antall krepsdyrarter har økt markert etter kalking. Forsurings-tolerante arter er blitt erstattet av forsuringsfølsomme arter. *Daphnia galeata*, *D. longispina*, *Limnospida frontosa*, *Leptodora kindti* og *Heterocope appendiculata* er eksempler på planktoniske arter som er kommet inn med en bedret vannkvalitet. I litoralsonen er vannloppene *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Monospilus dispar* samt hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* tilsvarende eksempler. Blant bunndyrene har gråsuggen (*Asellus aquaticus*) økt markert i antall. I Nordre Boksjø er det i dag en høy tetthet av damsnegl (*Lymnaea peregra*), mens musling fins i moderate mengder i begge Boksjøene. Tilsammen er det registrert seks forsuringsfølsomme døgnfluarter hvorav *Caenis luctuosa* dominerer døgnfluefaunaen i Boksjøene. Undersøkelsen viser at reetableringen av forsuringsfølsomme arter skjer raskere på det sentrale Østlandet enn i andre deler av landet der det også blir kalket. En viktig forklaring er kort avstand til refugier. En generelt høy artsdiversitet skyldes innslaget av mange østlige arter.

Emneord: Ferskvann - Invertebrater - Østfold - Forsuring - Kalking

Bjørn Walseng, NINA, Boks 736, Sentrum, N-0105 Oslo.
Leif Roger Karlsen, Fylkesmannen i Østfold, miljøvernadv.,
Postboks 325, 1502 Moss.

Abstract

Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Recovery of acidification sensitive invertebrates in limed lakes in Østfold county. - NINA Oppdragsmelding 490: 1-32.

Five limed lakes and two river sites in Southeastern Østfold county were investigated to see if acidification sensitive species had returned after liming. Lake Søre Boksjø was first limed in 1980, Lake Nordre Boksjø in 1985, Lake Store Erte in 1993 while Lake Rødvatnet and Lake Krokvatnet were first limed in 1994. The majority of the lakes had pH about 4.5 before liming while pH has been ca 6.0 or higher after liming. The number of cladocerans and copepods has increased after liming. Acidification tolerant species have been replaced by acidification sensitive species. *Daphnia galeata*, *D. longispina*, *Limnospida frontosa*, *Leptodora kindti* and *Heterocope appendiculata* are examples of planktonic crustaceans which now occur due to an improved water quality. Among littoral species the cladocerans *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* and *Monospilus dispar* and the copepod *Eucyclops macrurus* are similar examples. Among bottom dwelling animals *Asellus aquaticus* has increased in numbers. In Lake Nordre Boksjø the density of *Lymnaea peregra* is high, while bivalves occur in moderate numbers in both Lake Søre and Lake Nordre Boksjø. Altogether six acidification sensitive species of ephemeroptera have been found and among these *Caenis luctuosa* dominates in Lake Søre and Lake Nordre Boksjø. This survey shows that reestablishment of acidification sensitive species due to liming occurs faster in the central eastern parts of Norway compared to the southern and western parts of the country where pH has also been improved by liming. One explanation is a relatively short distance to refuges in the southeast. This part of Norway also has a generally high number of species.

Key words: Freshwater - Invertebrates - Østfold - Acidification - Liming

Bjørn Walseng, NINA, P.O. Box 736 Sentrum, N-0105 Oslo, Norway
Leif Roger Karlsen, County Commissioner, Dept. of Environmental Protection, P.O. Box 325, N-1502 Moss, Norway

Forord

I forbindelse med kalking av forsurede vann i Østfold er det utført undersøkelser mht krepsdyr og bunndyr. Prosjektet er utført på oppdrag fra Fylkesmannen i Østfold og Direktoratet for naturforvaltning.

Vi vil få takke Lars Walseng, som assisterte under feltarbeidet samt LFI, Bergen, som har artsbestemt døgnfluer, steinfluer og vårfluer.

Oslo, september 1997

Bjørn Walseng

Innhold

Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning.....	5
2 Materiale og metoder.....	5
3 En vurdering av de enkelte lokaliteter	7
3.1 <i>Søre Boksjø (lokalitet 1)</i>	7
3.1.1 Beliggenhet.....	7
3.1.3 Krepsdyr	7
3.1.4 Bunndyr	10
3.1.5 Fisk.....	12
3.2 <i>Nordre Boksjø (lokalitet 2)</i>	12
3.2.2 Kalking og vannkvalitet.....	12
3.2.3 Krepsdyr	12
3.2.4 Bunndyr	14
3.2.5 Fisk.....	14
3.3 <i>Store Erte (lokalitet 3)</i>	15
3.3.1 Beliggenhet.....	15
3.3.2 Kalking og vannkvalitet.....	15
3.3.3 Krepsdyr	15
3.3.4 Bunndyr	15
3.3.5 Fisk.....	15
3.4 <i>Krokvatn (lokalitet 4)</i>	15
3.4.1 Beliggenhet.....	15
3.4.2 Kalking og vannkvalitet.....	17
3.4.3 Krepsdyr	17
3.4.4 Bunndyr	18
3.4.5 Fisk.....	19
3.5 <i>Rødvatn (lokalitet 5)</i>	19
3.5.1 Beliggenhet.....	19
3.5.2 Kalking og vannkvalitet.....	19
3.5.3 Krepsdyr	19
3.5.4 Fisk.....	20
3.6 <i>Steinsvatn (lokalitet 6)</i>	20
3.6.1 Beliggenhet.....	20
3.6.2 Vannkvalitet	20
3.6.3 Krepsdyr	20
3.7 <i>Elva mellom Nordre og Søre Boksjø (E 1)</i>	21
3.7.1 Bunndyr	21
3.7.2 Fisk.....	21
3.8 <i>Fisma (E 2)</i>	22
3.8.1 Bunndyr	22
4 Konklusjon	22
5 Sammendrag	23
6 Litteratur	25

1 Innledning

Denne undersøkelsen er en oppfølging av det arbeidet som ble gjort i forsured og kalkete lokaliteter i Østfold i 1994 (Walseng & Hansen 1994). Resultatene fra Nordre og Søre Boksjø den gang indikerte at reetableringen av forsuringfølsomme arter skjedde raskere og med flere arter/grupper involvert enn hva som er tilfelle andre steder i Norge.

Ved kalking forbedres vannkvaliteten betydelig og lokalitetene åpnes igjen for nye arter, mens andre får vanskeligere konkurranseforhold. I Sverige er det observert forskjeller i artssammensetning mellom kalkede og ikke kalkede innsjøer (Henrikson & Brodin 1995). Det er viktig å være oppmerksom på hvilke endringer som er en direkte følge av kalking og hvilke som indirekte kan skyldes endringer i fiskefaunaen (Appelberg & Aldén 1992). Toleranse overfor lav pH hos forskjellige bunndyrgrupper er bl a beskrevet av Johnson et al. (1993) og Raddum & Fjellheim (1984). Endringer i krepsdyr- og bunndyrfaunaen som følge av kalking er studert i flere norske vassdrag (Walseng et al. 1995).

Nordre og Søre Boksjø ble undersøkt mht til fisk så tidlig som i 1918 (Huitfeldt-Kaas 1918), og det ble den gang registrert en rik fauna i disse vannene. På begynnelsen av 1950-tallet ble ca 150 fiskevann i Østfold undersøkt og beskrevet (Vasshaug & Vøllestad 1990). Det ble registrert en rekke sure vann og i enkelte var det klart at fiskebestanden var utdødd.

I Østfolds vann og vassdrag er det blitt kalket i lengre tid, både av privatpersoner og av lokale fiskeforeninger. Først på 1980-tallet ble kalking startet i regi av Fylkesmannen og Direktoratet for naturforvaltning. Søre Boksjø ble fra svensk side kalket første gang i 1980. I regi av fylkesmannen i Østfold ble Nordre Boksjø kalket første gang i 1985, Store Erte i 1993, mens Rødvatnet og Krokvatnet ble kalket i 1994.

I 1974 ble det gjort inventeringer av verneverdige områder Østfold (Borgstrøm et al. 1974). Dette arbeidet inkluderte bl a Boksjøområdet som var sterkt rammet av forsuring. Utover denne undersøkelsen er det sparsomt med opplysninger fra sure vann i Østfold på 1960 og 70-tallet. Evertebratfaunaen i Søre Boksjø ble fulgt de første årene etter kalking i 1980 med tanke på mulige endringer (Raddum et al. 1984). I 1994 ble Boksjøene, samt et utvalg andre kalkete og ikke kalkete lokaliteter undersøkt mht vannkjemi, krepsdyr og bunndyr (Walseng & Hansen 1994).

2 Materiale og metoder

De undersøkte lokalitetene ligger i den sørøstlige delen av Østfold fylke og beliggenheten er vist i **figur 1**. Undersøkellesområdet er dekket av kartbladet Aspern 2013 III (M 711-serien) og ligger innenfor kommunene Aremark og Halden. Generelle opplysninger vedrørende de enkelte lokaliteter (areal, UTM, hoh), samt når de er blitt undersøkt, er vist i **tabell 1**. Korte beskrivelser av de enkelte lokaliteter er gitt i kap. 3.

Fra Boksjøene, Store Erte og Krokvatnet foreligger vannprøver, krepsdyr- og bunndyrprøver fra juni og september både i 1995 og 1996. I Rødvatn er det ikke tatt bunndyrprøver da bunnssubstratet er uegnet til prøvetaking. Fra Steinsvatn foreligger en krepsdyrprøve i september 1996. Det foreligger også bunndyrprøver fra elva mellom Nordre og Søre Boksjø, samt fra Fisma som renner til Femsjøen.

Vannprøver

I samtlige lokaliteter er det tatt vannprøver som er analysert for pH og ledningsevne (mS/m).

Krepsdyr

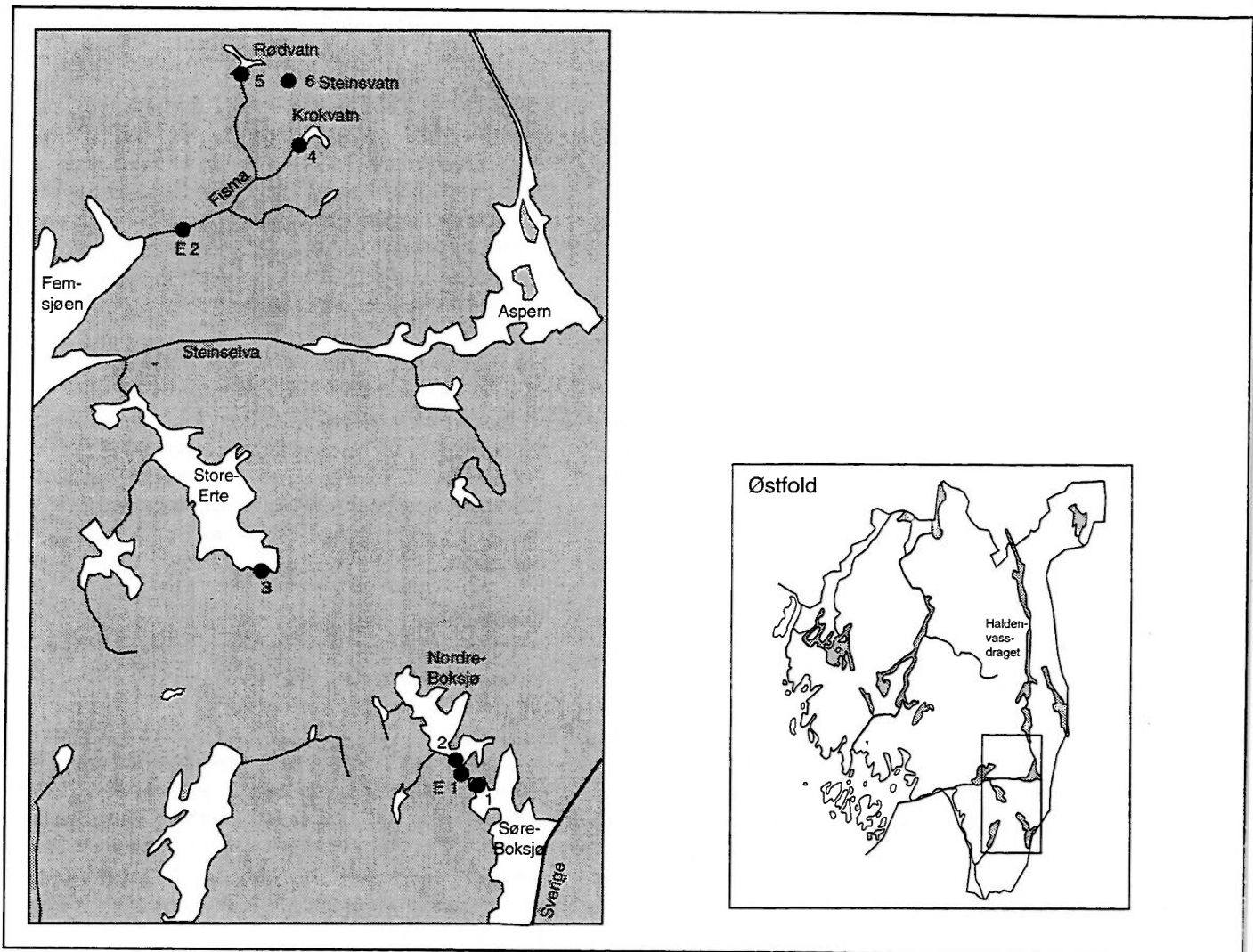
Ved alle besøk er det tatt kvalitative litoralprøver med planktonhåv med maskevidde 90 µm, diameter 30 cm og dybde 57 cm. Prøvene er tatt med kast like over bunnen. Det er tatt prøver i forskjellige typer vegetasjon der dette fantes. Fra september 1995 er det i Boksjøene, Store Erte og Krokvatnet også tatt planktonprøver med håvtrekk fra bunn opp til overflate.

Vannloppene (cladocere) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepsene (copepodene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903, 1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973, 1978). Nauplier og copepoditter er ikke artsbestemt.

Bunndyr

Bunndyrprøvene er kun basert på kvalitative roteprøver. Prøvene er tatt i det dominerende substratet, men det er lagt vekt på at også andre substrattypen er representert i prøvene. Tiden er notert og antall dyr pr minutt sparkeprøve er beregnet. Prøvene fra 1973 er ikke tatt på samme sted som i de tre siste årene, da er de blitt tatt på samme sted av samme person.

Det er brukt en kvadratisk sparkehåv (24,3 cm x 24,3 cm) med en maskevidde på 500 µm ved innsamling av bunndyrmaterialet, og det ble sparket 2-4 minutter på hver lokalitet avhengig av mengde materiale og individtetthet. Alle prøvene er fiksert i felt og senere plukket på laboratoriet under lupe. Døgnflue- og steinfluematerialet fra begge år er bestemt til art. I 1996 ble også vårfluene artsbestemt.



Figur 1
 Beliggenheten til de undersøkte lokalitetene.
 Study area.

Tabell 1

Noen karakteristiske data for de undersøkte lokalitetene.
 Some characteristic data for the investigated lakes.

nr no	navn name	kommune municipality	UTM UTM	h o.h. (m) m a.s.l	areal ha	undersøkellesdato date of investigation
1	Søre Boksjø	Aremark/Halden	PL 550 475	166	8400	sep-94, jun/sep -95, jun/sep-96
2	Nordre Boksjø	Aremark/Halden	PL 530 500	173	2100	sep-94, jun/sep -95, jun/sep-96
3	Store Erte	Halden	PL 470 560	109	4800	jun-93, jun/sep-95, jun/sep-96
4	Krokvatn	Aremark	PL 497 648	161	18	sep-94, jun/sep-95, jun/sep-96
5	Rødvatn	Aremark/Halden	PL 480 665	206	18	sep-94, jun/sep-95, jun/sep-96
6	Steinsvatn	Aremark	PL 488 660	210	2	sep-96
Elv 1	mellom N. og S. Boksjø	Aremark/Halden	PL 537 491	172		sep-94, jun/sep -95, jun/sep-96
Elv 2	Fisma	Halden	PL 468 626	93		sep-94, jun/sep -95, jun/sep-96

3 En vurdering av de enkelte lokaliteter

3.1 Søre Boksjø (lokalitet 1)

3.1.1 Beliggenhet

Søre Boksjø tilhører Enningdalselva som renner til Iddefjorden (**figur 1**). Vannet har et areal på 8,4 km² der den sørøstlige delen tilhører Sverige. Fra utløpet, som ligger i Sverige, renner Hallerødelva til Kornsjø og derfra til Bullaresjön. Fra nordenden av dette vannet renner Enningdalselva nordover gjennom Kirkevatnet og Rødsvatnet til utløp i sørenden av Iddefjorden. Omgivelsene til vannet består hovedsakelig av myr og mye bart grunnfjell.

3.1.2 Kalking og vannkvalitet

Berggrunnsgeologien tilsier at Søre Boksjø alltid har hatt lav pH, og at det dessuten er sårbart for forsurening. Vasshaug & Vøllestad (1990) stilte seg spørsmålet om hvorvidt vannet allerede i 1951 var rammet av forsurening da han etter først å ha målt pH 5,0 etter en kraftig regnskyll foretok nye målinger som ga pH 4,8-4,9. Han beskrev vannet som klart. I forbindelse med inventeringsundersøkelsene i 1973 ble pH også målt til 4,8 (Borgstrøm et al. 1974). I følge Raddum et al. (1984) var pH 4,5-4,8 før kalking.

Svensk side av Søre Boksjø, dvs østsiden av innsjøen, ble kalket første gang i juli 1980 og det ble da brukt 9000 tonn CaCO₃ som hovedsakelig ble spredt langs strandlinjen. I 1983 var pH mellom 6,7 og 7,0 (Raddum et al. 1984). I de tre siste årene har pH variert mellom 6,0 og 6,8. I 1996 var pH ca 6,8 ved begge besøk dvs høyere enn i 1995 da pH var henholdsvis 6,1 i juni og 6,0 i september (**vedlegg 1**).

Ledningsevnen i 1996 var 6,1 mS/m i juni og 6,0 i mS/m i september. Dette er noe høyere verdier enn hva som ble registrert i 1995. Innholdet av kalsium har økt fra ca 1,1 mg/l i 1973 (Borgstrøm et al. 1974) til 3,7 mg/l i 1994.

3.1.3 Krepsdyr

Under inventeringsundersøkelsene i juni 1973 (Borgstrøm et al. 1974) ble det kun registrert 9 krepsdyrarter, mens det i september 1994 ble registrert 23 arter (**tabell 2a** og **2b**). I 1995 og 1996 ble det tatt prøver både i juni og september og totalt artsantall var da økt til 34 begge år (26 vannlopper og 8 hoppekreps). Til tross for variasjon mht innsamlings-tidspunkt er det ingen tvil om at artsantallet har økt etter kalking. Det er imidlertid fortsatt færre arter i Søre Boksjø sammenlignet med de mest artsrike lokalitetene i Østfold, f eks Mossevatnet der det er funnet opp til 45 arter

(Walseng 1994). De mest artsrike lokalitetene ligger imidlertid under marin grense, og det vil være urimelige å vente tilsvarende artsrikdom i lokaliteter som ligger i et grunnfjellsområde over marin grense.

Planktoniske krepsdyr

I 1973 (Borgstrøm et al. 1974), det vil si før kalking, var planktonet i juni dominert av *Bosmina longispina* og *Eudiaptomus gracilis* (**vedlegg 2**). *Cyclops scutifer* utgjorde den gang ca 5 % av planktonet. På 1990-tallet har det skjedd en dreining mot et samfunn der *Cyclops scutifer* dominerer, og den utgjør i dag i størrelsesorden 2/3 av planktonet. Dette er en forventet utvikling da det fins mange eksempler på at tettheten av *C. scutifer* har økt etter kalking (Eriksson et al. 1983, Hörnström et al. 1992, Fiskeristyrelsen Statens Naturvårdsverk 1981). Undersøkelser har vist at arten bl a får nedsatt eggproduksjon ved lav pH (Arvola et al. 1986).

Daphnia galeata ble funnet i planktonet i 1995 og i 1996 og utgjorde ca 10 % i september begge år. Det ble ikke tatt planktonprøver i 1994. *D. galeata* er funnet i nesten 300 lokaliteter i Norge, hvorav kun syv har pH lavere enn 6,0 (**figur 2**). Lavest pH er registrert i Krokavatnet på Sotra (upublisert) med pH 4,9, mens det både i Storgårningen i Høylandsvassdraget (Nøst 1982) og Barstadvatnet i Sokndalsvassdraget ble målt pH 5,0 (Spikkeland 1983).

I flere lokaliteter er det dokumentert at *Daphnia*-artene kommer inn etter kalking (Appelberg et al. 1990, Eriksson et al. 1982, Hasselrot et al. 1984, Hultberg & Andersson 1982, Hörnström & Ekström 1986, Alenäs 1986, Hörnström et al. 1992, Fiskeristyrelsen Statens Naturvårdsverk 1981). *D. cristata*, *D. cucullata*, *D. galeata*, *D. hyalina* og *D. longispina* er alle blitt registrert som nye arter etter kalking. I Stora Hårsjön ble hele tre av disse, *D. cristata*, *D. hyalina* og *D. longispina*, funnet etter kalking (Appelberg 1995b).

Den store vannloppen *Limnospina frontosa*, som tilhører familien Sididae, er en ny interessant art i planktonet i 1995. Denne er bare funnet i næringsrike lokaliteter på det sørlige østlandet inklusive Ørsjøen (Borgstrøm et al. 1974), som ligger vest for Boksjøene (**figur 3**). Her ble det målt pH 5,4 da arten ble registrert i 1973. De øvrige funnlokalitetene har alle pH > 6,0.

I september 1995 ble det kun funnet et fåtall individer av *L. frontosa* i planktonprøvene, mens den til samme tid i 1996 utgjorde hele 10 % av planktonet (**vedlegg 2**), samtidig med at den også ble funnet i litoralprøvene. Dette er en art som øker i antall i Boksjøene, og det ble registrert både hunner med og uten egg, samt hanner.

Leptodora kindtii, som en stor planktonisk rovform, er også registrert etter kalking. Den er sjelden funnet i lokaliteter med pH under 5,5 og er aldri registrert i de sureste lokalitetene (pH < 4,5). Høyest frekvens (20 %) forekommer i vann der pH ligger mellom 7,0 og 7,5. Arten er hyalin (gjennomsiktig) og vanlig i vann med stor fiskepredasjon.

Tabell 2a

Vannlopper funnet i Søndre og Nordre Boksjø.

Cladoceran found in Lake Søndre and Lake Nordre Boksjø.

lokalitet nr	1	1	1	1	2	2	2	2
lokalitet	S Boksjø	S Boksjø	S Boksjø	S Boksjø	N Boksjø	N Boksjø	N Boksjø	N Boksjø
år	1973	1994	1995	1996	1973	1994	1995	1996
Vannlopper								
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)		x	x	x		x		x
Limnoscia frontosa Sars			x	x			x	x
Sida crystallina (O.F.M.)		x	x	x		x	x	x
Holopedium gibberum Zaddach		x	x	x			x	x
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)								x
Daphnia galeata Sars			x	x				
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)			x	x			x	x
Simocephalus vetula (O.F.M.)			x	x		x		
Bosmina longirostris (O.F.M.)			x	x				x
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)			x	x		x		
Ophryoxus gracilis Sars		x	x	x		x	x	x
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)				x			x	
Acroperus harpae (Baird)		x	x	x		x	x	x
Alona affinis (Leydig)	x	x	x	x		x	x	x
Alona guttata Sars		x	x	x			x	
Alona intermedia Sars			x	x		x		x
Alona rustica Scott	x		x				x	
Alonella excisa (Fischer)		x	x	x		x	x	x
Alonella nana (Baird)	x	x	x	x		x	x	x
Alonopsis elongata Sars		x	x	x		x	x	x
Camptocercus rectirostris Schoedler						x		
Chydorus latus Sars						x		
Chydorus sphaericus (O.F.M.)			x	x		x	x	x
Disparalona rostrata (Koch)							x	
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)			x	x		x	x	x
Graptoleberis testudinaria (Fischer)								x
Monospilus dispar			x	x				x
Pleuroxus laevis								
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)			x	x		x	x	x
Pseudochydorus globosus (Baird)		x				x		
Rhynchotalona falcata Sars		x	x	x			x	x
Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x	x	x	x	x	x
Bythotrephes longimanus Leydig	x	x	x	x	x		x	x
Leptodora kindtii (Focke)		x						x
antall vannlopper	6	16	26	26	3	19	21	24
antall hoppekreps	3	7	8	8	2	9	7	8
totalt antall krepsdyr	9	23	34	34	5	28	28	32

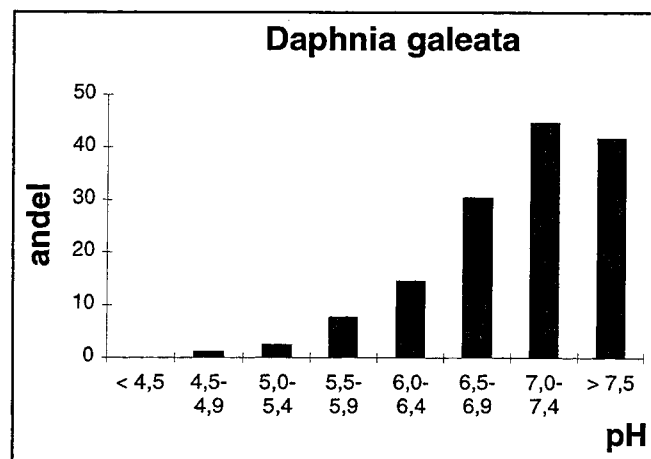
Tabell 2b

Hoppekreps funnet i Søndre og Nordre Boksjø.

Copepods found in Lake Søndre and Lake Nordre Boksjø.

lokalitet nr	1	1	1	1	2	2	2	2
lokalitet	S Boksjø	S Boksjø	S Boksjø	S Boksjø	N Boksjø	N Boksjø	N Boksjø	N Boksjø
år	1973	1994	1995	1996	1973	1994	1995	1996
Hoppekreps								
calanoida								
Eudiaptomus gracilis Sars	x	x	x	x	x	x	x	x
Heterocope saliens (Lillj.)							x	
cyclopoida								
Macrocyclops albidus (Jur.)		x	x	x		x	x	x
Macrocyclops fuscus (Jur.)				x		x	x	
Eucyclops denticulatus (A. Graet.)			x					
Eucyclops macrurus (Sars)			x	x		x	x	
Eucyclops serrulatus (Fisch.)		x	x	x		x		x
Eucyclops speratus (Lillj.)		x		x		x		x
Paracyclops affinis Sars			x					
Paracyclops fimbriatus (Fish.)		x						x
Cyclops scutifer Sars	x	x	x	x	x	x	x	x
Megacyclops gigas (Claus)						x		
Megacyclops viridis (Jur.)								x
Acanthocyclops robustus Sars			x	x		x	x	x
Diacyclops nanus (Sars)		x						
Mesocyclops leuckarti (Claus)	x							
antall vannlopper	6	16	26	26	3	19	21	24
antall hoppekreps	3	7	8	8	2	9	7	8
totalt antall krepsdyr	9	23	34	34	5	28	28	32

Vannloppen *B. longirostris* har økt i antall etter at den første gang ble påvist i 1995. Denne er noe mindre enn slekningen *B. longispina* og er vanlig i vann med stor fiskepredasjon.



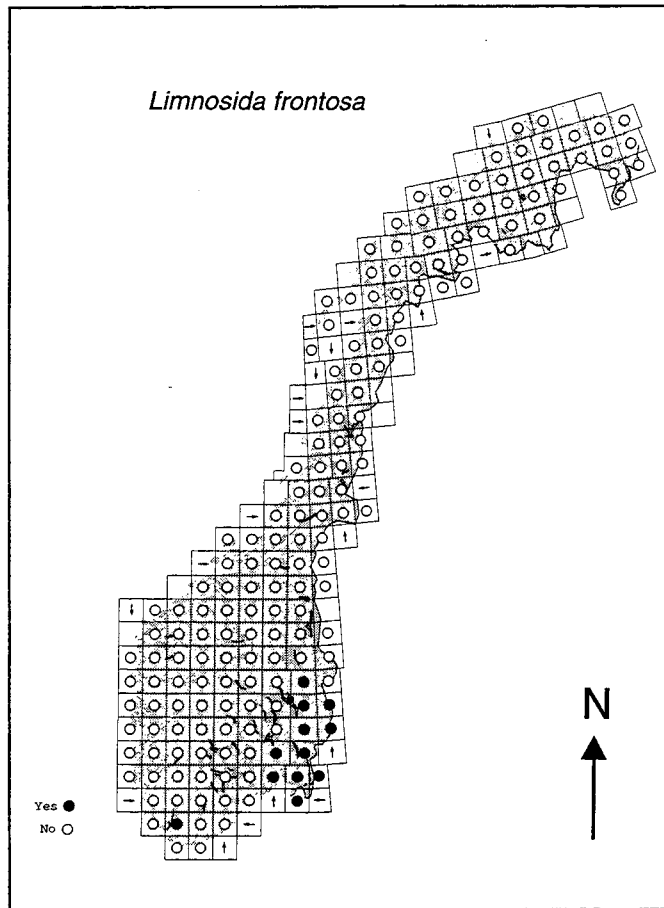
Figur 2
Forekomsten av *Daphnia galeata* Sars i forhold til pH.
Occurrence of *Daphnia galeata* Sars related to pH.

Litorale krepsdyr

Blant registrerte arter i Søre Boksjø (tabell 2) fins både arter som er vanlige i sure humøse vann og arter som etter all sannsynlighet er kommet inn etter at vannkvaliteten er blitt forbedret gjennom kalking.

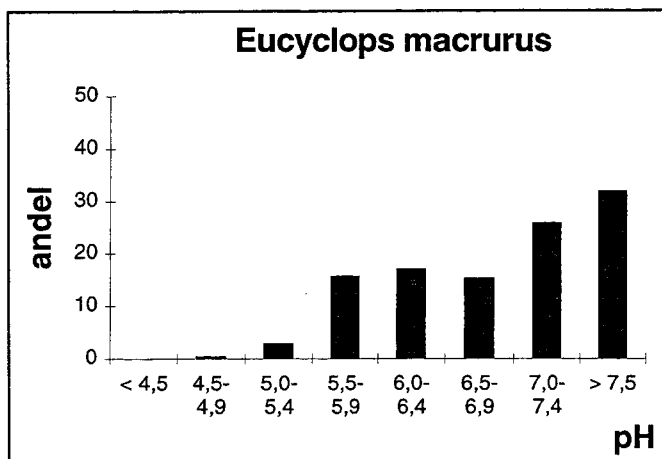
Alona rustica er en karakterart for sure humøse vann som etter kalking kun er registrert i 1995 da det ble funnet ett individ. Denne var sannsynligvis mer vanlig før kalking (Borgstrøm et al. 1974) ble den opprinnelig bestemt til *A. costata* men senere verifisering har konkludert med at det var *A. rustica* som den gang ikke var registrert i Norge). Også i Rorevassdraget er *A. rustica* funnet etter at det er blitt kalket, men tendensen er at den blir mer sjelden. Dette skyldes sannsynligvis at den er konkurransesvak i de artsrike samfunnene som etablerer seg ved en bedret vannkvalitet.

I litoralsonen er vannloppene *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Monospilus dispar* eksempler på arter som sannsynligvis er kommet inn med en bedret vannkvalitet. Alle disse artene forekommer med økende frekvens ved økende pH (Walseng upubl.).



Figur 3
Utbredelsen til *Limnosida frontosa* Sars i Norge.
The distribution of *Limnosida frontosa* Sars in Norway.

Blant hoppekrepsene ble *Eucyclops macrurus* registrert for første gang i Søre Boksjø i 1995. Forekomsten til arten er klart korrelert til pH (Walseng 1997) (figur 4).



Figur 4
Forekomsten av *Eucyclops macrurus* Sars i forhold til pH.
Occurrence of *Eucyclops macrurus* Sars related to pH.

Den er aldri funnet ved pH < 5,0, mens den ved pH > 7,0 er en av våre vanligste litorale hoppekrepsarter og er funnet i mer enn 25 % av de undersøkte lokalitetene. I Rorevassdraget, som er blitt kalket siden 1990, er den en art som er blitt registrert i stadig flere vann (Walseng & Halvorsen 1994).

E. denticulatus og *E. speratus*, som er funnet i både 1995 og 1996, er begge sjeldne ved lav pH (Walseng in press).

3.1.4 Bunndyr

Av tabell 3 framgår det at i årene 1994-96 ble det registrert flere dyr pr minutt sparkeprøve enn i 1973. I de tre siste årene var tettheten noe større i 1995 enn i 1994 og i 1996.

Gråsugge (*Asellus aquaticus*) har økt i antall siden 1994 da det i september ble registrert 10 individer pr minutt roteprøve. I 1996 ble det til sammenligning funnet 115 individer. I 1973 ble den ikke registrert i roteprøvene. Den ble riktignok funnet i mageprøver i 1951 (Vasshaug & Vøllestad 1990) og har sannsynligvis vært tilstede hele tiden, men da i lave antall i den mest forsurede perioden.

Gråsugge (figur 5) er en pH-følsom art som har sin hovedutbredelse på det sørlige østlandet med et par punktvis forekomster ellers i landet bl a i Troms og Finnmark (Økland 1980) (figur 6). Den er bare unntaksvis funnet ved pH lavere enn 5,5 og forekommer hyppigst når pH er mellom 6,4 og 6,7. Den er da funnet i mer enn halvparten av de undersøkte innsjøene (Økland 1980).

I litteraturen fins ingen eksempler på at gråsugge er kommet inn etter kalking, men det fins flere eksempler på at det har skjedd en økning i tetthet etterpå (Alenäs 1986, Appelberg 1995a, Eriksson et al. 1983, Henrikson 1988, Hultberg & Andersson 1982, Nilsson & Johansson 1985). I tillegg til å øke i antall har den også utvidet sitt leveområde ved å invadere profundalsonen etter hovedsakelig å ha hatt tilhold i litoralsonen før kalking. I Stora Hårsjön utgjorde den i 1991 51 % av individene i litorale bunndyrprøver (Appelberg 1995b). I Stora Holmavatten ble gråsugge satt ut etter kalking og har siden økt i antall og spredt seg i innsjøen (Hasselrot et al. 1984). Gjenforsuring av Lysevatten midt på 80-tallet har resultert i en desimering av gråsugge-bestanden i dette vannet (Alenäs et al. 1991).

Muslinger er en annen gruppe som ikke ble registrert i 1973, men som er funnet i moderate mengder på 1990-tallet. Muslinger kan karakteriseres som en moderat pH-følsom gruppe. De er mer tolerante enn snegl, men også muslinger forsvinner ved lav pH. De kan riktignok forekomme ved pH under 5,0 (Halvorsen 1981), men dette er sjeldent.

Døgnfluer er registrert i størst antall i september og med lavere tettheter i juni da de fleste artene sannsynligvis har klekket (tabell 3). I 1973 (Borgstrøm et al. 1974), da det

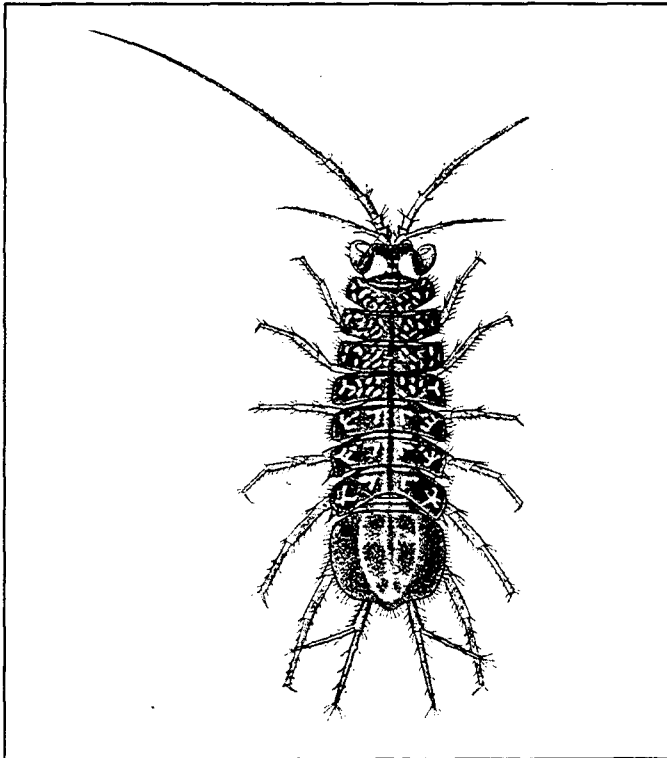
Tabell 3

Bunndyr (antall i prøven) i Søre Boksjø.

Benthic fauna (number per sample) of Lake Søre Boksjø.

år måned	1973 jun	1994 sep	1995 jun	1995 sep	1996 jun	1996 sep
Rundormer (Nematoda)		4	30	5	16	5
Fåbørster (Oligochaeta)	185	117	250	37	17	24
Muslinger (Bivalvia)		8	25	18	6	17
Gråsugge (Asellus)		29	18	103	19	231
Øyestikkere (Odonata)	1	2	22	7	3	13
Døgnfluer (Ephemeroptera)	82	243	24	460	11	237
Steinfluer (Plecoptera)	2	14		1		
Buksvømmere (Corixidae)		1				
Mudderfluer (Megaloptera)		1			1	1
Biller (Coleoptera)	5		1	1		
Fjærmygg (Chironomidae)	55	301	1450	1080	683	399
Stankelbein (Tipulidae)			1			
Sviknott (Ceratopogonidae)	4	17	110	140	23	
Tovinger ind. (dipt. indet.)		9	50	6	36	
Vårfluer (Trichoptera)	4	33	9	141	15	74
Midd (Hydracarina)			80		3	5
Antall dyr i prøven	338	779	2070	1999	833	1007
Sparketid (min)	4	3	3	3	2	2
Ant ind pr min sparkeprøve	85	260	690	666	416	504

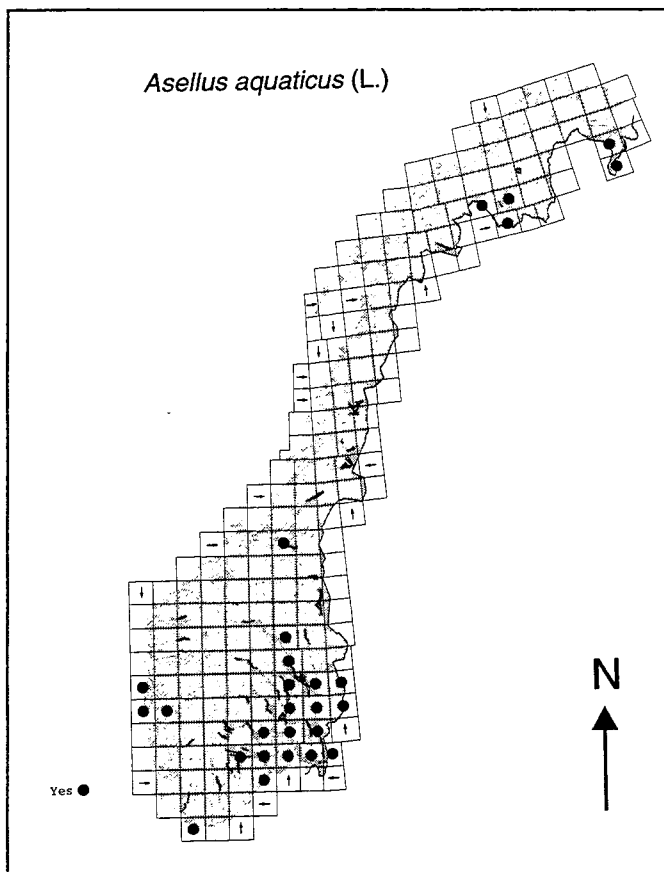
kun ble tatt roteprøver i juni, var tettheten noe større enn i prøver tatt til samme tid på 1990-tallet.



Figur 5
Gråsugge *Asellus aquaticus* L.
Asellus aquaticus L.

Det var kun den forsuringstolerante arten *Leptophlebia vespertina* som ble funnet i 1973 (Borgstrøm et al. 1974). I 1994 dominerte den forsuringstolerante arten *Leptophlebia marginata*. I årene 1994-96 er det imidlertid registrert tre følsomme arter (Raddum & Fjellheim 1984), bl a *Caenis luctuosa* som totalt sett dominerer døgnfluefaunaen de to siste årene (tabell 4, vedlegg 3). I tillegg til *C. luctuosa* er enten *Cloeon dipterum* eller *C. simile* funnet ved alle besøk. Begge disse artene er også karakterisert som forsuringfølsomme arter (Raddum & Fjellheim 1984). Den relativt forsuringstolerante arten *Heptagenia fuscogrisea* var vanlig i september alle tre år. Denne ble ikke funnet verken i roteprøver eller fiskemager i 1973. Dette kan ha sammenheng med at den hadde klekket da prøvene ble tatt, men det kan også skyldes at det var for surt for arten.

Erfaringen både fra Boksjøene og andre lokaliteter er at reetableringen av forsuringfølsomme døgnfluearter i forbindelse med kalking ofte tar tid, selv om det eksperimentelt er vist at *Baetis* sp. responderte allerede syv dager etter kalking gjennom økning i antall (Skinner & Arnols 1990). I syv innsjøer på Hårskogen, som ble fulgt over ti år, ble det registrert en generell økning i antall døgnfluer (Alenäs 1986). *Heptagenia fuscogrisea* spredte seg til flere nye lokaliteter i tillegg til at den økte i antall i de lokaliteter der den også fantes før kalking (Alenäs 1986). Henholdsvis fire og syv år etter kalking ble de mer forsuringfølsomme slektene *Caenis* og *Baetis* registrert. Også i Gyslåtassjön er *Caenis* sp. kommet inn etter kalking



Figur 6
Utbredelsen til *Asellus aquaticus* (Økland 1980).
The distribution of *Asellus aquaticus* (Økland 1980).

(Appelberg 1995a), mens det fins flere eksempler der *Baetis* sp er kommet inn (Andersson 1995). *Cloeon dipterum* er funnet i flere innsjøer tre år etter kalking (Eriksson et al. 1982). I Store Hovvatn dukket den moderat følsomme døgnfluen *Siphonorus lacustris* opp først åtte år etter kalking (Fjellheim & Raddum 1993).

Nemoura cinerea (vedlegg 4) er den eneste arten av steinfluer som er påvist etter kalking i Søre Boksjø. Denne var også tilstede i 1973 (Borgstrøm et al. 1974) og er regnet som en forsuretolerant art (Raddum & Fjellheim 1984).

Det ble registrert seks arter av vårfluer i juni 1973, mens det i juni 1996 ble funnet syv arter (vedlegg 5). *Cyrmus flavidus* var den eneste arten som ble funnet begge årene. I september ble det funnet åtte arter, hvorav seks ikke ble funnet i juni.

3.1.5 Fisk

Huitfeldt-Kaas (1918) hevdet at det skulle være ørret, røye, abbor og mort i Boksjøene. I følge Vasshaug & Vøllestad (1990) ble det 30 år seinere påvist ørret, abbor, ørekyte, ål og røye i Søre Boksjø. I følge Almer (1972) forsvant morten allerede på 30-tallet, mens røya ble borte i løpet av 1960-

årene. Ørreten holdt stand til ca 1965. Under prøvofisken i 1973 ble det kun tatt abbor i vannet. I dag fins abbor, ørret og ørekyte i tillegg til en tynn bestand av røye (Ludvig Moxnes pers medd).

3.2 Nordre Boksjø (lokalitet 2)

3.2.1 Beliggenhet

Nordre Boksjø tilhører Enningdalselva som renner til Iddefjorden. Innsjøen ligger i øvre deler av dette vassdraget og har et areal på 2,1 km² (figur 1). Vassdraget har et nedbørfelt på i overkant av 15 km² som består av myr og mye bart grunnfjell. Den sørligste delen av vannet, som delvis er avsnørt fra den nordlige delen, kalles Skogfjorden. En kort elvestrekning skiller Nordre Boksjø fra Søre Boksjø.

3.2.2 Kalking og vannkvalitet

De berggrunnsgeologiske forhold tilsier at vannet alltid har hatt lav pH, og at det dessuten er sårbart for sur nedbør. Vasshaug & Vøllestad (1990) beskrev at vannet hadde et brunlig skjær og pH 4,8. Han syntes den gang at dette var en bemerkelsesverdig lav pH og tok derfor en ny vannprøve for så å måle pH til 4,7. I 1973 ble vannfargen beskrevet som gullig-brun, mens pH ble målt til 5,0 (Borgstrøm et al. 1974). Da kalkingen av Nordre Boksjø startet var pH så lav som 4,5.

Nordre Boksjø ble første gang kalket i 1985 og det ble da brukt 123 tonn kalk (type ukjent). Innsjøen ble på nytt kalket i 1989 med 275 tonn Norcem kalksteinsmel type SR. Siste kalking skjedde i 1994 da det ble brukt 134 tonn kalksteinsmel type FF.

Etter kalking har pH ligget på ca 6,0 eller noe i overkant med en svakt avtagende trend fra 1994 til 1996. I 1994 ble det målt pH 6,6 i september mens den var henholdsvis ca 6,2 i 1995 og 6,0 i 1996. Kun to pH-målinger i løpet av året gir kun øyeblikksbilder av situasjonen i vannet, men et høyt antall av sensitive invertebratarter indikerer en forholdsvis stabil gunstig pH. Ledningsevnen har i både 1995 og 1996 ligget mellom 4,0 og 4,5 mS/m.

3.2.3 Krepssdyr

Det ble registrert 28 krepssdyrarter i både 1994 og 1995, mens det ble funnet 32 arter i 1996 (24 vannlopper og åtte hoppekrepss) (tabell 2). I juni 1973 ble det kun funnet ni arter (Borgstrøm et al. 1974).

Planktoniske krepssdyr

Liksom i Søre Boksjø var *Limnospira frontosa* ny art i 1995. Også i Nordre Boksjø var det en økning i antall individer av arten fra 1995 til 1996. Den utgjør likevel en mindre andel av planktonsamfunnet her enn i Søre Boksjø.

Tabell 4

Artssammensetningen til døgnfluer * < 1% ** 1-10% *** > 10%.

Species composition of mayflies * < 1% ** 1-10% *** > 10%.

stasjon nr lokalitet	1 S. Boksj	2 N.Boksj	3 S Erte	4 Krokv	E 1 Boksjø	E2 Fisma
Siphonorus alternatus Say				*		
Baetis muticus L.						***
Baetis rhodani Pict.					**	**
Centroptilium luteolum Müll		*				
Cloeon dipterum L.	**	*				
Cloeon simile Etn.	**					
Arthropea congener			*			
Heptagenia fuscogrisea Retz	***	**	*			
Caenis luctuosa Burm.	***	***			***	**
Leptophlebia marginata L.	***	***			***	***
Leptophlebia vespertina L.	***	**	***	***	**	***
tot. ant. arter	6	6	3	2	4	5

Tabell 5

Bunndyr (antall i prøven) i Nordre Boksjø.

Benthic fauna (number per sample) of Lake Nordre Boksjø.

år	1973	1994	1995	1995	1996	1996
måned	jun	sep	jun	sep	jun	sep
Rundormer (Nematoda)		9	4	20	10	15
Fåbørster (Oligochaeta)	89	289	49	44	310	230
Snegl (Gastropoda)		3	16	602	323	687
Muslinger (Bivalvia)		5	30	17	36	12
Gråsugge (Asellus)		7	8	160	31	72
Øyestikkere (Odonata)	4	5	44	32	23	7
Døgnfluer (Ephemeroptera)	13	432	10	108	44	421
Steinfluer (Plecoptera)		24				
Mudderfluer (Megaloptera)	10					
Biller (Coleoptera)	3			2	1	1
Fjærmygg (Chironomidae)	447	302	254	288	710	279
Stankelbein (Tipulidae)		8	9	50		
Sviknott (Ceratopogonidae)	60	5	24	170	50	29
Tovinger ind. (dipt. indet.)	4	2	25	10	180	20
Vårfluer (Trichoptera)	20	22	22	58	30	59
Midd (Hydracarina)		1	31	20	460	29
Antall dyr i prøven	650	1114	526	1581	2208	1862
Sparketid (min)	2	3	3	4	3	3
Ant ind pr min sparkeprøve	325	371	175	395	736	621

Sammen med *Holopedium gibberum*, som utgjorde 23,6 % i høsttrekket fra 1996, er det calanoiden *E. gracilis* og copepoden *C. scutifer* som dominerer planktonet (vedlegg 2). *B. longispina*, som utgjorde i overkant av halvparten av individene før kalking (Borgstrøm et al. 1974), utgjør nå bare 1-2 % av planktonet.

B. longirostris ble registrert for første gang i Nordre Boksjø i 1996. I Søre Boksjø ble den registrert også i 1995. Økt fiskepredasjon og eutrofiering resulterer ofte i at *B. longirostris* har erstattet *B. longispina* som er en større art. Interessant er det at predatoren *L. kindti*, som også ble funnet i Nordre Boksjø, ofte er assosiert med *B. longirostris* (T. Nøst pers medd.).

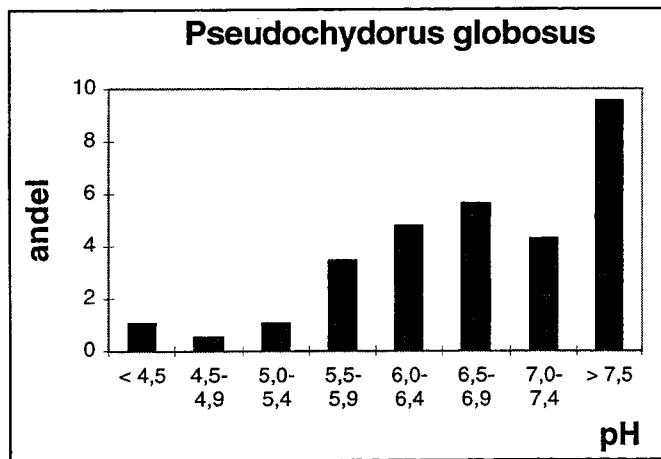
Litorale krepsdyr

De forsuretolerante artene *Acantholeberis curvirostris* og *A. rustica* ble registrert i 1994 og i 1995, men ikke i 1996. Disse artene vil sannsynligvis bli mer sjeldne ved en stabilt god vannkvalitet forårsaket av endrete konkurranseforhold ved at forsuringstolerante arter kommer inn.

Ophryoxus gracilis, *Alona intermedia*, *Disparalona rostrata*, *Monospilus dispar* og *Pseudochydorus globosus* er eksempler på arter hvis forekomst kan settes i sammenheng med en bedret vannkvalitet. De fleste av disse artene er riktignok funnet ved pH helt ned til i underkant av pH 5,0, men frekvensen øker med pH. Figur 7 viser den prosentvise forekomsten av *P. globosus* ved forskjellig pH.

Disparalona rostrata, som ble registrert første gang i 1995, er kun funnet i 16 lokaliteter i Norge hvorav engang ved pH 4,9. De fleste funnene er gjort ved pH mellom 6,0 og 7,0.

Blant copepodene er *Eucyclops speratus* og *Paracyclops fimbriatus* assosiert med gunstig vannkvalitet.



Figur 7
Forekomsten av *Pseudochydorus globosus* Baird i forhold til pH.
Occurrence of *Pseudochydorus globosus* Baird related to pH.

3.2.4 Bunndyr

I 1994 ble det funnet et fåtall damsneglere (*Lymnaea peregra*) i roteprøver fra Nordre Boksjø (tabell 5). Tettheten økte imidlertid kraftig i 1995 og 1996 da det i september ble registrert repektive 151 og 229 individer pr minutt roteprøve. Det er dokumentert at de fleste snegleartene får problemer når pH kommer under 6,0 (Økland 1990).

Fra andre undersøkelser fins bare et fåtall eksempler på kolonisering av snegl etter kalking. I Fylleån ble to ny arter, *Ancylus fluviatilis* og *Physa fontinalis*, funnet etter kalking (Petersen et al. 1984). *Lymnaea peregra*, som var tilstede før kalking, hadde en markert økning i tetthet (3x). Eriksson et al. (1983) fant *Lymnaea peregra* tre år etter kalking i en av sine lokaliteter, mens *Valvata cristata* er rapportert å ha kommet tilbake etter kalking av Ölen (Bergquist 1980).

Også gråsugge (*Asellus aquaticus*) har økt i antall fra tre individer i september 1994 til 40 individer i 1995 og 24 i 1996 pr minutt roteprøve (tabell 5). I følge Vasshaug & Vøllestad (1990) ble den påvist i mageprøver i 1951, noe som også var tilfelle i 1973 (Borgstrøm et al. 1974). Den er utvilsomt langt mer vanlig i dag enn den var før kalking startet. Som tidligere nevnt fins det i litteraturen flere eksempler på at det har skjedd en økning i tetthet etter kalking (Alenäs 1986, Appelberg 1995a, Eriksson et al. 1983, Henrikson 1988, Hultberg & Andersson 1982, Nilsson & Johansson 1985).

Også midd har økt i antall uten at det er mulig å finne noen god forklaring til dette.

Foruten snegl og gråsugge, er det gruppene fåbørstemark, døgnfluer og fjærmygg som dominerer litoralfaunaen.

Døgnfluefaunaen var i hovedtrekk den samme som i Søre Boksjø (vedlegg 3). Også i Nordre Boksjø var den pH-følsomme arten *Cloeon dipterum* ny art i 1995. En annen pH-følsom art, *Caenis luctuosa*, dominerte sammen med den forsuretolerante arten *Leptophlebia vespertina*.

Blant steinfluer ble liksom i Søre Boksjø kun *Nemoura* sp (sannsynligvis *N. cinerea*) påvist (vedlegg 4).

Tilsammen ble det registrert seks arter av vårflyer hvorav alle også ble registrert i Søre Boksjø (vedlegg 5).

3.2.5 Fisk

I følge Huitfeldt-Kaas (1918) skulle det være både ørret, røye, abbor og mort i Boksjøene. Vasshaug & Vøllestad (1990) hevdet i 1951 at det til tross for dårlig med gytebekker har vært ørret i vannet i lange tider. I tillegg konstaterte han at det var abbor og ørekyt, og det skulle visstnok også være røye i vannet. Etter prøvefisket i 1973 ble det konkludert med at abbor fortsatt hadde en levedyktig bestand (Borgstrøm et al. 1974). Det ble dessuten tatt en ørret med flytegarn, hvilket indikerte at arten fortsatt var

tilstede, og i følge Jens Nybøle (pers. medd.) har den aldri vært helt utdødd. Ørekyt, mørt og røye ble ikke registrert ved denne anledning. Etter at kalkingen startet i 1985, har ørretbestanden tatt seg opp igjen, og prøvefiske i 1994 konkluderte med at det er en god bestand av ørret. De to siste årene er det i tillegg observert store stimer av ørekyte ved utløpet av Nordre Boksjø.

3.3 Store Erte (lokalitet 3)

3.3.1 Beliggenhet

Store Erte har et areal på 4800 ha og ligger på elvestrekningen mellom Femsjøen og Aspern rett sør for Brekke sluser. Vannet ligger 109 m o.h. og elva som renner ut i Femsjøen har et fall på 30 meter. Vannet strekker seg i sørøst-nordvestlig retning, og et større antall små delnedbørfelt drenerer til vannet.

3.3.2 Kalking og vannkvalitet

Det ble kalket første gang i 1993 da det ble brukt 280 tonn kalk (Arbeidernes jeger og fiskeforening, Halden 1995). pH var 5,2 etter kalking. Det ble kalket på nytt med 105 tonn i mai 1994 og i september var pH 6,2. I 1995 og 1996 har pH variert mellom 5,5 og 6,7 med høyest pH i september 1996 (vedlegg 1).

Ledningsevnen har variert mellom 4,7 og 5,8 mS/m med høyest verdi i september 1996. Store Erte har relativt lavt fargetall (15-24 mg/l Pt).

3.3.3 Krepssdyr

I både 1995 og 1996 ble det påvist 26 krepssdyrarter hvilket er fem mer enn i 1994 da det ble funnet 21 arter (tabell 6).

Planktoniske krepssdyr

Planktonet er blitt innsamlet i en relativt grunn avsnøring i den sørøstre delen av vannet. Kvalitative prøver indikerer at de to survannstolerante artene *B. longispina* og *E. gracilis* utgjør større andeler i Store Erte enn i de to Boksjøene (vedlegg 2). En økning av *C. scutifer* på bekostning av disse artene vil være å forvente de nærmeste årene.

Det ble registrert ett individ av *Daphnia galeata* i planktonet i 1996. Denne kan ha blitt med håven fra Søre Boksjø og ytterligere dokumentasjon er påkrevet før den kan godtas som en ny art for vannet. Med den vannkvaliteten som idag er etablert i Store Erte ville imidlertid reetablering av en forsuringfølsom *Daphnia*-art være forventet.

Interessant er det at calanoiden *Heterocope appendiculata* (figur 8) ble registrert i 1996. Denne er vanlig i østlige deler av landet (figur 9), men er bare unntaksvis funnet ved pH

lavere enn 5,5. Den synes å erstatte *H. saliens* i vann med høy fiskepredasjon. Hvorvidt det er dette som er tilfelle eller om det er gunstig pH som favoriserer arten, er usikkert. Cyclopoiden *Thermocyclops oithonoides* fins også i Store Erte. Denne er vanlig i vann på Østlandet med stor fiskepredasjon.

Litorale krepssdyr

I 1994 ble det funnet mange forsuringstolerante arter, blant annet *Alona rustica*, *Acantholeberis curvirostris*, *Macrocyclops fuscus* og *Diacyclops nanus*. Av disse er det bare *A. rustica* som er blitt funnet de to siste årene. Arter som er nye i 1995 og som muligens kan knyttes opp mot en bedring i vannkvalitet er *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Eucyclops*-artene *E. speratus* og *E. dent-culatus*.

3.3.4 Bunndyr

Det ble registrert færre grupper bunndyr sammenlignet med i Boksjøene (tabell 7). Vannbiller, som ofte går tilbake i antall som følge av økt fiskepredasjon, forekom i større antall i Store Erte enn i Boksjøene. Snegl, muslinger og gråsugge, som fins i Nordre Boksjø, ble ikke funnet i Store Erte. Det ble heller ikke registrert steinfluer. Døgnfluer forekom derimot i høye tettheter, og det er den forsuringstolerante arten *Leptophlebia marginata* som dominerer (tabell 4). Det ble imidlertid påvist en forsuringfølsom art i 1995, *Arthropea congener*, som i tillegg er en sjelden art i Norge. Den er funnet i Rødsvatn i Enningdalselva som ligger sørvest for Store Erte (Borgstrøm et al. 1974). pH i Rødsvatn var ca 6,6 da arten ble funnet her i 1973.

Det ble funnet fem arter av vårflyer hvorav *Holocentropus dubiuens* og *Traenodus bicolor* ikke er funnet i forbindelse med inventeringsundersøkelsen fra området (Borgstrøm et al. 1974).

3.3.5 Fisk

Tidligere fantes abbor, ørret, mørt, ørekyte, ål og sik i Store Erte (Arbeidernes jeger og fiskeforening, Halden 1995). Ved prøvefiske i september 1992 ble det kun konstatert abbor og gjedde.

3.4 Krokvatn (lokalitet 4)

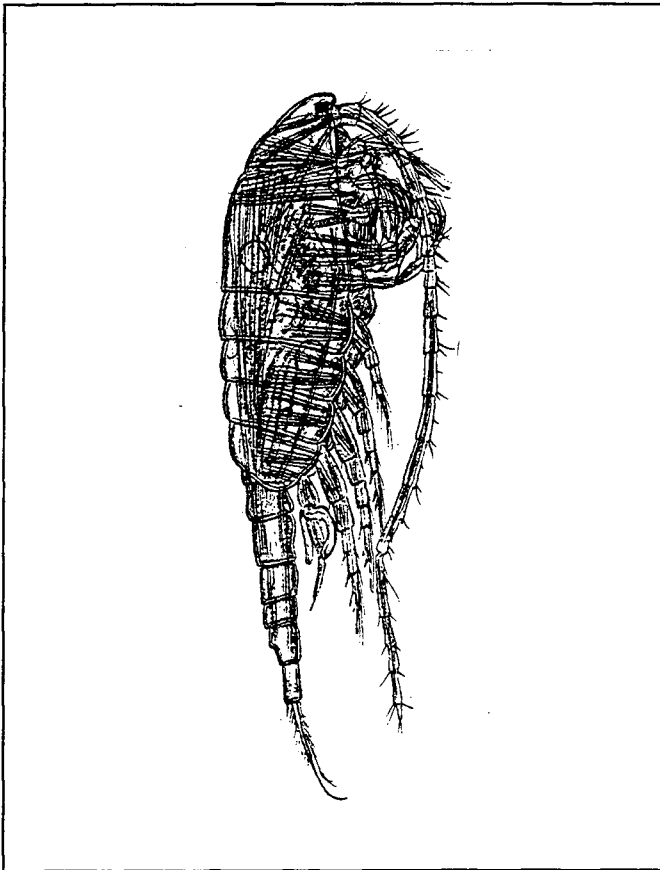
3.4.1 Beliggenhet

Krokvatn tilhører et sidevassdrag til Haldenvassdraget med utløp i den nordøstre delen av Femsjøen (figur 1). Vannet har et areal på ca 20 ha og har en uregelmessig form, herav navnet. Fra utløp i den sørvestre delen av vannet renner elva Fisma sørvestover og mottar blant annet elva fra Rødsvatn. Før utløp i Femsjøen skifter elva navn til Rødelva.

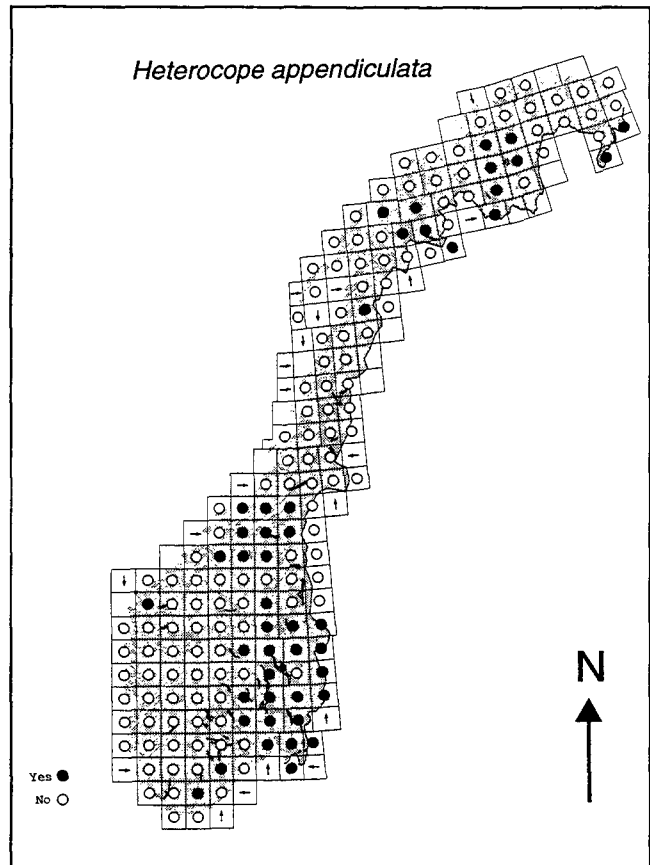
Tabell 6

Vannlopper og hoppekreps funnet i Store Erte, Krokvatnet og Rødvatnet.
Cladocerans and copepods found in Lakes Store Erte, Krokvatnet and Rødvatnet.

Lokalitet nr	3	3	3	4	4	4	5	5	5
Lokalitet	S Erte	S Erte	S Erte	Krokv	Krokv	Krokv	Rødv	Rødv	Rødv
År	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Vannlopper									
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)	x		x			x			
Latona setifera (O.F.M.)						x			
Sida crystallina (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Holopedium gibberum Zaddach		x	x	x	x	x			
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)		x	x		x	x			
Daphnia galeata Sars			x						
Daphnia longispina (O.F.M.)					x	x			
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)		x		x	x		x	x	
Simocephalus vetula (O.F.M.)					x				
Bosmina longirostris (O.F.M.)		x			x				
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	x			x		x	x	x	x
Ophryoxus gracilis Sars			x			x			
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)		x	x		x	x			
Acroperus harpae (Baird)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alona affinis (Leydig)		x		x			x	x	x
Alona guttata Sars	x	x				x	x	x	x
Alona intermedia Sars			x						
Alona rustica Scott	x	x	x				x		
Alonella excigua (Fischer)						x			
Alonella excisa (Fischer)		x	x			x	x	x	x
Alonella nana (Baird)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alonopsis elongata Sars	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chydorus piger Sars	x								
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Disparalona rostrata (Koch)									
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)		x	x	x	x	x			
Graptoleberis testudinaria (Fischer)						x		x	
Monospilus dispar	x	x				x		x	
Pleuroxus laevis					x				
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)		x	x		x	x		x	
Rhynchotalona falcata Sars	x	x	x						
Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Leptodora kindti (Focke)	x				x				
Hoppekreps									
calanoida									
Eudiaptomus gracilis Sars	x	x	x		x	x		x	x
Acanthodiaptomus denticornis (Wierz.)			x	x		x	x		
Heterocope saliens (Lillj.)							x	x	x
cyclopoida									
Macrocyclus albidus (Jur.)	x	x		x	x	x	x	x	x
Macrocyclus fuscus (Jur.)	x			x			x	x	x
Eucyclops denticulatus (A. Graet.)		x	x	x	x	x			
Eucyclops macrurus (Sars)									
Eucyclops serrulatus (Fisch.)		x	x	x	x	x			x
Eucyclops speratus (Lillj.)			x						
Paracyclops affinis Sars		x							
Cyclops scutifer Sars	x	x	x	x	x	x			
Acanthocyclops robustus Sars						x		x	
Acanthocyclops vernalis (Fish.)							x		
Diacyclops nanus (Sars)	x						x		
Mesocyclops leuckarti (Claus)					x	x			x
Thermocyclops oithonoides (Sars)	x		x	x	x	x		x	
antall vannlopper	15	20	19	12	18	22	13	15	11
antall hoppekreps	6	6	7	7	7	9	6	6	6
totalt antall krepedyr	21	26	26	19	25	31	19	21	17



Figur 8
Heterocope appendiculata Sars (Sars 1903).
Heterocope appendiculata Sars (Sars 1903).



Figur 9
Utbredelsen til Heterocope appendiculata Sars.
The distribution of Heterocope appendiculata Sars.

3.4.2 Kalking og vannkvalitet

Vannet ble undersøkt av Vasshaug & Vøllestad (1990) i 1951 da pH ble målt til 5,9 som den gang var høyere enn hva som var tilfelle i andre nærliggende vann.

I 1994 ble vannet kalket med 27,8 tonn kalk (FF 3) fra helikopter. I 1995 og 1996 ble det brukt 18,9 tonn kalk av samme type, mens det i 1997 er planlagt brukt 9,9 tonn kalk.

pH har holdt seg over 6,0 etter kalking (**vedlegg 1**). Før kalking høsten 1994 var pH 5,3, mens det like etter kalking ble registrert pH 6,2. I 1995 var pH henholdsvis 6,7 i juni og 6,1 i september, mens de respektive verdiene var 6,3 og 6,9 i 1996. Ledningsevnen har variert mellom 3,8 og 5,4 mS/m.

3.4.3 Krepssdyr

Mens det i 1994 ble registrert 19 krepssdyrarter ble det funnet 25 arter i 1995 og 31 arter i 1996 (**tabell 6**). Prøvene i 1994 ble tatt i en annen og grunnere del av vannet enn i 1995.

Planktoniske krepssdyr

Av arter i 1995 er funnet av *Daphnia longispina* (**figur 10**) interessant. Den ble kun påvist i planktontrekket fra september 1995, mens den utgjorde hele 13,4 % året etter til samme tid. I 1996 var den også vanlig i litoralsonen. Selv om det er usikkerhet ved dokumentasjonen av før-situasjonen da prøvene ble tatt i en annen del av vannet, viser resultatene fra de to siste årene at *D. longispina* har økt i antall.

Slekten *Daphnia* er generelt følsom for forurening. *D. longispina* er den vanligste arten i Norge og er registrert i 32 % av undersøkte ferskvannsforkomster. Forekomsten er også klart korrelert med pH ved at sannsynligheten for at arten er tilstede øker med økende pH (**figur 11**). Den er riktignok funnet ved pH 4,2 i et humusrikt tjern i Nordmarka/

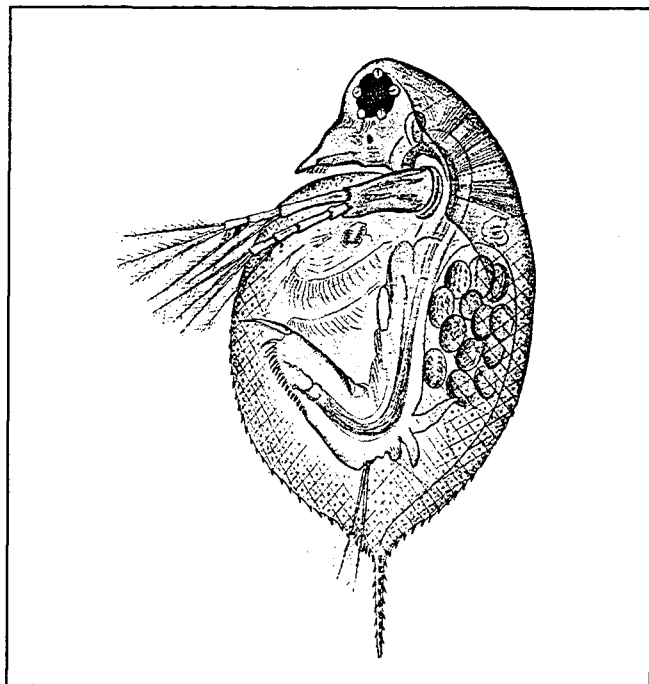
Tabell 7

Bunndyr (antall pr prøve) i Store Erte og i Krokvatnet.
Benthic fauna (number per sample) of Lake Store Erte and Lake Krokvatnet.

Stasjon år måned	S Erte	S Erte	S Erte	S Erte	Krokv	Krokv	Krokv	Krokv
	1995	1995	1996	1996	1995	1995	1996	1996
	jun	sep	jun	sep	jun	sep	jun	sep
Rundormer (Nematoda)	3	10	36	10		4	2	3
Fåbørster (Oligochaeta)	39	24	56	67	5	13	15	87
Muslinger (Bivalvia)					9	6	2	
Øyestikkere (Odonata)	53	12	4	4	6	6	5	6
Døgnfluer (Ephemeroptera)	25	1220	29	177		1804	2	148
Ryggsvømmere (Notonectidae)					1			
Mudderfluer (Megaloptera)			1		1	1		1
Biller (Coleoptera)	34	14	19	20	32	14	4	4
Fjærmygg (Chironomidae)	188	184	229	45	104	466	102	531
Sviknott (Ceratopogonidae)	133	12	74	2		6	1	17
Tovinger ind. (dipt. indet.)	3	2	5	4	8	3	3	7
Vårfluer (Trichoptera)	17	55	7	39	12	54	14	87
Midd (Hydracarina)	71		36	34	1060		38	3
Antall dyr i prøven	566	1533	495	402	1238	2377	188	895
Sparketid (min)	3	3	3	2	1	2	1	1
Ant ind pr min sparkeprøve	189	511	165	201	1238	1189	188	895

Krokskogen (Jørgensen 1972). Økt fiske-predasjon kan sette en stopper for økningen av *D. longispina* i Krokvatnet.

Thermocyclops oithonoides utgjorde en betydelig andel av planktonet i 1995. Den er aldri funnet ved pH lavere enn 5,0. Den er vår minste planktoniske cyclopoide og er på grunn av størrelsen tolerant overfor fiskepredasjon.



Figur 10
Daphnia longispina O.F.M.
Daphnia longispina O.F.M.

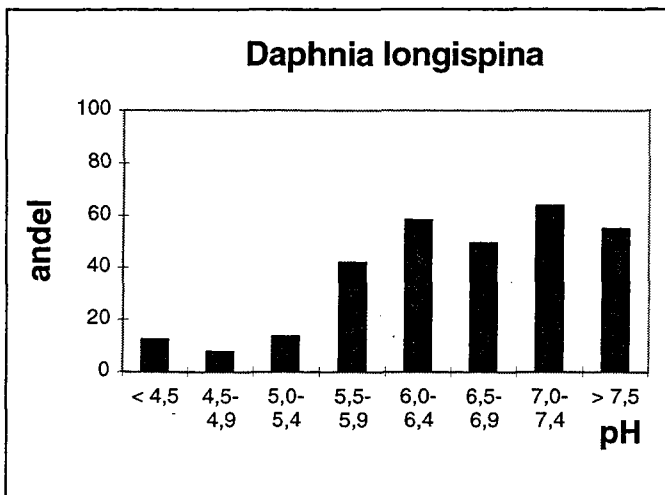
Litorale krepsdyr

Før kalking ble det nesten utelukkende funnet arter som vanligvis forekommer med høy frekvens i lokaliteter med pH lavere enn 5,0. Et unntak er *Eucyclops denticulata* som oftest er funnet ved en noe gunstigere pH. *O. gracilis* og *M. dispar* er eksempler på arter som er registrert etter kalking, og som vanligvis blir funnet ved en noe gunstigere vannkvalitet.

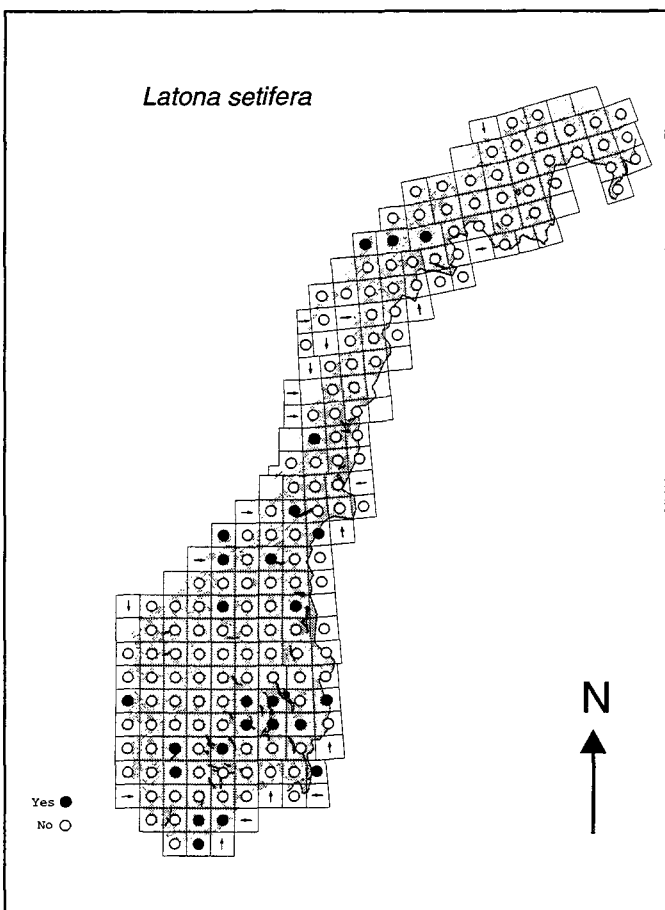
Interessant er funnet av *Latona setifera* som er en relativ stor vannloppe tilhørende familien Sididae. Denne er kun funnet i 40 lokaliteter i Norge og har en spredt forekomst (figur 12). I Østfold er arten kun registrert i Øymark. *L. setifera* er primært en litoral art som forekommer med høyest frekvens ved midlere pH verdier.

3.4.4 Bunndyr

Bunndyrfaunaen er dominert av midd og fjærmygg i juni, mens døgnfluer dominerte kraftig i september med størst tetthet i 1995 (tabell 7). Det ble da kun funnet en forsuringstolerant art, *Leptophlebia vespertina*. I 1996 ble imidlertid to individer av den moderat følsomme døgnfluarten *Siphonorus alternatus* funnet i juni.. Det er imidlertid et spørsmål hvorvidt denne arten er kommet inn etter kalking da det er usikkert om pH har vært ekskluderende for arten. Funnet av et fåtalls muslinger ved begge besøk kan forsterke inntrykket av at lokaliteten ikke var vært sterkt forsuringsskadet. Snegl og gråsugge ble imidlertid ikke registrert.



Figur 11
Forekomsten av *Daphnia longispina* O.F.M. (Sars 1993).
Occurrence of *Daphnia longispina*



Figur 12
Utbredelsen til *Latona setifera* O.F.M. i Norge.
The distribution of *Latona setifera* O.F.M. in Norway.

3.4.5 Fisk

Da vannet ble undersøkt av Vasshaug & Vøllestad (1990) i var det gjedde, abbor samt noe ørret i vannet. I dag er det kun abbor (pers. medd. William Hausesætre).

3.5 Rødvatn (lokalitet 5)

3.5.1 Beliggenhet

Rødvatn ligger nord i samme vassdrag som Krokvatnet (figur 1). Det har en uregelmessig strandlinje og med et areal på i underkant av 20 ha. Fra utløpet i sørenden renner Rødvassbekken sørover til samløp med elva fra Krokvatn. Etter samløp tar hovedelva navnet Fisma som før utløp i Femsjøen skifter navn til Rødølva. Rødvatn har et lite nedbørfelt (ca 3 km²) og ligger i et område med mye grunnfjell i dagen og med et relativt beskjedent innslag av myr.

3.5.2 Kalking og vannkvalitet

pH og fargetall før kalking indikerer et vann som er rammet av forurengning. Selv om det ligger flere mindre myrer innen nedbørfeltet hadde lokaliteten et fargetall på 21 Pt/l, som må karakteriseres som relativt lavt. Vasshaug & Vøllestad (1990) karakteriserte i 1951 vannet ved at det hadde et lite brunskjær og en pH på 5,3.

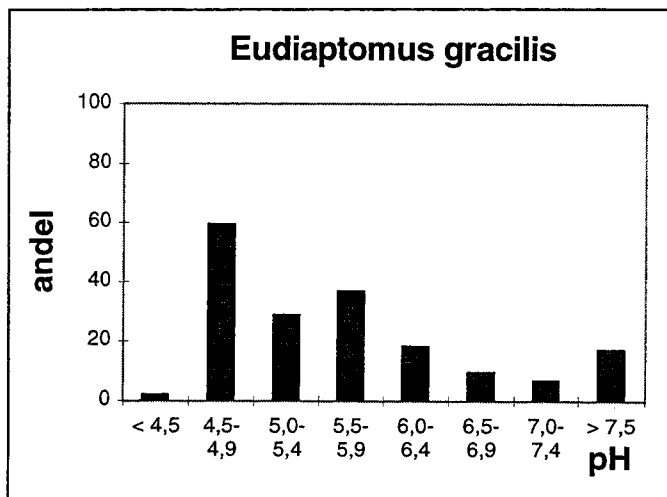
I 1994 ble vannet kalket med 19,6 tonn kalk (FF 3) fra helikopter. I 1995 og 1996 ble det brukt henholdsvis 4,5 og 4,1 tonn kalk av samme type, mens det i 1997 er planlagt brukt 4,1 tonn kalk.

I 1994 var pH 4,8 før kalking, og 6,8 etter kalking (november) (vedlegg 1). pH har senere ligget mellom 5,9 og 6,2, mens ledningsevnen til samme tid har variert rundt 4,0 mS/m.

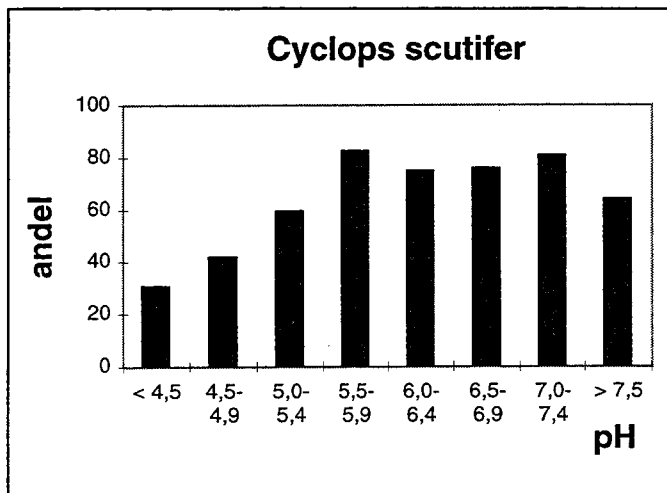
3.5.3 Krepssdyr

Krepssdyrfaunaen ga inntrykket av en sur lokalitet i 1994 med innslag av arter som vanligvis forekommer med høy frekvens i lokaliteter med pH lavere enn 5,0. Vannloppene *Alona rustica* og *Acantholeberis curvirostris* og cyclopoidene *Acanthocyclops vernalis* og *Diacyclops nanus* var blant de registrerte artene (tabell 7). Av disse er bare *A. curvirostris* påvist i 1995 og 1996.

I 1994 var det nesten total dominans av vannlopper på bekostning av hoppekreps, noe som ofte er tilfelle i sure lokaliteter. Calanoidene *Heterocope saliens* og *Acanthodiaptomus denticornis* ble begge funnet i Rødvatn. Disse artene er vanlige i fisketomme vann (Halvorsen et al. 1994). Etter kalking har det skjedd en økning for *E. gracilis* på bekostning av *B. longispina*. *E. gracilis* er vanligst i vann med pH fra 4,5 til 5,0. Den er funnet i overkant av halv-



Figur 13
Forekomsten av *Eudiaptomus gracilis* Sars i forhold til pH.
Occurrence of *Eudiaptomus gracilis* Sars related to pH.



Figur 14
Forekomsten av *Cyclops scutifer* Sars i forhold til pH.
Occurrence of *Cyclops scutifer* Sars related to pH.

parten av lokalitetene med slik pH (figur 13). Interessant er det at pH 4,5 ser ut til å være en nedre grense for *E. gracilis*. Ved lavere pH (4,3) er den kun funnet i Kroktjern i Østfold (Borgstrøm et al. 1974).

Det ble både i 1995 og i 1996 funnet et fåtall små copepoditter som kan tilhøre *C. scutifer*. Dette er i tilfelle ikke uventet da arten er begunstiget av en bedret vannkvalitet. *C. scutifer* er tilsynelatende tolerant overfor lav pH, men er aldri funnet ved pH lavere enn 4,0 (figur 14). I vann med pH fra 4,5 til 5,0, er arten funnet i ca 35 % av

lokalitetene. Dette er en betydelig lavere frekvens enn i pH-intervallet 5,0-7,0 der den er funnet i nesten 60 % av de undersøkte ferskvannslokalitetene.

Det er ikke kommet inn nye arter i Rødvatnet som kan settes i sammenheng med en bedret vannkvalitet. Det totale artsantallet er fortsatt lavt, og det ble faktisk påvist færre arter i 1996 enn i 1995 og 1994. Ved kalking av Røyndalsvatn i Grimsavassdraget, som er et surt humusvann, ble det i etterkant av kalkingen konstatert få arter (Walseng & Halvorsen 1994). Her var det riktignok flere arter som indikerte en at det hadde skjedd en endring i vannkvaliteten.

3.5.4 Fisk

Vannet ble undersøkt av Vasshaug & Vøllestad (1990) i 1952. Den gang ble det på to garnsett fanget en ørret, men det skulle etter sigende også være røye i vannet. I dag skal vannet være fisketomt (Nick Odegard pers medd.).

3.6 Steinsvatn (lokalitet 6)

3.6.1 Beliggenhet

Steinsvatn ligger ca 500 meter sørøst for Rødvatn med et areal på ca 2 ha (figur 1). Vannet er langt og smalt og strekker seg i nordvest-sørøst retning. Det blir ikke kalket, og det er tenkt brukt som referansevann for survannssituasjonen i området.

3.6.2 Vannkvalitet

Vannet har en karakteristisk blå farge, og pH var 4,65 i september (vedlegg 1). Dette tilsvarer omtrent samme pH som i Rødvatn før kalking. Ledningsevnen var 3,9 mS/m, hvilket er omtrent identisk med ledningsevnen i Rødvatn de to siste årene.

3.6.3 Krepserdyr

Det ble kun tatt prøve fra land, og krepserdyrfaunaen var totalt dominert av *Bosmina longispina* (99,9 %). Det ble i tillegg registrert syv andre forsurengstolerante arter, hvorav fire arter vannlopper og tre arter hoppekreps.

3.7 Elva mellom Nordre og Søre Boksjø (E 1)

Steinflueartene, som er funnet i elva (**vedlegg 4**), kan ikke karakteriseres som spesielt forsuringfølsomme (Raddum & Fjellheim 1984, Raddum & Fjellheim 1994).

3.7.1 Bunndyr

Damsnegl (*Lymnaea peregra*) ble funnet i juni og september i både 1995 og i 1996 (**tabell 8**). Juniprøven begge år var dominert av store tettheter av knott. Lave tettheter i september har sannsynligvis sammenheng med at de vanligste artene har klekket.

Etter at prøvetakingen startet høsten 1994 har det vært en nedgang i antall steinfluer samtidig med at antall døgnfluer har økt. En slik utvikling er i overensstemmelse med at lite forsurete elver og bekker (pH > 6) nesten alltid har en overvekt av døgnfluer i forhold til steinfluer. Ved økende forsuring forsvinner døgnfluene raskt, mens de tolerante steinfluene fortsatt er i stort antall (Raddum & Fjellheim 1984, Raddum & Fjellheim 1994).

Den forsuringfølsomme døgnfluen *Caenis luctuosa* dominerte blant døgnfluene i september både i 1995 og 1996 (**vedlegg 6**). I 1994 ble det bare funnet ett individ. Ny art for lokaliteten i september 1995 er den pH-følsomme døgnfluen *Baetes rhodani* som også har kommet inn etter kalking, bl a i Fisma og i elva nedstrøms Søre Boksjø (Raddum et al. 1984).

3.7.2 Fisk

I følge Vasshaug & Vøllestad (1990) ble det i 1951 påvist ørret, abbor, ørekyte, ål og røye i Søre Boksjø. Det er usikkert hva som har vært i elva, men under El-fiske i oktober 1994 ble det kun påvist abbor og ørret. Ved El-fiske i juni 1997 ble også ørekyte registrert i tillegg til ørret og abbor. Det ble da funnet flere årsklasser av ørret inkludert 0+ som ble fanget ca 20 meter oppstrøms utløpet i Søre Boksjø. Tettheten av ørekyt var forholdsvis høy, spesielt ved innløp og utløp (20-50 fisk). Også i forbindelse med bunndyrinnsamling er det observert ørekyt de to siste årene. I roteprøvene ble det også fanget ørret yngel (0+ og 1+).

Tabell 8

Bunndyr (antall pr prøve) i elva mellom Boksjøene og i Fisma.

Benthic fauna (number per sample) of the river between Nordre and Søre Boksjø and River Fisma.

stasjon nr	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 2	E 2	E 2	E 2	E 2
stasjon	Bok.e	Bok.e	Bok.e	Bok.e	Bok.e	Fisma	Fisma	Fisma	Fisma	Fisma
år	1994	1995	1995	1996	1996	1994	1995	1995	1996	1996
måned	sep	jun	sep	jun	sep	sep	jun	sep	jun	sep
Rundormer (Nematoda)	1		5	7	4	6	1	1	6	8
Fåbørster (Oligochaeta)	39	8	12	2	24	69	24	28	56	50
Snegl (Gastropoda)		6	50	11	6					
Muslinger (Bivalvia)	4	2	5		4	4	4			4
Gråsugge (Asellus)	2		12		3					
Øyenstikkere (Odonata)	12	6	5	6	2	3	1	9	1	2
Døgnfluer (Ephemeroptera)	22		114	4	73		1	7	2	21
Steinfluer (Plecoptera)	327	18	5	9	3	186	76	605	72	180
Biller (Coleoptera)						8	3	7	5	15
Fjærmygg (Chironomidae)	23	120	201	93	336	28	26	288	110	452
Knott (Simuliidae)		13060	41	728	44	327		188	341	39
Stankelbein (Tipulidae)	2	3	4			3	6	1		
Sviknott (Ceratopogonidae)	36	40	14		11	4	97	2	6	3
Tovinger ind. (dipt. indet.)	4	20	15	14	7	13	5	11	34	65
Vårfluer (Trichoptera)	20	7	552	157	569	29	23	149	74	188
Midd (Hydracarina)		80		7			9	23	31	10
Antall dyr i prøven	492	13370	1035	1038	1086	680	276	1319	739	1037
Sparketid (min)	2	5	3	3	2	2	2	3	3	2
Ant ind pr min sparkeprøve	246	2674	345	346	543	340	138	440	246	518

3.8 Fisma (E 2)

3.8.1 Bunndyr

Det er i første rekke gruppene steinfluer, fjærmygg, knott og vårflyer som dominerer bunndyrfaunaen i Fisma (**tabell 8**). Tettheten av bunndyr er spesielt høy om høsten. Følsomme grupper som gråsugge og snegl ble ikke funnet. Sannsynligvis er vannføringen for stri til at det er en egnet lokalitet for disse gruppene.

Døgnflyer forekommer fåtallig, men likevel er de følsomme døgnflyartene *Caenis luctuosa*, *Baetis rhodani* og *B. muticus* påvist (**tabell 5**). *B. muticus* hører til de mer sjeldne døgnflyene og er tidligere ikke funnet i Østfold (Aagaard & Dolmen 1996).

Det er tilsammen registrert syv steinfluer i Fisma (**tabell 6**) hvorav ingen kan karakteriseres som spesielt forsuringsfølsomme (Raddum & Fjellheim 1984). I litteraturen er det heller ikke beskrevet arter som er kommet inn etter kalking. I en undersøkelse av bunndyrfaunaen i kalkete elver, konkluderer Nilsson & Johansson (1985) med at det fins arter som har en nedre grense i forhold til pH, hvorav *Brachyptera risi* bare unntaksvis fins ved pH lavere enn 5,0. Det ble funnet fem individer av denne arten i Fisma i september 1995.

4 Konklusjon

Kalkingen av lokaliteter i den sørøstre delen av Østfold har resultert i reetablering av mange forsuringsfølsomme arter samt i samfunnsendringer som også er forårsaket av en bedret vannkvalitet. Store tettheter av snegl i Nordre Boksjø samt økning av gråsugge i begge Boksjøene er eksempler på dette. Det samme er tilfelle med oppblomstringen av ørekyte. Tilsammen seks følsomme arter av døgnflyer er nå registrert i de kalkede lokalitetene. Antall krepsdyrarter har også økt etter kalking. Eksempler på arter som krever en god vannkvalitet, er de planktoniske vannloppene *Daphnia galeata* og *Limnospida frontosa* samt den litorale hoppekrepsen *Eucyclops macrurus*. Også på samfunnsnivå har det skjedd store endringer. Det har vært et skifte fra nesten total dominans av den forsuringsstolerante vannloppen *Bosmina longispina* før kalking av Søre Boksjø til en dominans av *Cyclops scutifer* og *D. galeata* etter kalking.

Undersøkelsen i Boksjøområdet, Krokvatnet, Rødvatnet og Fisma viser at reetableringen av forsuringsfølsomme arter skjer raskere på det sentrale Østlandet enn i andre deler av landet der det også blir kalket (Walseng et al. 1995). Heller ikke fra andre land der det er blitt kalket, er det dokumentert tilsvarende endringer i faunaen (Henrikson & Brodin 1995). En viktig forklaring er kort avstand til refugier i Østfold. Boksjøene ligger eksempelvis nær marin grense.

Et interessant spørsmål er hvorvidt kalking har resultert i en fauna som er mest mulig lik det opprinnelige. Vannkjemisk vil for eksempel Ca-innholdet i Boksjøene etter kalking være høyere enn hva de naturgitte forhold skulle tilsi. Det har imidlertid lyktes å stabilisere systemet på pH ca 6,0 som ut i fra de naturgitte forhold synes å være en riktig pH for området. Reetableringen av mange forsuringsfølsomme arter i flere av lokalitetene i denne undersøkelsen indikerer at kalkingen har vært vellykket.

5 Sammendrag

Undersøkelsen er en oppfølging av det arbeidet som ble gjort i forsørede og kalkete lokaliteter i Østfold i 1994 og innbefatter prøver fra forsommer og høst i 1995 og 1996. De undersøkte lokalitetene, Søre og Nordre Boksjø, Store Erte, Krokvatnet, Rødvatnet, elva mellom Boksjøene samt Fisma (elv), ligger i den sørøstlige delen av Østfold.

Fra Boksjøene, Store Erte og Krokvatnet foreligger vannprøver, krepsdyr- og bunndyrprøver fra juni og september både i 1995 og i 1996. I Rødvatn er det kun tatt krepsdyrprøver, mens det er tatt bunndyrprøver fra elva mellom Nordre og Søre Boksjø, samt fra Fisma som renner til Femsjøen.

Søre Boksjø (8,4 km²) og Nordre Boksjø (2,1 km²) tilhører Enningdalselva som renner til Iddefjorden. Den sørøstlige delen av Søre Boksjø tilhører Sverige.

Berggrunnsgeologien tilsier at Søre Boksjø alltid har hatt lav pH, og at det dessuten er sårbart for forurening. Kalkingen av innsjøen startet i 1980 da det var registrert pH helt ned mot 4,5. I 1983 var pH mellom 6,7 og 7,0, mens den i de tre siste årene (1994-96) har variert mellom 6,0 og 6,8. Innholdet av kalsium økte fra ca 1,1 mg/l i 1973 til 3,7 mg/l i 1994.

I juni 1973 ble det kun registrert 9 krepsdyrarter, mens totalt artsantall i 1995 og 1996 var økt til 34 arter begge år. Planktonet før kalking var dominert av *Bosmina longispina* og *Eudiaptomus gracilis*. På 90-tallet har det skjedd en dreining mot et samfunn der *Cyclops scutifer* dominerer (ca 2/3).

Daphnia galeata ble funnet i planktonet i 1995 og i 1996 og utgjorde ca 10 % i september begge år. Arten er kun unntaksvis registrert ved pH lavere enn 6,0.

En ny interessant art i planktonet i 1995 er den store vannloppen *Limnospina frontosa* som tidligere bare er funnet i næringsrike lokaliteter på Sørøstlandet inklusive Ørsjøen som ligger vest for Boksjøene. I september 1995 ble det kun funnet et fåtall individer av *L. frontosa* i planktonprøvene, mens den til samme tid i 1996 utgjorde hele 10 % av planktonet.

Leptodora kindti, som en stor planktonisk rovform, er også registrert etter kalking. Den er sjelden funnet i lokaliteter med pH under 5,5 og er aldri registrert i de sureste. Interessant er det også at *B. longirostris* synes å øke i antall etter at den første gang ble påvist i 1995. Denne er noe mindre enn slekningen *B. longispina* og er vanlig i vann med stor fiskepredasjon.

Blant litorale krepsdyr i Søre Boksjø fins både arter som er vanlige i sure humøse vann, men også arter som etter all

sannsynlighet er kommet inn etter at vannkvaliteten er blitt forbedret gjennom kalking. *Alona rustica* er en karakterart for sure humøse vann som etter kalking er blitt mer sjelden. Vannloppene *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Monospilus dispar* samt hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* er eksempler på arter som sannsynligvis er kommet inn med en bedret vannkvalitet.

Blant bunndyrene har gråsuggen (*Asellus aquaticus*) økt markert i antall etter kalking. Før kalking ble den kun funnet i fiskemager. Gråsugge er en pH-følsom art som bare unntaksvis er funnet ved pH lavere enn 5,5.

Muslinger er en annen gruppe som ikke ble registrert i 1973, men som er funnet i moderate mengder på 90-tallet. Muslinger kan karakteriseres som en moderat pH-følsom gruppe.

Av døgnfluer ble kun den forsuretolerante arten *Leptophlebia vespertina* funnet i 1973. I perioden 1994-96 er det registrert tre følsomme arter, *Cloeon dipterum*, *C. simile* og *Caenis luctuosa*, der sistnevnte dominerer.

Kalkingen av Nordre Boksjø startet i 1985 da pH var så lav som 4,5. Etter kalking har pH ligget på ca 6,0 eller noe i overkant med en svakt avtagende trend fra 1994 til 1996.

I juni 1973 ble det kun funnet ni krepsdyrarter, mens det ble registrert 32 arter i 1996. Calanoiden *E. gracilis* og copepoden *C. scutifer* dominerer planktonet. Den forsuretolerante arten *B. longispina*, som utgjorde i overkant av halvparten av individene før kalking i 1973, utgjør i dag bare 1-2 %. Liksom i Søre Boksjø var *Limnospina frontosa* ny art i 1995 med en økning i antall individer av arten fra 1995 til 1996. *B. longirostris* ble registrert for første gang i 1996. Predatoren *L. kindti* er også funnet i Nordre Boksjø.

Forsuringstolerante litorale krepsdyrarter som *A. curvirostris* og *A. rustica* ble registrert i henholdsvis 1994 og 1995, men ikke i 1996. *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia*, *Disparalona rostrata*, *Monospilus dispar* og *Pseudochydorus globosus* er eksempler på arter hvis forekomst kan settes i sammenheng med en bedret vannkvalitet.

I 1994 ble det funnet et fåtall damsnegler (*Lymnaea peregra*) i roteprøver fra Nordre Boksjø. Tettheten økte imidlertid kraftig de to neste årene. Det er dokumentert at de fleste snegleartene får problemer når pH kommer under 6,0.

Også gråsugge har økt i antall siden 1994 etter at den kun ble påvist i mageprøver i 1951 og i 1973. Døgnfluefaunaen er i hovedtrekk den samme som i Søre Boksjø med den pH-følsomme arten, *Caenis luctuosa*, som dominerende art sammen med den forsuretolerante arten *Leptophlebia vespertina*. Den pH-følsomme arten *Cloeon dipterum* var ny art i 1995.

Store Erte har et areal på 4800 ha og ligger rett sør for Brekke sluser på elvestrekningen mellom Femsjøen og Aspern. Mens pH før kalking var ca 5,5 har den variert mellom 5,5 og 6,0 etter kalking. I både 1995 og 1996 ble det påvist 26 krepsdyrarter, hvilket er fem mer enn i 1994 da det ble funnet 21 arter. De forsuringstolerante artene *B. longispina* og *E. gracilis* utgjør større andeler i Store Erte enn i de to Boksjøene. Calanoiden *Heterocope appendiculata*, som ble registrert i 1996, er vanlig i østlige deler av landet og er bare unntaksvis funnet ved pH lavere enn 5,5.

I 1994 ble det funnet mange forsuringstolerante arter, f eks *Alona rustica*, *Acantholeberis curvirostris*, *Macrocylops fuscus* og *Diacyclops nanus*. Av disse er det bare *A. rustica* som er blitt funnet de to siste årene. Arter som er nye i 1995, og som muligens kan knyttes opp mot en bedring i vannkvalitet, er *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Eucyclops*-artene *E. speratus* og *E. denticulatus*.

Blant bunndyrene forekom døgnfluene i høye tettheter med dominans av den forsuringstolerante arten *Leptophlebia marginata*. Den forsuringfølsomme arten, *Arthropea congener*, som i tillegg også er en sjelden art i Norge, ble funnet i 1995.

Krokvatn tilhører et sidevassdrag til Haldenvassdraget med utløp i den nordøstre delen av Femsjøen. Før kalking høsten 1994 var pH 5,3, mens pH har variert mellom 6,1 og 6,9 de to siste årene.

Mens det i 1994 ble registrert 19 krepsdyrarter, ble det funnet 25 arter i 1995 og 31 arter i 1996. *Daphnia longispina* er vanlig i planktonet og har økt i antall etter 1995 da den ble registrert første gang.

Vannloppen *Latona setifera*, som i Østfold kun er registrert i Øymark, ble funnet i strandsonen i Krokvatnet. Bunndyrfaunaen er dominert av midd og fjærmygg i juni mens den forsuringstolerante døgnfluen, *Leptophlebia vespertina*, dominerte kraftig i september begge år. I 1996 ble to individer av den moderat følsomme døgnfluarten *Siphonurus alternatus* funnet i juni.

Rødvatn tilhører samme sidevassdrag som Krokvatnet og har et areal på i underkant av 20 ha. I 1994 var pH 4,8 før kalking, og 6,8 etter kalking. Siden har pH ligget mellom 5,9 og 6,2. Krepsdyrfaunaen er typisk for sure lokaliteter. Vannloppene *Alona rustica* og *Acantholeberis curvirostris* og cyclopidene *Acanthocyclops vernalis* og *Diacyclops nanus* er blant de registrerte artene. Av disse er bare *A. curvirostris* påvist etter kalking. Etter kalking er andelen av *B. longispina* blitt mindre, mens calanoiden *E. gracilis* har økt i antall. I Steinsvatnet som ligger 500 m sørøst for Rødvatnet og som ikke blir kalket, er det total dominans av *B. longispina*.

I elva mellom de to Boksjøene var snegl ny art i 1995, mens det etter 1994 har vært en nedgang i antall steinfluer

samtidig med at antall døgnfluer har økt. Den forsuringfølsomme døgnfluen *Caenis luctuosa* dominerte blant døgnfluene om høsten både i 1995 og 1996. Ny art for lokaliteten etter september 1995 er den forsuringfølsomme døgnfluen *Baetes rhodani*.

Det er i første rekke gruppene steinfluer, fjærmygg, knott og vårfluer som dominerer bunndyrfaunaen i Fisma. Døgnfluer forekommer fåtallig, men tre følsomme døgnfluarter, *Caenis luctuosa*, *Baetes rhodani* og *B. muticus*, er påvist.

Kalkingen i den sørøstre delen av Østfold har resultert i reetablering av mange forsuringfølsomme arter samt i samfunnsendringer som er forårsaket av en bedret vannkvalitet. Undersøkelsen viser at reetableringen av forsuringfølsomme arter skjer raskere på det sentrale Østlandet enn i andre deler av landet der det også blir kalket. En viktig forklaring er kort avstand til refugier.

6 Litteratur

- Aagaard, K. & Dolmen, D. 1996. Limnofauna norvegica, Katalog over norsk ferskvannsfæuna. Tapir Forlag.
- Alenäs, I. 1986. Kalkningsprosjektet Härskogen 1976-86. - Swedish Environm. Res. Inst., B 846.
- Alenäs, I., Andersson, B.I. & Hultberg, H. 1991. Liming and reacidification reactions of a forest lake ecosystem, lake Lysevatten, in SW Sweden. - Water, Air, Soil and Pollut. 59: 55-77.
- Almer, B. 1972. Förurningens inverkan på fiskbestand i västkustsjöar. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 12: 1-47.
- Andersson, P. 1995. Liming strategies and effects: the Prästvallsbäcken Stream case study. - I Henrikson, L. & Brodin, Y.W., red. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis., Springer Verlag, Berlin. s. 375-381.
- Appelberg, M. 1995a. Liming strategies and effects: the Lake Gyslättsjön case study. - I Henrikson, L. & Brodin, Y.W., red. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis., Springer Verlag, Berlin. s. 353-362.
- Appelberg, M. 1995b. Liming strategies and effects: the Lake Stora Härsjön case study. - I Henrikson, L. & Brodin, Y.W., red. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis., Springer Verlag, Berlin, s. 337-351.
- Appelberg, M. & Aldén, V. 1992. Integrerad oppfølging av kalkingens effekter på sjöar og vattendrag - en treårsrapport. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1992) 4: 1-60.
- Appelberg, M., Ekström, C. & Hörnström, E. 1990. Stora Härsjön - ett exempel på integrerad oppfølging av kalkingens effekter. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1990) 1: 1-20.
- Abeidernes jeger og Fiskeforening, Halden 1995. Store Erte. Kultiveringsprosjekt. - Notat. 6 s.
- Arvola, L., Salonen, K., Bergström, I., Heinänen, A. & Ojala, A. 1986. Effects of experimental acidification on phyto-, bacterio- and zooplankton in enclosures of a highly humic lake. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 71: 737-758.
- Bergquist, B. 1980. Undersökning av bottenfaunaförekomst samt kvicksilverhalt i bottenfauna och sediment i sjön Ölen, Örebro län, 1976-1980. Före och etter kalkning. - Inst. Limnol., Uppsala Univ. 14 s.
- Borgström, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. & Solem, J.O. 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 17: 71.
- Eriksson, F., Hornström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1982. Ekologiska effekter av kalkning i försurade sjöar og vattendrag. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1982) 6: 1-96.
- Eriksson, F., Hornström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. - Hydrobiologia 101: 145-164.
- Fiskeristyrelsen Statens Naturvårdsverk 1981. Kalkning av sjöar og vattendrag. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1981) 4: 1-201.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1993. Changes in the mayfly community of Lake Hovvatn during the 12 years of liming. - I Guissani, G. & Callieri, C., red. Strategies for lake ecosystems beyond 2000. Proceedings, Stresa, s. 444-447.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. - Tierwelt Deutschl. 60: 1-501.
- Halvorsen, G. 1981. Hydrografi og evertebrater i Lyngdalsvassdraget i 1978 og 1980. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 26: 1-89.
- Halvorsen, G., Storeid, S.E., Sporsheim, P. & Walseng, B. 1994. Ferskvannsbioologiske undersøkelser av grytehullsjøene i Gardermo-området. - NINA Forskningsrapport 57: 1-42.
- Hasselrot, B., Andersson, B.I. & Hultberg, H. 1984. Ecosystem shifts and reintroduction of artic char (*Salvelinus salvelinus* (L.)) after liming of a strongly acidified lake in Southwestern Sweden. - Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm 61: 78-92.
- Henrikson, L. 1988. Effects on water quality and benthos of acid water inflow into the limed Lake Gårdsjön. - I Dickson, W., red. Liming of lake Gårdsjön - an acidified lake in SW Sweden., National Swedish Environmental Protection Board Report 3426. s. 309-327.
- Henrikson, L. & Brodin, Y.W. 1995. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis. - Springer Verlag, Berlin.
- Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüsser und Wasserflöhe). - Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 130 s.
- Huitfeldt-Kaas, H.H. 1918. Ferskvandfiskenes indvandring og utbredelse i Norge, med et tillæg om Krebsen. - Centraltrykkeriet, Kristiania.

Hultberg, H. & Andersson, I.B. 1982. Liming of acidified lakes: induced long-term changes. - *Water, Air, and Soil Pollut.* 18: 311-331.

Hörnström, E. & Ekström, C. 1986. Acidification and Liming Effects on Phytoplankton in Some Swedish West Coast Lakes. - Statens naturvårdsverk, Rapport 1864.

Hörnström, E., Ekström, C. & Andersson, P. 1992. 10 Mellansvenska sjöar, kalkningseffekter på plankton och vattenkemi. - Statens naturvårdsverk, Rapport 4048.

Johnson, R.K., Widerholm, T. & Rosenberg, D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. - I Rosenberg, D.M.R., red. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman & Hall, New York. s. 40-158.

Jørgensen, I. 1972. Forandringer i strukturen til planktoniske og litorale Crustacea-samfunn under gjengroing av humusvann i området Nordmarka og Krokskogen ved Oslo, korrelert med hydrografiske data. - Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi (upubl.), Univ. i Oslo. 83 s.

Kiefer, F. 1973. Ruderfusskrebse (Copepoden). - Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart, 99 s.

Kiefer, F. 1978. Freilebende Copepoda. - Elster, H. J. & Ohle, W., red. *Das Zooplankton der Binnengewässer* 26: 1-343.

Nilsson, A.N. & Johansson, A. 1985. En jämförelse av bottenfaunaen i några kalkade och okalkade vattendrag; med tonvikt på kalkningsmetodik. - *Information från Søtvattenslaboratoriet, Drottningholm* (1985) 11: 1-56.

Nyberg, P. 1984. Impact of Chaeborus predation on planktonic crustacean communities in some acidified and limed forest lakes in Sweden. - *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm* 61: 154-166.

Nyberg, P. 1995. Liming strategies and effects: the Lake Västra Skälsjön case study. - I Henrikson, L. & Brodin, Y.W., red. *Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis.*, Springer Verlag, Berlin. s. 327-338.

Nøst, T. 1982. Ferskvannsbiologiske og hydrografiske undersøkelser i Høylandsvassdraget. - *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport, Zool. Ser.* 1982-2: 1-59.

Petersen, R.C., Kullberg, A., Persson, U. & Fritzson, A. 1984. Fylleån - biologiska effekter ved kalkning av en försurad å. Slutrapport. - *Limnologiska Institutjonen, Lunds Universitet.* 49 s. + 51 bil.

Raddum, G. & Fjellheim, A. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in Western Norway. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1973-1980.

Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1994. Invertebrate community changes caused by reduced acidification. - I Steinberg, C.E.W. & Wright, R.F., red. *Acidification of freshwater ecosystems: Implications for the future*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester. s. 345-354.

Raddum, G.G., Hagenlund, G. & Halvorsen, G.A. 1984. Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. - *Rep. Inst. Freshwat. Rep., Drottningholm, Rapport* 61: 167-176.

Rylov, W.M. 1948. Freshwater Cyclopoida. *Fauna USSR, Crustacea* 3 (3). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1963, 314 s.

Sars, G.O. 1903. An account of the Crustacea of Norway. IV Copepoda, Calanoida. - *Bergen*, 171 s.

Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. VI Copepoda, Cyclopoida. - *Bergen*, 225 s.

Skinner, W.D. & Arnols, D.E. 1990. Short term response before and during the treatment of an acid mine drainage with sodium carbonate. - *Hydrobiol.* 199: 229-235.

Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. *Fauna USSR, Crustacea* 1 (2). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974, 644 s.

Spikkeland, I. 1983. Hydrografi og evertebratfauna i Sokndalsvassdraget. - *Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp.* 65: 1-79.

Vasshaug, J. & Vøllestad, A. 1990. Undersøkelser av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. - *Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdelingen, rapport 14/1990.* 84s.

Walseng, B. 1994. Verneplan I og II, Østfold - Krepssdyrundersøkelser. - *NINA Oppdragsmelding* 304: 1-26.

Walseng, B. in press. Occurrence of *Eucyclops* species in acid and limed water. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* in press.

Walseng, B. & Halvorsen, G. 1994. Rorevassdraget - effekt av kalking. *Krepssdyrundersøkelser.* - i *Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1992. DN-Notat* 1994-3, s. 116-131.

Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepssdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. - *NINA Oppdragsmelding* 335: 1-29.

Walseng, B., Raddum, G.G. & Kroglund, F. 1995. Kalking i Norge. *Invertebrater.* - *DN-utredning* 1995-6. 63 s.

Økland, J. 1990. Lakes and Snails: Environment and Gastropoda in 1500 Norwegian lakes, ponds and rivers. -

Universal Book Services/Dr. W. Backhuys, Oegstgeest, Nederland.

Økland, K.A. 1969. Localities with *Asellus aquaticus* (L.) and *Gammarus lacustris* G.O. Sars in Norway, and a revised system of faunistic regions. - SNSF-project, TN 49/79, Oslo-Ås, Norway.

Økland, K.A. 1980. Ecology and distribution of *Asellus aquaticus* (L.) in Norway, including relation to acidification in lakes. - SNFS-project, IR 52/80, Oslo-Ås, Norway.

Vedlegg 1

Vannkjemiske data for de undersøkte lokalitetene i Østfold.
Chemical data for the investigated lakes in Østfold county.

nr	navn			Farge mg/l Pt	ledn evne mS/m	pH	Alk. mmol/l	Fosf tot µg/l N	Nitr tot µg/l P	Ca mg/l	Al µg/l Al
1	Søre Boksjø	1994	sept.	27		6,50				3,7	
-	-	1995	jun.		4,26	6,13					
-	-	1995	sep.		4,71	6,03					
-	-	1996	jun.		6,07	6,78					
-	-	1996	sep.		6,02	6,81					
2	Nordre Boksjø	1994	sept.	26		6,60				3,8	
-	-	1995	jun.		4,31	6,22					
-	-	1995	sep.		4,49	6,21					
-	-	1996	jun.		4,36	5,95					
-	-	1996	sep.		4,61	6,13					
3	Store Erte	1994	mai	24		5,60	0,06			1,7	
-	-	1994	sept.	15	5,30	6,20	0,06	7,3	345	2,3	169
-	-	1995	jun.		4,73	5,70					
-	-	1995	sep.		4,90	5,99					
-	-	1996	jun.		4,94	5,46					
-	-	1996	sep.		5,80	6,70					
4	Krokvatn	1994	sept.	26		5,30	0,04	7,3	300	1,5	245
-	-	1994	nov.	58		6,20	0,11			3,3	
-	-	1995	jun.		5,55	6,70					
-	-	1995	sep.		3,84	6,13					
-	-	1996	jun.		4,38	6,34					
-	-	1996	sep.		5,38	6,88					
5	Rødvatn	1994	sept.	21		4,80	0,02	6,2	400	0,8	281
-	-	1994	nov.	52		6,80	0,23			5,6	
-	-	1995	jun.		3,95	6,22					
-	-	1995	sep.		4,07	6,06					
-	-	1996	jun.		4,04	5,94					
-	-	1996	sep.		4,07	6,13					
6	Steinsvatn	1996	sep.		3,92	4,65					
Elv 1	mellom N. og S. Boksjø	1994	sept.	26		6,50				3,8	
Elv 2	Fisma	1994	sept.	73		6,20				4,2	
-	-	1995	jun.		3,84	5,21					
-	-	1995	sep.		6,32	4,42					
-	-	1996	jun.		6,78	6,07					
-	-	1996	sep.		5,44	6,29					

Vedlegg 2

<i>Planktonets sammensetning i Søre og Nordre Boksjø og i Store Erte</i>									
<i>The composition (in %) of the plankton community in Lakes Søre and Nordre Boksjø.</i>									
Lokalitet	S. Boks	S. Boks	S. Boks	N. Boks	N. Boks	N. Boks	S Erte	S Erte	S Erte
dato	1995	1996	1996	1995	1996	1996	1995	1996	1996
måned	sep	jun	sep	sep	jun	sep	sep	jun	sep
Cladocera									
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)T	0,8	1,4	6,8			0,7		0,4	
Limnospida frontosa Sars	0,1		10,0	+		0,5			
Sida crystallina (O.F.M.)				+					
Holopedium gibberum Zaddach		0,7		2,5	3,7	23,6	38,6	19,9	8,6
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)					1,1		0,6	2,3	
Daphnia galeata Sars	9,3	4,3	11,1						0,3
Daphnia longispina (O.F.M.)									
Bosmina longirostris (O.F.M.)			2,1						
Bosmina longispina Leydig	14,6	11,5	1,8	1,7	2,3		1,2	58,6	4,6
Polyphemus pediculus (Leuck.)	+		0,4	+			0,2		
Bythotrephes longimanus Leydig T	+	+	0,4	+	0,4	0,2			
Leptodora kindti (Focke)						+			
Copepoda									
Eudiaptomus gracilis Sars	5,4	5,7	5,0	1,4	25,0	20,4	5,3	10,7	37,0
Heterocope appendiculata Sars									3,6
Heterocope saliens (Lillj.)									
cal naup	5,4	1,4	1,8		2,2	25,0	6,8	1,9	34,7
Cyclops scutifer Sars	8,5	73,5	51,1	0,5	59,7	4,3	0,4	5,7	
Thermocyclops oithonoides (Sars)									7,3
cycl naup	55,9	1,4	9,6	93,9	5,6	25,2	47,0	0,4	4,0
cycl cop (I-III)									
Antall dyr i prøven	2613	3491	1401	6073	1341	2201	511	6525	758
Ant ind pr m2	36843	49216	19747	85629	18901	31027	7205	92003	10681
trekkl.	10	10	11	6	12	12	7	7	6
Ant ind pr m3	3684	4922	1795	14272	1575	2586	1029	13143	1780

Vedlegg 3

<i>Artssammensetningen til døgnfluer i Søre og Nordre Boksjø.</i> <i>Species composition of mayflies in Lake Søre Boksjø and Lake Nordre Boksjø</i>										
stasjon nr	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
lokalitet	S. Boksj	S. Boksj	S. Boksj	S. Boksj	S. Boksj	N.Boksj	N.Boksj	N.Boksj	N.Boksj	N.Boksj
måned	sep	jun	sep	jun	sep	sep	jun	sep	jun	sep
år	1994	1995	1995	1996	1996	1994	1995	1995	1996	1996
Centroptilium luteolum Müll									1	
Cloeon dipterum L.		2	1		3		1		2	2
Cloeon simile Etn.	4			1						
Heptagenia fuscogrisea Retz	32		17		15	3		10		12
Caenis luctuosa Burm.	2	20	396		169	1	8	34	39	353
Leptophlebia marginata L.	207					448				3
Leptophlebia vespertina L.			25	9	37			60	1	26
tot. ant. ind.	245	22	439	10	224	452	9	104	43	396
tot. ant. arter	4	2	4	2	4	3	2	3	4	5

Vedlegg 4

<i>Artssammensetningen til steinfluer.</i> <i>Species composition of Plecoptera.</i>													
stasjon nr	1	1	2	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 2	E 2	E 2	E 2	E 2
lokalitet	S. Boksj	S. Boksj	N.Boksj	Bok e	Bok e	Bok e	Bok e	Bok e	Fisma	Fisma	Fisma	Fisma	Fisma
måned	sep	sep	sep	sep	jun	sep	jun	sep	sep	jun	sep	jun	sep
år	1994	1995	1994	1994	1995	1995	1996	1996	1994	1995	1995	1996	1996
Brachyptera risi Morton												5	
Amphinemura borealis Morton							1						
Amphinemura sulcicollis Steph.								1			2	11	
Amphinemura sp											10	1	
Nemoura avicularis Morton						3		2	6		3		5
Nemoura borealis Morton	14			327	11		2				3		
Nemoura sp.		1	24				1		160		6		1
Protonemura meyeri Pictet											8		
Leuctra fusca L.					7		5			56		61	170
Leuctra hippopus Kmp.											537		1
Leuctra sp.									20	6			
indet						2							
tot and ind	14	1	24	327	18	5	9	3	186	62	574	73	177
tot ant arter	1	1	1	1	2	2	4	2	2	1	6	3	4

Vedlegg 5

<i>Artssammensetningen til vårfluer.</i> <i>Species composition of Trichoptera.</i>												
stasjon nr	1	1	1	2	3	3	4	4	E 1	E 1	E2	E2
lokalitet	Boksj	S. Boksj	S.Boksj	NBoksj	S.Erte	S.Erte	Krokv.	Krokv.	Bok e	Bok e	Fisma	Fisma
måned		juni	sep	sep	juni	sep	juni	sep	jun	sep	jun	sep
år	1973	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996
Rhyacophila nubila Zett.	x								8	5	147	17
Oxyethira sp.		2	24									
Hydropsyche siltalai Döhler										1		
Polycentropidae			4					12	2	32	12	51
Neureclipsis bimaculata L.	x		1						78	109		
Plectrocnemia conspersa Curtis	x										1	2
Polycentropus flavomaculatus Pictet	x		9	1				1	48	4	3	95
Polycentropus irroratus Curtis								3				
Holocentropus dubius Rbr.			2		1						1	
Cymus flavidus McL.	x	1				1	4	7		2		
Cymus trimaculatus Curtis		1	14	34								
Ecnomus tenellus Ramb.							2	2				
Agrypnia sp			1			29		2				
Agrypnia obsoleta Hagen	x											
Limnephilidae				1				3		3	2	13
Limnephilus griseus L.		3										
Limnephilus marmoratus Curtis								2				
Halesus sp.									3		7	
Mystacides azurea L.		2				1						
Mystacides longicornis L.							3	33				
Athripsodes cinereus Curtis			2	4							1	
Mystacides sp			11	9								
Triaenodes bicolor Curtis		1			4	3	4		1			
Molanna angustata Curtis		2		5								
Molannodes tinctus Zett.												
Totalt antall individer		12	68	54	5	34	13	65	140	158	172	178
Antall arter	6	7	9	6	2	4	4	9	6	9	6	5

Vedlegg 6

Artssammensetningen til døgnfluer i Store Erte, Krokvatnet, E1 og E2.

Species composition of mayflies in Lake Store Erte, Lake Krokvatnet an at E1 and E2.

stasjon nr	3	3	3	3	4	4	4	E 1	E 1	E 1	E 1	E2	E2	E2	E2
lokalitet	S Erte	S Erte	S Erte	S Erte	Krokv	Krokv	Krokv	Bok.e	Bok.e	Bok.e	Bok.e	Fisma	Fisma	Fisma	Fisma
måned	jun	sep	jun	sep	sep	jun	sep	sep	sep	jun	sep	jun	sep	jun	sep
år	1995	1995	1996	1996	1995	1996	1996	1994	1995	1996	1996	1995	1995	1996	1996
Siphonorus alternatus Say							2								
Baetis muticus L.															11
Baetis rhodani Pict.									4			15	1		1
Arthropea congener	1														
Heptagenia fuscogrisea Retz		2		4											
Caenis luctuosa Burm.								1	92	4	43		1		
Leptophlebia marginata L.								21			16				6
Leptophlebia vespertina L.	23	557	30	173	833		149		13				7		3
tot. ant. ind.	24	559	30	177	5	2	149	22	109	4	74	1	8	1	20
tot. ant. arter	2	2	1	2	1	1	1	2	3	1	3	1	2	1	3

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0834-2

490

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
N-7005 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefaks: 73 91 54 33

NINA
Boks 736 Sentrum
N-0105 Oslo
Telefon: 22 94 03 00
Telefaks: 22 94 03 01

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**