

Overvåkning av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsområdet i forbindelse med vassdragskalking

Samlerapport for undersøkelsene i 1995, 1996 og 1997

DN- notat 1999-2



Refereres som:

Bækken, T., Kjellberg, G. og Linløkken A. (1999):

Overvåking av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsområdet i forbindelse med vassdragskalking. Samlerapport for undersøkelsene i 1995, 1996 og 1997.

DN-notat 1999-2.

Overvåkning av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsområdet i forbindelse med vassdragskalking

Samlerapport for undersøkelsene i 1995, 1996 og 1997

av

Torleif Bækken¹⁾, Gøsta Kjellberg²⁾ og Arne Linløkken³⁾

DN-notat 1999-2

1) NIVA Hovedkontor, Postboks 173, Kjelsås 0411, Oslo

2) NIVA Østlandsavdelingen, Rute 866, 2312 Ottestad

3) Høgskolen i Hedmark, Aveling for landbruks- og naturfag, 2323 Ridabu.

TRONDHEIM

Direktoratet for naturforvaltning
7485 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00 - Telefaks: 73 58 05 01

DN-notat

Nr. 1999 - 2

Tittel: Overvåking av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsorådet i forbindelse med vassdragskalking. Samlerapport for undersøkelsene i 1995, 1996 og 1997.		
Forfattere: Torleif Bækken, NIVA, Gøsta Kjellberg, NIVA og Arne Linløkken, Høgskolen i Hedmark		
Antall sider: 55 + vedlegg	ISSN 0802-1546 ISBN 82-7072-317-7 TE 819	Dato: April 1999
Emneord: Forsuring Kalking Biologisk mangfold Bunndyrfauna		Keywords: Acidification Liming Biological diversity Macroinvertebrates
Ekstrakt: <p>Kalkingen har gitt tilfredsstillende vannkvalitet, dvs. økt pH og alkalinitet, økte konsentrasjoner av kalsium og minket konsentrasjon av aluminiumforbindelser ved lav- og normalvannføring. Bunnfaunaen indikerte likevel fortsatt forsuringpåvirkning i flere av de kalkede vassdragene. Innsjøkalking greier sannsynligvis ikke å avsyre smeltevannet i vårløsningen fullt ut, slik at pH – dropp med skadelig virkning på faunaen kan forekomme. Hvis effekten av surstøtene i forbindelse med vårfloppen skal reduseres må kalken sannsynligvis tilføres med kalkdoserer eller ved markkalking.</p>		
Abstract: <p>Liming has given satisfactory water quality of the river systems, that means increased pH and alkalinity, increased concentration of calcium, and reduction of aluminium, at low and medium flow. Nevertheless, the benthic fauna still indicates impact of acidification in several limed river systems, by absence of species sensitive to acidification. Liming of lakes, which is normally done once a year (late summer or autumn) is probably not sufficient to neutralize the runoff during snowmelt in spring, and pH-drops may occur, causing injury to the aquatic fauna. The pH-drops during spring may probably be avoided by adding the lime stone powder continually by dosers, or by liming the ground within the catchment.</p>		

Forord

Forsuring av vann og vassdrag er et miljøproblem som har rammet Norge og Sverige særlig hardt og er i begge land et av de alvorligste miljøproblemene. Kalking av noe omfang som tiltak mot forsuring blir også gjennomført bare i Norge og Sverige. I grenseområdene mellom de to land er det mange forsurrede vassdrag som krysser grensa. Det har derfor i mange år vært et samarbeid over grensa for å samordne kalkingsaktiviteten slik at tiltak i ett land også får best mulig effekt i det andre. Denne rapporten presenterer resultat fra tre års biologiske undersøkelser i den norske delen av de kalka grensevassdragene mellom Norge og Sverige. Resultater fra undersøkelser på svensk side er rapportert i svenske rapporter.

Trondheim, april 1999

Yngve Svarte
avdelingsdirektør

Prosjektleders forord

I Hedmark, Akershus og Østfold pågår det for tiden kalking i 750 ulike lokaliteter, blant annet i samarbeide med svensk forvaltning, i de grensekryssende vassdragene. I disse vassdragene kalt "grensevassdragene", har kalking foregått i mer enn 10 år, og det kalkes årlig for 3,5 - 4 millioner kroner. Omlag en tredjedel av dette finansieres for tiden fra norsk side.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Fylkesmannen i Hedmark, Akershus og Østfold, miljøvernavdelingene følger opp enkelte kalkingslokaliteter for å vurdere effekter av den pågående kalkingen. Et viktig spørsmål er om det kalkes økonomisk og økologisk optimalt. Den beste informasjonen om forursuringsskader og om oppsatte miljømål ved kalking blir nådd får en ved en kombinasjon av kjemiske og biologiske undersøkelser.

Denne rapporten er en samlerapport som presenterer resultatene fra de undersøkelser som ble utført i de kalkede "grensevassdragene" i perioden 1995 -97. Undersøkelsesopplegget er basert på programforslag av 26.10.1995. Prosjektet ble kontraktfestet 28.11.1995. I alt er det tatt prøver fra 26 enkeltlokaliteter (11 i Hedmark, 1 i Akershus og 3 i Østfold).

Arne Linløkken ved Høgskolen i Hedmark har vært ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet. Steinar Sandøy har vært kontaktperson for DN og Tore Qvenild kontaktperson for Fylkesmannen i Hedmark. Feltarbeidet er utført av Arne Linløkken og Gösta Kjellberg (NIVA). Torleif Bækken (NIVA) og Gösta Kjellberg (NIVA) har bearbeidet og vurdert bunndyrmaterialet. Resultater fra Sverige er innhentet fra Anders Walldorf, Länsstyrelsen i Värmlands län, miljøenheten og fra Eda kommune, Miljø- og Hälsoskyddsnämnden (v/ Kjell Karlson og Mats Rydström). Videre har Medins Sjø- og Åbiologi AB (v/Irene Sundberg), som er ansvarlige for bunndyrundersøkelsene på svensk side, bidratt med verdifulle råd og kommentarer. Rapportering er utført av T. Bækken, G. Kjellberg og A. Linløkken.

Prosjektlederen vil takke alle for et godt samarbeid.

Blæstad, mars 1999.

Arne Linløkken

Innhold

	Side
Sammendrag	11
1. Innledning	14
1.1. Problemanalyse	14
1.2. Kalking av grensekryssende vassdrag i østlandsområdet	15
1.3. Formål	17
2. Materiale og metoder	17
2.1. Naturgrunnlaget	17
2.2. Prøvetaking	20
2.3. Analyser	20
3. Resultater og vurdering av de enkelte vassdrag	24
3.0. Trysilelva, Hedmark	24
3.0.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	24
3.0.2. Bunndyr	24
3.0.3. Konklusjon	24
3.1. Varåa Hedmark	24
3.1.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	24
3.1.2. Bunndyr	26
3.1.3. Konklusjon	26
3.2. Høljåa, Hedmark	27
3.2.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	27
3.2.2. Bunndyr	27
3.2.3. Konklusjon	27
3.3. Halåa og Midtskogsåa, Hedmark	29
3.3.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	29
3.3.2. Bunndyr	29
3.3.3. Konklusjon	31
3.4. Røgdenvassdraget, Hedmark	31
3.4.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	31
3.4.2. Bunndyr	33
3.4.3. Konklusjon	34
3.5. Rotna, Hedmark	35
3.5.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	35
3.5.2. Bunndyr	35
3.5.3. Konklusjon	37

	Side
3.6. Brøbølvassdraget, Hedmark	37
3.6.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	37
3.6.2. Bunndyr	39
3.6.3. Konklusjon	40
3.7. Billa, Hedmark	41
3.7.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi	41
3.7.2. Bunndyr	41
3.7.3. Konklusjon	41
3.8. Veksna, Vrangselva og Holmsjøen, Hedmark.....	43
3.8.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet	43
3.8.2. Bunndyr	43
3.8.3. Konklusjon	44
3.9. Mangenvassdraget, Akershus	45
3.9.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet	45
3.9.2. Bunndyr	45
3.9.3. Konklusjon	47
3.10. Røvatn, Ertevatn og Rømsjøen, Østfold	47
3.10.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet	47
3.10.2. Bunndyr	49
3.10.3. Konklusjon	50
4. Om rødlistearter	50
5. Konklusjon	50
6. Litteratur	52
Vedlegg I - VII	i - xix

Sammendrag

De fleste av de grensekryssende vassdragene (kalt "grensevassdragene") i østlands-området (Hedmark, Akershus og Østfold) drenerer områder med en berggrunn som gir vann med liten bufferevne. Videre er avrenningen mange steder naturlig sur på grunn av store myr- og barskogområder i nedbørfeltet. Ved dagens tilførsel av sur nedbør er tålegrensen såvidt overskredet i store deler av dette området, og de fleste vassdrag er mer eller mindre forsuringspåvirket med tap av naturgitt biologisk mangfold. For å redusere skadeeffektene har kalking foregått i 15 år, og har økt i omfang for hvert år i perioden 1982 - 1996. De fleste større grensekryssende vassdrag blir nå kalket. Enkelte vassdrag med relativt dyre prosjekter hvor fiskeinteressene ikke har vært så store, ligger fortsatt ukalket. Det meste av kalkingen skjer i regi av den norsk-svenske kalkingskomiteen som ble opprettet i 1987.

Viktige miljømål fra norsk side er å bedre vannkvaliteten i forsurede lokaliteter slik at naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne i stor grad skal opprettholdes. Spesielt viktig vil det i østlandsområdet være å ta vare på (bevare og reetablere) eventuelle lokaltilpassede forsuringstruede rødlistearter, krepsebestander og bestander av fisk som ørret, harr og røye. Det er også et viktig mål å bedre forholdene generelt for fritidsfiske i de forsurede områdene dvs. at også produksjonspotensialet for fisk som gjedde, abbor, lake og sik opprettholdes.

Kjemiske miljømål er å holde $\text{pH} > 6.0$. Fylkesmannens miljøvern avdeling i Hedmark angir i kultiveringsplan for Hedmark følgende ønsker om minstekrav:

- $\text{pH} > 5.5$
- Kalsium så høyt som mulig, helst over 2 mg/l
- Alkalitet over 0.05 mekv/l
- Innholdet av labilt aluminium helst lavere enn 20 $\mu\text{g/l}$

På svensk side er hovedmålet å bedre vannkvaliteten i forsurede lokaliteter slik at naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne mest mulig kan opprettholdes. I "grense-vassdragene" er den biologiske hovedmålsetningen med kalkingen at 1.) bunnfaunaen skal være upåvirket av forsuring og 2.) ørretstammer skal kunne reproducere årlig. Kjemisk miljømål er at alkaliteten aldri skal være lavere enn 0,05 mekv/l. Videre foreligger mer spesifikke og lokaltilpassete biologiske målsetninger som er utarbeidet for de ulike delavrennings-områder. Her kan vi nevne bevaring av bunnfauna med skjeldne og/eller rødlistearter, istidsrelikter, kreps, elveperlemusling og røye.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Fylkesmennenes miljøvern avdelinger i Hedmark, Akershus og Østfold følger opp enkelte kalkingslokaliteter for å vurdere effekter av den pågående kalkingen. Et viktig spørsmål er om det kalkes økonomisk og økologisk optimalt.

Hensikten med prosjekt "Overvåkning av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsområdet i forbindelse med kalking", er å drive en kontinuerlig overvåking av de kalkede "grensevassdragene" samt i enkelte ukalkede referanselokaliteter på norsk side av grensen. På den måten kan en registrere og dokumentere om oppsatte miljømål på norsk, og til dels på svensk side, blir oppnådd. Det er viktig å kunne synliggjøre og tallfeste de langsiktige virkningene av kalkingen også om kalkingen fører med seg uønskede virkninger/skader. På referansestasjonene kan det registreres om og hvor raskt de biologiske forholdene vil kunne bedres som resultat av de utslippsreduksjoner av svovel som har skjedd i de seinere år, og som det har blitt internasjonal enighet om.

Her presenteres resultatene fra de undersøkelser som ble utført i perioden 1995 til 1997. Prosjektet omfatter 26 prøvetakingsstasjoner i 15 grensekryssende vassdrag. Lokaliteter ligger 115 - 300 meter

over havet i humuspåvirkede skogsvassdrag. Samtlige stasjoner ligger i strykparter med bunnsubstrat dominert av grus og småstein med forekomst av vannmose.

Klassifiseringssystem tilpasset området

Det er utarbeidet et klassifiseringssystem for bunndyr tilpasset humusrike elver og bekker i østlandsområdet (fargetall > 40 mg Pt/l). Systemet er som følger:

Bunndyr deles inn i følgende fire hovedgrupper:

- **Meget forsuringfølsomme arter** (blå markering), som kan overleve kortvarige pH-senkninger ("surstøt"), men overlever ikke lengre tids eksponering med pH < 5,5.
- **Moderat forsuringfølsomme arter** (grønn markering) som ikke overlever lengre tid med pH < 5,0
- **Litt forsuringfølsomme arter** (gul markering) som ikke overlever pH < 4,5 over lengre tid.
- **Forsuringstolerante arter** (rød markering) som kan overleve lengre perioder med pH < 4,5.

Videre har vi benyttet følgende fire surhetsklasser ved klassifisering av lokalitetene:

- Klasse I (blå markering). **Ikke surt eller svakt surt miljø** med innslag av meget forsuringfølsomme arter som ikke tåler pH < 5,5.
- Klasse II (grønn markering). **Moderat surt miljø** der meget forsuringfølsomme arter mangler, men med innslag av moderat forsuringfølsomme arter som tåler pH ned til 5,0.
- Klasse III (gul markering). **Markert surt miljø** der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes, men med innslag av litt forsuringfølsomme arter som tåler pH ned til 4,5.
- Klasse IV (rød markering). **Sterkt surt miljø** med bare forsuringstolerante arter som tåler pH < 4,5.

Ved bestemmelse/bedømmelse av påvirkningsgrad/forsurningsgrad har vi benyttet følgende vurderingsnorm basert på fire skadekategorier som benyttes av SFT (gjelder ordlyden):

- Kvit markering = **Ikke eller lite forsuringpåvirket**, dvs. at lokaliteten har et bunndyrsamfunn i overensstemmelse med naturgitt pH-nivå.
- Lysorange markering = **Moderat forsuringpåvirket**, dvs. at lokaliteten har et bunndyrsamfunn som avviker noe fra forventet naturtilstand med hensyn på pH-nivå.
- Orange markering = **Markert forsuringpåvirket**, dvs. at lokaliteten er markert forsuret og har et bunndyrsamfunn som klart avviker fra forventet naturtilstand med hensyn til pH-nivå.
- Rødorange markering = **Sterkt forsuringpåvirket**, dvs. at lokaliteten er sterkt forsuret og at det er markert og stort avvik fra forventet naturtilstand med hensyn til pH-nivå.

Da enkelte prøvetakingslokaliteter ligger i eller nær innsjøutløp, har vi også tatt med noen innsjølevende arter som vanligvis påtreffes i slike lokaliteter.

Forsuringssituasjonen i de enkelte vassdrag

- Naturgitt bunnsfauna i de undersøkte hovedvassdragene på norsk side nord for Brøbølvassdraget (unntatt Trysilelva og Røgdenvassdraget) har sannsynligvis tilsvart bunndyrsamfunn som vi finner i svakt sure til moderat sure miljø (surhetsklasse 1-2), mens Trysilelva, Røgdenvassdraget, Brøbølvassdraget og vassdragene lengre sør (de s.k. krepsevassdragene) har/har hatt en naturgitt bunnsfauna i samsvar med ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1).
- Buffersvake, ukalkede referansevassdrag var mer eller mindre forsuringpåvirkede, med tap av forventet naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne. Halåa (utløp Halsjøen) og Børjåa i

Vrangselvassdraget var markert forsuringspåvirkede, mens Eskildsåa i Varåvassdraget, Svartbekken som renner til Halsjøen, innløpsbekken til Breisjøen i Røgdenvassdraget, Veksna (utløp Nessjøen) og Holmsjøvassdraget (utløp Holmsjøen) var moderat forsuringspåvirket. Minst påvirket var utløpsbekken fra Nessjøen i Veksnavassdraget. **Sannsynligvis er det surstøter ved høy vannføring, særlig i forbindelse med snøsmeltingen som gir skadeeffekter.**

- Trysilelva ved grensepassering var ikke eller lite forsuringspåvirket.

Resultat av kalking

- Kalkingen har gitt forventete resultater. Ved lav- og normalvannføring oppnås miljømål med hensyn til vannkvalitet, (dvs. økt pH og alkalitet, økte konsentrasjoner av kalsium og minket konsentrasjon av aluminiumforbindelser). Bunnfaunaen indikerte likevel fortsatt forsuringspåvirkning i flere av de kalkede vassdragene. De biologiske målene er ikke alltid nådd. Innsjøkalking greier sannsynligvis ikke å avsyre smeltevannet i vårløsningen fullt ut, slik at pH - dropp med skadelig virkning på faunaen kan forekomme. Situasjonen er som følger:
 - Innløpselva til Øyersjøene og Vikerelva i Brøbølvassdraget hadde en bunnfauna som indikerte sterkt surt miljø og kunne fortsatt betegnes som markert forsuringspåvirket. Dette er imidlertid de lokalitetene hvor kalkingen ble startet senest.
 - Varåa, Høljåa, Midtskogsåa, øvre deler av Røgdenvassdraget, øvre deler av Rotna, Varaldsjøen/Møkeren, Vrangselva og Ivarsbyälven bedømmes fortsatt utifra bunndyrforekomsten som moderat forsuringspåvirket.
 - Rotna ved riksgrensa, Billa, Mangenvassdraget (utløp Øysjøen), utløpsbekken fra Ertevatn som renner til Ivarsbyälven og Oselva bedømmes utifra bunndyrforekomsten som ikke eller lite forsuringspåvirket og har trolig nå nær naturgitt fauna.
- Hvis effekten av surstøtene i forbindelse med vårfloppen skal reduseres må kalken tilføres på en annen måte enn bare ved innsjøkalking; med kalkdoserer eller markkalking. Begge metodene er kostbare og markkalking er dessuten kontroversiell fordi den kan ha negativ innvirkning på terrestrisk vegetasjon, spesielt på sphangnummoser.
- Kalkingen har ikke bidratt til dokumenterbare negative eller uønskede effekter på de lokaliteter som er undersøkt.

1. Innledning

1.1. Problemanalyse

Forsuringsskader er beskrevet fra Skandinavia, Finland, Danmark, Storbritania, Tyskland, Russland, USA og Canada (Espelien et al. 1995, Friberg et al. 1998). Forsuring ved sur nedbør er den menneskelige påvirkningsfaktor som til dags dato har ødelagt mest av det biologiske mangfoldet i ferskvann i Norge. Ca. 1/3 av Norges totale landareal er for tiden alvorlig påvirket, det gjelder også betydelige arealer i østlandsområdet (Overrein et al. 1980, Berger et al. 1992, Rognerud 1992, Espelien et al. 1995). Flertallet av de vassdragene i østlandsområdet som krysser riksgrensen mot Sverige er næringsfattige, og antas å ha vært naturlig moderat til svakt sure og sårbare for forsuring. De har nedbørfelter som i hovedsak består av kalkfattig (baseionfattig) og tungt forvitrelig berggrunn samt at vegetasjonen domineres av myr og barskog. Dette gjelder særlig de nordlige vassdragene. Her har en registrert forsuringsskader på fisk på 1970-tallet ved at ørretbestander ble redusert, sannsynligvis som følge av rekrutteringsproblemer. Det samme gjaldt en del røyebestander i høyereliggende områder i Femundsmarka (Sevaldrud & Muniz 1980, Drabløs & Sevaldrud 1980). I lavereliggende vann har forsuringseffekten vist seg ved at mortebestander har blitt redusert i antall eller dødd ut (Per Arne Seeland pers. med.). Mest påtagelig synes skadeomfanget likevel å ha vært i perioden fra midten av 1970-tallet til begynnelsen av 1980-åra da også kreps, ørret og harr minket i antall eller ble borte fra enkelte større vassdrag (Berger et al. 1992, Hesthagen et al. 1993, Taugbøl 1994). I det undersøkte området finnes enkelte lokaliteter med mer kalkrik berggrunn, og i den sørlige delen finnes mer basekationrike løsmasser i områder med marine avsetninger. Disse områder utgjør viktige refugier for forsuringfølsomme arter og bidrar til at reetableringsmulighetene generelt sett, etter vellykket kalking, er gode i østlandsområdet (Walseng og Karlsen 1997).

Forsuringen påvirker både flora og fauna og forsuringfølsomme arter forsvinner eller minker i antall (Økland og Økland 1986, Engblom og Lingdell 1987, Raddum et al. 1988, Bækken og Aanes 1990, Fjellheim og Raddum 1990 og Bergquist et al. 1992, Henrikson og Brodin 1995). Dette er særlig markert ved lengre perioder med $\text{pH} < 5,5$ (Raddum og Fjellheim 1984, Andersen et al. 1997). Da skjer det biologiske forandringer ved at meget forsuringfølsomme arter blir borte og reproduksjonsmulighetene for visse fiskearter blir redusert. Det skjer mer drastiske forandringer og direkte tap av biologisk mangfold og produksjonsevne (Henrikson og Brodin 1995). Lav pH alene eller i kombinasjon med høye konsentrasjoner av enkelte aluminiumforbindelser, er trolig hovedårsaken til at et flertall planter og dyr minker i antall eller dør ut i forsurede vassdrag (Dickson 1978, Raddum og Skjelkvåle 1995). Lave pH-verdier øker mange metallers løselighet og giftighet. Høye konsentrasjoner av tungmetaller, jern og mangan kan derfor også ha betydning (Anderson og Nyberg 1984, Borg 1988). Lavest forekommende pH bestemmer derfor som regel skadeomfanget, og er derfor styrende. Redusert tilgang på kalsium og karbonat kan også ha negativ betydning for visse planter og dyr (Økland and Økland 1986). I humusrike vassdrag øker som regel toleransegrensen og en sannsynlig årsak til dette er at særlig aluminium, men også jern, mangan og tungmetaller bindes til humus og således gir mindre gifteffekt (Andersson og Andersson 1984, Hargeby og Petersen 1988, Bækken og Aanes 1990 og Bergquist et al. 1992). Størst skadeeffekt ved forsuring er derfor registrert i klare og næringsfattige vann (Lien et al. 1992, Henrikson og Brodin 1995).

Videre bidrar endringer i predasjonstrykk, som følge av at fiskebestanden dør ut ved en forsuring, til at enkelte forsuringstolerante bunndyrarter/-grupper kan få markert økt forekomst (Stenson et al. 1993). Som eksempel kan nevnes svevemygg (*Chaoborus*), vannkalver (*Dytiscidae*), buksvømmere (*Corixidae*) og vannymfer (*Zygoptera*). Endret konkurranse mellom ulike bunndyrgrupper kan også ha betydning og bidra til forandringer i bunndyrsamfunnet (Henrikson og Brodin 1995).

Den eneste metode for å opprettholde nær naturgitt biologi i forsuring-påvirkede vassdrag, er kalking. Norge og Sverige er de eneste land som i stor skala kalker sine forsurede eller forsuringstruede vassdrag. I 1998 ble det i Norge bevilget kr. 100 millioner kroner til kalking og overvåking over

statsbudsjettet. For tiden kalkes ca. 12 % av det forsurede arealet i Norge (Espelien et al. 1995). I Hedmark, Akershus og Østfold kalkes nå ca. 750 lokaliteter og ca. 80 av disse kalkes i samarbeid med svenske myndigheter. Tidligere var hovedmålet for den statlige kalkingsvirksomheten å bevare eller reetablere verdifulle fiskebestander og da særlig forsuringstrua laks- og sjøørretbestander. Det overordnede målet er nå å bevare det biologiske mangfold, og en ønsker mest mulig å kunne tilbakeføre økosystemet til sin naturlige tilstand. Det blir derfor lagt mye vekt på at pH-nivå etter kalking ikke skal overstige den naturgitte pH i lokaliteten. Dette gjøres for ikke å skape nye og mer kalkrike lokaliteter som medfører introduksjon av "nye" arter.

En rekke undersøkelser i Skandinavia og Nordamerika viser at kalking av forsuringsskadede vassdrag fører til ønsket biologisk effekt som reetablering av arter, til høyere biologisk mangfold og på sikt til et naturlig fungerende plante og dyreliv (Hultberg og Andersen 1982, Erikson et al. 1983, Hasselrot et al. 1984, Raddum et al. 1984, Henrikson 1988, Weatherley 1988, Gunn & Keller 1990, Olem 1991, Keller et al. 1990, Espelien et al. 1995, Henrikson og Brodin 1995, Henrikson et al. 1995). I kalkede vann skjer en gradvis tilbakevending av arter. Reetableringen kan fortsette mer en ett tiår etter den første kalkingen (Sheldon 1984, Henrikson and Brodin 1994). Nærheten til potensielle kolonisorer har her en avgjørende betydning. Drift og innvandring fra mindre påvirkede sidevassdrag (refugier) vil ha stor betydning for både flora og fauna, mens en ren oppstrømsvandring som regel har begrenset betydning unntatt for fisk. Innvandring via luft med voksne, flygende insekter er viktigst for enkelte bunndyrarter, mens bunndyr som lever hele sitt liv i vann som fåbørstemark, igler, muslinger, snegler og krepsdyr har lavt rekoloniseringspotensiale i områder som savner refugier (Laddle et al. 1980, Sheldon 1984, Malmqvist et al. 1991, Bergqvist et al. 1992). Passiv spredning av flora og fauna med fugl og fisk kan også forekomme (Bergqvist et al. 1992). Arter som ikke kan komme tilbake på naturlig måte må gjenintroduceres. Best resultat av en kalking får en derfor når en starter kalkingen før skadeeffektene er blitt for store.

Negative og ikke ønskede effekter av direktekalking er også påvist, og her kan vi nevne økt og ikke ønsket vekst av vannplanter som tusenblad og krypsiv (Roelofs et al. 1994, Hobæk et al. 1996) og forekomst av giftige blandingssoner når kalket og ukalket surt vann blir blandet ved samtløp (Rosseland and Hindar 1991, Rosseland et al. 1992). En har nå fått forståelse for at en trenger mer helhetlige undersøkelser av økosystemenes biologiske struktur og funksjon i kalkede vassdrag over lang tid for å få kunnskap om effektene av ulike former for kalking.

1.2. Kalking av grensekryssende vassdrag i østlandsområdet

I "grensevassdragene" i østlandsområdet (Hedmark, Akershus og Østfold) har kalking foregått i 15 år, og har økt i omfang for hvert år i perioden 1982 - 1996. Kalkingen skjer i regi av den norsk-svenske kalkingskomiteen som ble opprettet i 1987. De fleste større grensekryssende vassdrag blir nå kalket, og bare enkelte vassdrag med relativt dyre prosjekter hvor fiskeinteressene ikke har vært så store, ligger fortsatt ukalket. Kalkingen skjer som direktekalking og i hovedsak som innsjøkalking. For tiden kalkes det i ca. 80 innsjøer. I enkelte vassdrag er det også etablert kalkdoserere (Hølja, Rotna og Mangenvassdraget). Totalt trengs det 4150 tonn kalk i gjennomsnitt pr. år til disse prosjektene. Det varierer noe fra år til år fordi det er enkelte lokaliteter som ikke kalkes hvert år. Årlige kostnader er 3,5 millioner kroner, hvorav ca. en tredjedel nå finansieres fra norsk side. Tidligere ble det meste av denne virksomheten både administrert og finansiert fra svensk side.

Fra svensk side knytter det seg stor interesse til hva slags vann som til enhver tid passerer riksgrensa. I vårløsningen og i perioder med større nedbørmengder kan enkelte elver og bekker som passerer grensa mot øst, ha en pH-verdi som fra svensk side ikke ansees som tilfredsstillende, spesielt for vassdrag hvor verneverdige bunndyr (f.eks. elveperlemusling), røye, ørret og særlig kreps og storvokst ørret (s.k. "laks") er viktige innslag. Det ble i 1994 utarbeidet en egen samlet kalkingsplan for fylkene Østfold, Akershus og Hedmark for kalking av grensevassdrag mot Sverige (Linløkken 1994, Rydstrøm 1994), og som har dannet grunnlaget for dagens kalkingsstrategi og -dosering.

Viktige miljømål fra norsk side er å bedre vannkvaliteten i forsurede lokaliteter slik at naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne mest mulig kan opprettholdes. Spesielt viktig vil det i østlandsområdet være å ta vare på (bevare og reetablere) eventuelle lokaltilpassede forsuringstruede rødlistearter, krepsebestander og bestander av fisk som ørret, harr og røye. Det er også et viktig mål å bedre forholdene for fritidsfiske mer generelt i de forsurede områdene slik at også produksjonspotensialet for fisk som gjedde, abbor, lake og sik opprettholdes. For den framtidige kalkingsvirksomheten har DN satt opp følgende kriterier for hvordan kalkingen skal prioriteres:

- 1) Områder med forsuringfølsomme organismer, restbestander tilstede, fiskeinteresser
- 2) Restbestander tilstede, små eller ingen fiskeinteresser
- 3) Forsuringfølsomme organismer utdødd
- 4) Forsuringfølsomme organismer utdødd, ingen fiskeinteresser

Kjemisk miljømål er $\text{pH} > 6.0$. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen angir i kultiveringsplan for Hedmark (Nashoug og Qvenild 1994) følgende ønsker om minstekrav:

- $\text{pH} > 5,5$
- Kalsium så høyt som mulig, helst $> 2 \text{ mg/l}$
- Alkalitet $> 0,05 \text{ mekv/l}$
- Innholdet av labilt aluminium helst $< 20 \text{ } \mu\text{g/l}$

På svensk side er hovedmålet også å bedre vannkvaliteten i forsurede lokaliteter slik at naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne kan opprettholdes best mulig. I "grensevassdragene" er den biologiske hovedmålsetningen med kalkingen at bunnfaunaen skal være upåvirket av forsuring og at forekommende og reetablerte ørrestammer årlig skal kunne reproducere. Kjemisk miljømål er at alkaliteten gjennom hele året skal være $> 0,05 \text{ mekv/l}$. Videre foreligger mer spesifikke og lokaltilpassete biologiske målsetninger som er utarbeidet for de ulike delavrennings-områder. Her kan vi nevne bevaring av bunnfauna med skjeldne og/eller rødlistearter, istidsrelikter (f.eks. *Mysis relicta*), kreps, elveperlemusling og røye.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Fylkesmennenes miljøvern avdelinger i Hedmark, Akershus og Østfold følger opp enkelte kalkingslokaliteter for å vurdere effekter av den pågående kalkingen. Et viktig spørsmål er om det kalkes økonomisk og økologisk optimalt. Den beste informasjonen om forsuringsskader og om oppsatte miljømål ved kalking blir nådd, får en ved en kombinasjon av kjemiske og biologiske undersøkelser. Effekter av grensekalkingen har i Norge stort sett blitt målt ved overvåking av vannkvaliteten, mens en på svensk side f.o.m. 1992 også har utført omfattende biologiske undersøkelser over fisk- og bunndyrforekomst. Foreliggende måledata og biologiske registreringer har vist at kalkingen i de fleste tilfeller har hatt ønsket effekt. Flere vassdrag har nå en flora og fauna i nært samsvar med forventet naturtilstand eller rettere en tilstand i samsvar med de forhold som forelå før vassdraget ble forsuringsskadet (Mannheimer et al. 1997, Walseng og Karlsen 1997). Undersøkelser på svensk side har vist at det i de siste 10 - 12 år har skjedd en viss forbedring av vannkvaliteten som resultat av minket svovelnedfall i flere ukalkede (referanse) lokaliteter (Mannheimer et al. 1997).

1.3. Formål

Hensikten med prosjektet “Overvåking av bunndyr i grensekryssende vassdrag i østlandsområdet i forbindelse med vassdragskalking”, er å drive en nær kontinuerlig overvåking av de kalkede grensevassdragene samt enkelte ukalkede referanselokaliteter på norsk side av grensen. På den måten kan en dokumentere om oppsatte miljømål på norsk side og til dels svensk side blir oppnådd. Det er viktig å kunne synliggjøre og tallfeste de langsiktige virkningene av kalkingen også om kalkingen fører med seg uønskede virkninger/skader. Utviklingen på referansestasjonene kan si om og hvor raskt de biologiske forholdene bedres som resultat av utslippsreduksjonene som har skjedd i de seinere år. Målsetningen med bunndyrundersøkelsen er å komplettere kjemiske analyser med biologisk materiale dvs. en mer direkte effektparameter. Bunndyrsamfunnets sammensetting gir god informasjon om forsuringssituasjonen spesielt i rennende vann, og er derfor en god parameter ved vurdering av biologiske skadeeffekter ved forsuring og studie av reetablering og bevaring av naturgitt fauna ved kalkingstiltak (Engblom og Lingdell 1987, Raddum og Fjellheim 1984, Raddum et al. 1988, Bækken og Aanes 1990 og Bergquist et al. 1992). Prosjektet tar også sikte på å kunne utvikle et så lokaltilpasset klassifiseringssystem som mulig for bunndyrene dvs. et system som er tilpasset humusrike elver og bekker i østlandsområdet og der en benytter arter som finnes og arter som kan forventes i området ved naturgitte pH-forhold.

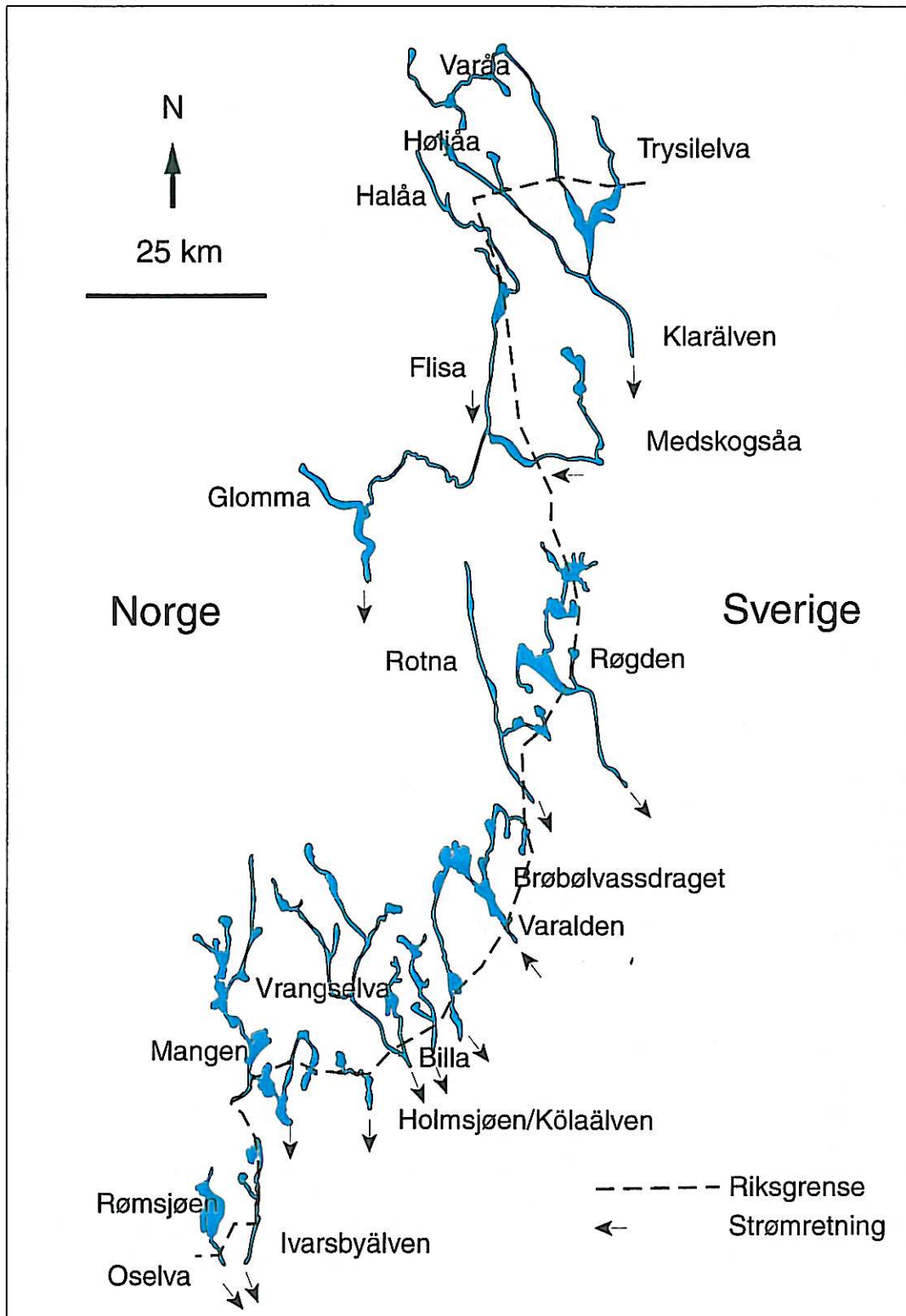
2. Materiale og metoder

2.1. Naturgrunlaget

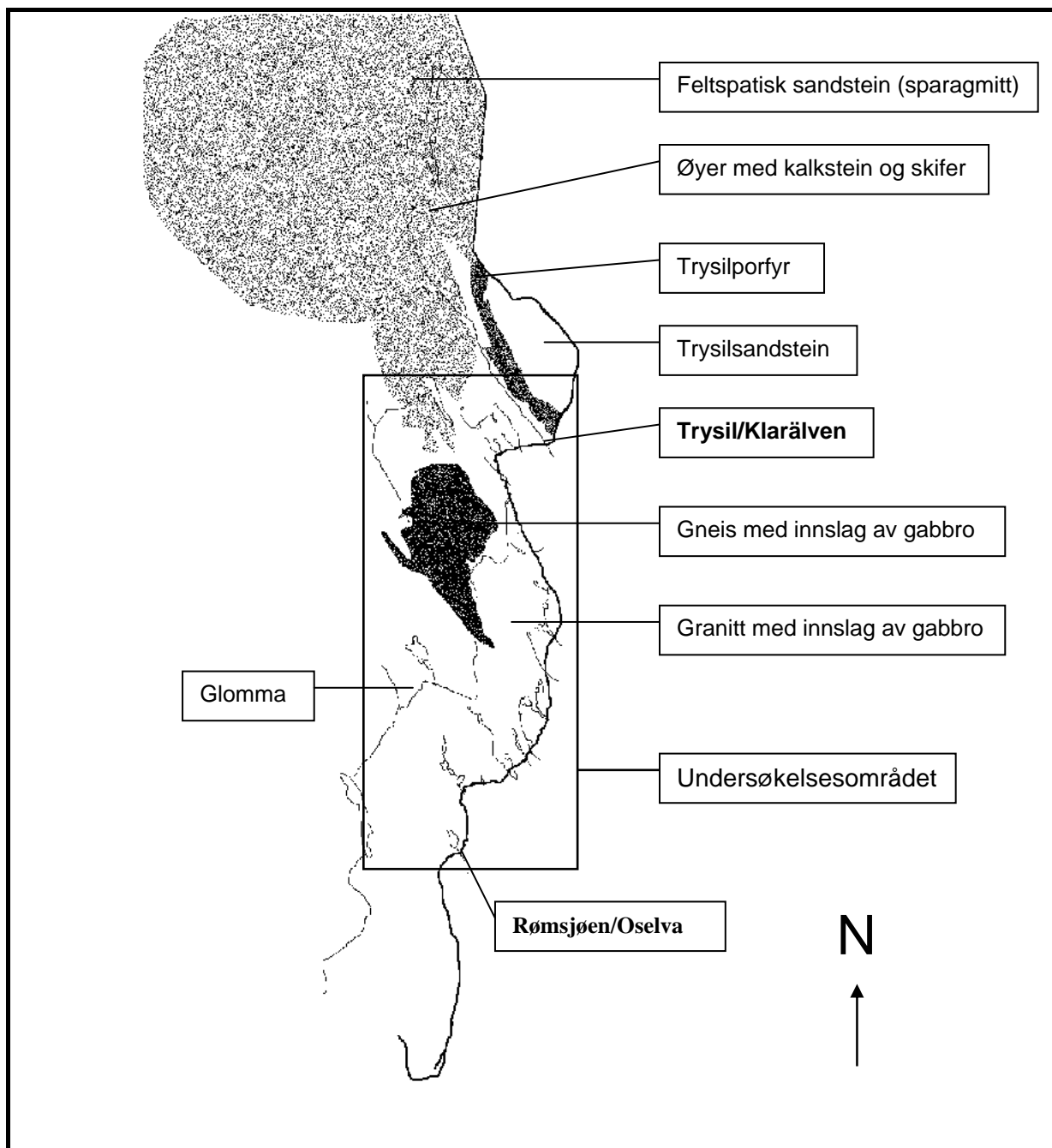
Undersøkellesområdet strekker seg over en 160 km lang strekning fra Trysil i Hedmark i nord til Rømskog i Østfold i sør (figur 2.1). Det er tatt prøver i alle grensekryssende vassdrag på denne strekningen. Navn, nummer, UTM - referanser og høyde over havet for hver prøvetakingsstasjon er gitt i vedlegg I. Med unntak av Halåa/Flisavassdraget, tilføres alle de større vassdragene kalk ved innsjøkalking eller kalkdoserere. To små vassdrag (på norsk side), utløpene fra Nessjøen og Holmsjøen, begge i Eidskog kommune i Hedmark, kalkes ikke. Det kalkes i grensevassdrag sør for Rømsjøen i Østfold, men disse er ikke inkludert i undersøkelsen. Dette er mindre innsjøer på norsk side som drenerer til Töck og Hurr på svensk side, samt Kornjø-Boksjøsystemet lengst i sør.

Berggrunnen i Sørøst-Norge består vesentlig av kalkfattig og tungt forvitrelige bergarter; grunnfjellsbergartene gneis og granitt, med litt sandstein (sparagmitt) lengst i nord (figur 2.2). Det er imidlertid “øyer” med sedimentære og vulkanske bergarter i sentrale deler av det sørlige Hedmark. Gabbroplugger gir enkelte steder bedre vannkvalitet i nærliggende vann. Løsmassedekket er tynt, stedvis bart fjell, og består for en stor del av morene. Årlig nedbørhøyde over hele undersøkelsesområdet er ca. 500 mm. I følge den norske kalkingshåndboka skal avrenningsvann med pH = 5.0 tilføres 4 g kalk (løst CaCO₃) pr. m³ (DN 1990). Det vil si at 2 tonn kalk pr. km² nedbørfelt bør med riktig dosering være tilstrekkelig for å avsyre avrenningen fra de fleste nedbørfeltene i undersøkelsesområdet. Nedbøren har de seinere årene hatt pH = 4,5 - 5,0 (SFT 1997, 1998).

Alle vassdragene drenerer barskogsområder med større eller mindre innslag av myr. Vannet er derfor humuspåvirket, brunt av farge, og er naturlig relativt ionefattig og svakt surt. Dette gjør også at bufferevnen ikke er så stor, spesielt gjelder dette i høyereliggende områder, det vil si over den øvre marine grense som går omkring 200 m o.h. Noen fysiske data for kalkings-lokalitetene på norsk side er gitt i vedlegg II (enkelte små prosjekter er utelatt). Oversikt over kalkingsprosjekter er gitt i vedlegg III, og omtales kort for hvert vassdrag under kapittel 3.



Figur 2.1. Kartskisse over undersøkelsesområdet.



Figur 2.2. Grov skisse over berggrunnsgeologien i undersøkelsesområdet.

Fiskebestandene, særlig i sør og lengst nede i vassdragene, er av de mest artsrike vi har i Norge fordi vassdragene var tilgjengelige for de såkalte østlig innvandrende fiskeartene. Disse vandret opp fra Ancylussjøen som dekket Østersjøen og områdene rundt, blant annet vestover til Vänern. Arter som er svært utbredt er ørret, abbor, gjedde, mort, laue, ørekyte, i de sørligste delene også flere andre karpefiskearter. Lister over artsforekomster for hvert vassdrag er gitt så fullstendig vi har kunnet framskaffe, i vedlegg IV. Ørret finnes eller har funnet i alle bekker og elver, men har gått mer eller mindre ut mange steder på grunn av forureningen. Storvokst ørret var vanlig i de større vassdragene tidligere, edelkreps (*Astacus astacus*) og elveperlemusling (*Margaritifera margaritifera*) finnes fortsatt enkelte steder i Eidskog og Kongsvinger i Hedmark og i Akerhus og Østfold, men status er usikker.

2.2. Prøvetaking

Prøvetakingslokaliteter/stasjoner

I alt er det tatt vannkjemiske prøver og foretatt bunndyrregistreringer ved 26 prøvetakings-stasjoner i 15 grensekryssende vassdrag (vedlegg I). Hvert vassdrag har fått sitt prosjekt-nummer (0 til 10). De undersøkte lokaliteter ligger 115 - 300 meter over havet og er alle humuspåvirkede skogsvassdrag. Aktuelle vassdrag er vist på oversiktskart (figur 2.1) og mer i detalj på kart utarbeidet for hvert vassdrag i kapittet 3 (figurene 3.1-3.10). Samtlige stasjoner ligger i strykpartier, og vi har forsøkt å finne lokaliteter med så likt bunnssubstrat (stein og grus) og vegetasjon (vannmoser) som mulig. Strykpartiene forventes og ha et veletablert bunndyrsamfunn tilpasset hurtig strømmende vann. Vi har prioritert strykpartier med bunnssubstrat dominert av grus og småstein. Det er ikke tatt prøver fra mer stilleflytende partier eller i kulper. Videre har vi tatt med resultater fra foreliggende undersøkelser i Trysilelva ved Lutnes (Kjellberg et al. 1985, Kjellberg 1994) og Vrangselva (Børjåa) (Kjellberg 1995) for å få flere referanselokaliteter.

Prøvetakingstidspunkt

Samtlige prøver er tatt om høsten. I 1995 ble prøvene tatt 2. og 3. oktober, i 1996 den 4. oktober og i 1997 den 8. og 13. oktober. Enkelte sommerlevende bunndyr blir ikke med ved høstprøvetaking, men artsantallet er stort nok for å kunne gjøre ønskete vurderinger. Videre har det vist seg at høstprøver er det beste alternativet når det bare tas en prøve i året (Hämäläinen og Huttunen 1997).

Vannprøver

Det ble tatt vannprøver på 0.5 l PVC flasker på hver prøvetakingslokalitet samtidig med at bunndyrprøver ble tatt.

Bunndyrprøver

Bunndyrprøvene ble samlet inn med handhåvteknikken (den såkalte "sparkemetoden") (Frost et al. 1971). Prøvetakingen med handhåvteknikken som kan betegnes som semikvantitativ, ble utført i samsvar med Norsk standard NS 4719, og vi samlet inn bunndyrmateriale i 3 minutter ved hvert prøvetakingstilfelle. Metoden registrerer de fleste artene som er tilstede og gir informasjon om den relative tetthet mellom de ulike lokalitetene og det relative forhold mellom de ulike organismegruppene. Innsamlet materiale ble umiddelbart konservert i 70% alkohol.

2.3. Analyser

Vannanalyser og vurderinger

De vannkjemiske prøver ble analysert med hensyn på pH, ledningsevne, alkalitet, farge, turbiditet, kalsium og aluminium på vannlaboratoriet ved Høgskolen i Hedmarks avdeling på Blæstad. Alle analyser er utført etter norsk standard, unntatt aluminiumsanalysene som utført etter en modifisert metode etter Dougan & Wilson (1974), analysert etter ionebytting av prøvene (Driscoll 1984). pH - målinger og ionebytting for aluminiumsanalyser ble gjort så raskt som mulig etter prøvetaking. Vi har brukt følgende vurderingsnormer:

Surhetsgrad vurdert utfra pH:

pH > 7,0	alkalisk vann
pH = 7,0	nøytralt vann
pH = 5,5 - 6,9	vakt surt vann
pH < 5,5	surt vann

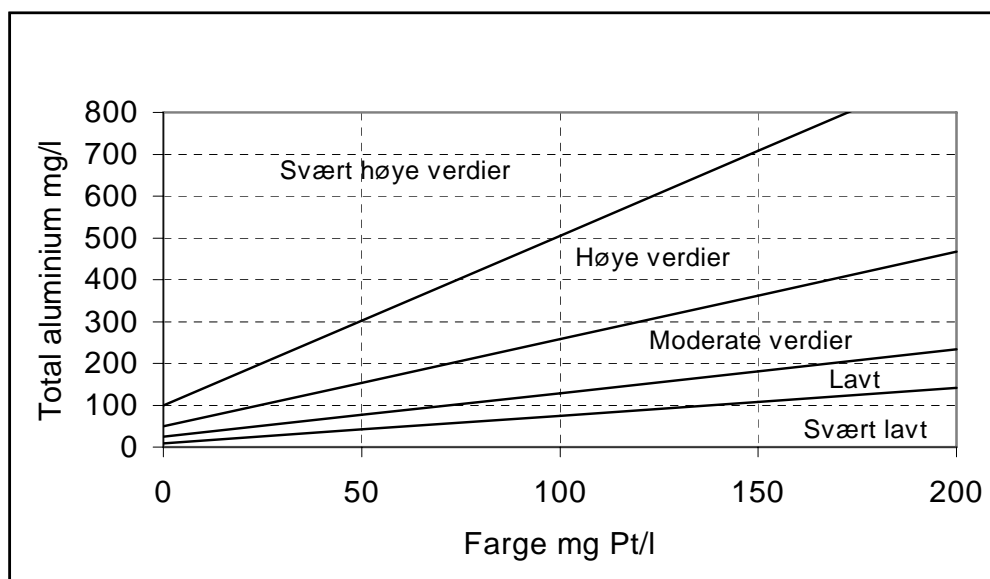
Bufferevne vurdert utfra alkalitet, mmol/l:

Kategori I	> 0,2	Meget god bufferevne
Kategori II	0,05 - 0,2	God bufferevne
Kategori III	0,01 - 0,05	Lav bufferevne
Kategori IV	< 0,01	Meget lav bufferevne
Kategori V	0	Ingen eller liten bufferevne

Humuspåvirkning vurdert utfra fargetall, mg Pt/l:

Kategori I	< 15	Lite humuspåvirket
Kategori II	15 - 25	Noe humuspåvirket
Kategori III	25 - 40	Moderat humuspåvirket
Kategori VI	40 - 80	Markert humuspåvirket
Kategori V	> 80	Sterkt humuspåvirket

Aluminiumspåvirkning vurdert etter Lithner (1989), viser at ved farge > ca. 70 mg Pt/l (Fig. 2.3), karakteriseres selv 200 µg Al/l som moderate konsentrasjoner. I vårt undersøkelses-område vil det sjelden være mer enn 100 µg Al/l uten at fargetallet er > 100 mg Pt/l.



Figur 2.3. Vurderinger av aluminiumskonsentrasjoner avhengig av vannfarge (mg Pt/l (etter Lithner 1989)

Bunndyranalyser og vurderinger

Bearbeidelse og analyse av innsamlet materiale ble foretatt i laboratoriet på NIVA's Østlandsavdeling og ved NIVA's hovedkontor i Oslo (vedlegg V-VI). Det er avvik fra naturtilstanden og spesielt forekomst eller fravær av forsuringfølsomme arter (s.k. indikator-/signalarter) som står sentralt når en skal benytte bunndyr for å vurdere forsuringseffekter. Det legges spesiell vekt på grupper som døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Dette betegnes som antall arter EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* og *Trichoptera*). Det legges også vekt på eventuell forekomst av rødlistearter og s.k. støttearter som muslinger, snegl, igler, større krepsdyr og billearvene *Elmis aena* og *Limnius volckmari*.

Vi har derfor så langt som praktisk mulig utarbeidet artslistene for nevnte grupper. Øvrige organismer er bare ført til større grupper. Det klassifiseringssystemet vi benyttet (Vedlegg VII) er førsøkt tilpasset humuspåvirkede elver og bekker i østlandsområdet (s.k. skogsvassdrag) og bygger på egne erfaringer fra pågående undersøkelser i området og en modifisering av klassifiseringssystemene til Engblom og Lingdell (1987), Lingdell og Engblom (1991), Raddum og Fjellheim (1984), Fjellheim og Raddum (1990), Bækken og Aanes (1990) og Henrikson og Medin (1990). Videre har vi fått kommentarer og råd fra Medins Sjø- og Åbiologi AB i Sverige (v/ Irene Sundberg). Dette firmaet utfører bunnfaunaundersøkelser i forbindelse med kalkingsvirksomheten på svensk side av grensen og således også i vassdrag som kommer fra Norge. Vi har videre tatt hensyn til antatt naturgitt biologisk mangfold for området, og til at de fleste vassdragene har stor innsjøprosent dvs. at mange aktuelle prøvetakingslokaliteter ligger i eller nær innsjøutløp. Klassifiseringssystemet må likevel evalueres og forbedres når det foreligger mer kunnskap om bunndyrforekomsten i østlandsområdet. For tiden er det bl.a. bristende kunnskap når det gjelder forventet naturtilstand dvs. biodiversitet ved naturgitt pH-nivå. Den markerte humuspåvirkning i området gjør at flertallet vassdrag i området i mer eller mindre grad er naturlig sure.

Vi har delt inn bunndyrene i følgende fire hovedgrupper:

- **Meget forsuringfølsomme arter** (blå markering), som kan overleve kortvarige pH-senkninger ("surstøt"), men overlever ikke lengre tids eksponering med pH < 5,5.
- **Moderat forsuringfølsomme arter** (grønn markering) som ikke overlever pH < 5,0 i lengre tid.
- **Litt forsuringfølsomme arter** (gul markering) som ikke overlever pH < 4,5 over lengre tid.
- **Forsuringstolerante arter** (rød markering) som kan overleve lengre perioder med pH < 4,5.

Videre har vi benyttet følgende fire surhetsklasser:

- Klasse 1 (blå markering). **Ikke surt eller svakt surt miljø** med innslag av meget forsuringfølsomme arter som ikke tåler pH < 5,5.
- Klasse 2 (grønn markering). **Moderat surt miljø** der meget forsuringfølsomme arter savnes, men med innslag av moderat forsuringfølsomme arter som tåler pH ned til 5,0.
- Klasse 3 (gul markering). **Markert surt miljø** der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes, men med innslag av litt forsuringfølsomme arter som tåler pH ned til 4,5.
- Klasse 4 (rød markering). **Sterkt surt miljø** med bare forsuringstolerante arter som tåler pH < 4,5.

Ved bestemmelse/bedømmelse av påvirkningsgrad/forsurningsgrad har vi benyttet følgende vurderingsnorm basert på fire skadekategorier:

- Mørkblå markering = **Ikke eller lite forsuringpåvirket** dvs. at lokaliteten har et bunndyrsamfunn i overensstemmelse med naturgitt pH-nivå.
- Lysblå markering = **Moderat forsuringpåvirket** dvs. at lokaliteten har et bunndyrsamfunn i nær overensstemmelse med naturgitt pH-nivå.
- Gul markering = **Markert forsuringpåvirket** dvs. at lokaliteten er markert forsuret og har et bunndyrsamfunn som klart avviker fra forventet naturlig pH-nivå.
- Rød markering = **Sterkt forsuringpåvirket** dvs. at lokaliteten er sterkt forsuret og at det er markert og stort avvik fra forventet naturlig pH-nivå.

Vurdering av forventet naturtilstand

Da grad av avvik fra naturtilstanden står sentralt ved bedømmelse av forsuringspåvirkning er det en forutsetning at en kjenner bunndyrforekomsten ved naturgitt pH-nivå, det vil si de forhold som forelå før lokaliteten ble forsuret. Det foreligger ikke bunndyrdata fra tidligere for de grensekryssende vassdrag så bunndyrforhold og pH-forhold må vurderes utifra kjennskap til fiskeforholdene som er relativt godt kjente. Vi har lagt spesiell vekt på tidligere forekomst av ørret, mort, ørekyte og kreps for å kunne vurdere hvilken bunndyrsamfunn som kan betegnes som naturgitte i de forsurede grensevassdragene. Inntil vi har fått bedre kunnskap om dette brukes følgende vurderingsgrunnlag:

- Naturgitt bunnfauna i de undersøkte hovedvassdragene nord for Brøbølvassdraget, unntatt Trysilelva og Røgdenvassdraget, har sannsynligvis tilsvart svakt surt til moderat surt miljø (surhetsklasse 1-2). Enkelte mindre elver og særlig bekker i dette område har trolig vært naturlig sure, det vil si hatt markert surt miljø der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes (surhetsklasse 3) eller bare tidvis forekommer. Videre kan vi regne med at det også finnes mindre sterkt myr- og humuspåvirkede bekker og tjern som stort sett bare har forekomst av forsuringstolerante arter. I området finnes også rent lokalt enkelte mer kalkrike lokaliteter med en bunnfauna som fortsatt har innslag av meget forsuringfølsomme arter som f.eks marflo (*Gammarus* sp.). Eksempel på disse er Gjetsjøen, Ulvsjøene, Høgsjøen, Kynnavassdraget, Fjellsjøen og Bruvoldsjøen, alle i Glommavassdraget.
- Trysilelva, Røgdenvassdraget, Brøbølvassdraget og de større hovedvassdragene lengre sør ("krepsevassdragene") har eller har sannsynligvis hatt en naturgitt bunnfauna i samsvar med ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1). Enkelte mindre og sterkt humuspåvirkede vassdrag har trolig hatt moderat surt miljø der meget forsuringfølsomme arter savnes (surhetsklasse 2), mens markert og sterkt humuspåvirkede bekker og tjern har hatt markert surt miljø der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes (surhetsklasse 3) eller bare tidvis forekommer. Videre kan vi også her regne med at det finnes bekker og tjern som er mindre myr- og humuspåvirkede og stort sett bare har forekomst av forsuringstolerante arter. Også her finnes lokalt enkelte mer kalkrike lokaliteter som ikke er forsuringsskadet.

Det vil si at vi i de nordlige hovedvassdragene, unntatt Trysilelva, Røgdenvassdraget, nedre del av Rotna og nedstrøms Vällen, har hatt en bunnfauna av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme arter med innslag av moderat forsuringfølsomme arter og muligens også i utløpene fra de største innsjøene innslag av enkelte meget forsuringfølsomme arter som f.eks.steinfluen *Dinocras cephalotus* og vårfluene *Cheumatopsyche lepida* og *Chimarra marginata*, mens de sørlige hovedvassdragene, samt Trysilelva, Røgdenvassdraget, nedre del av Rotna og nedstrøms Vällen, har hatt en bunnfauna med innslag av såvel meget forsuringfølsomme som moderat forsuringfølsomme arter. Vi antar videre at døgnflueslekten *Ephemerella* tidligere har hatt større utbredelse i hele området og at forekomsten av steinfluene *D. cephalotus* og *Capnia* spp. samt elveperlemusling har vært større i den søndre del, inklusive Røgdenvassdraget og Rotna i de nordre del.

3. Resultater og vurdering av de enkelte vassdrag

Primærdata for kalking, fisk og bunndyr er sammenstilt i vedleggene III-VI bak i rapporten.

3.0. Trysilelva, Hedmark (Lokalitet 0.1, figur 3.1)

3.0.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Trysilelva drenerer blant annet innsjøene Engeren, Sølensjøen, Isteren og Femunden med Femundsmarka. Høyere liggende områder er utsatt for forsuring, men de større innsjøene synes å være lite påvirket. Ørret, harr, sik (tre typer), røye, abbor og ørekyte finnes i Femunden. I tilløpene til Femunden finnes stort sett ørret, harr, røye og abbor. Det kalkes med tilsammen ca. 150 tonn kalk årlig i ca. 50 mindre vatn i nedbørfeltet, de fleste i høytliggende områder på øst- og vestsida av Femunden. Dette har begrenset betydning for hovedvassdraget som har et nedbørfelt på 5510 km² ved riksgrensa.

Vannkjemi

Det har ikke skjedd større forandringer i Trysilelvas generelle vannkjemi i den seinere tid, og hovedvassdraget er ikke forsuret. Ved Lutnes er pH > 6 og alkaliteten er > 0,1 mekv/l. Det vil si at elva her har god bufferkapasitet. Videre er elva noe humuspåvirket. (For nærmere informasjon henvises til NIVA-rapport løpenr. 2983).

3.0.2. Bunndyr

Lokaliteten hadde et variert og relativt rikt bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av meget og moderat forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer og vårfluer. Fåbørstemark, snegl, steinfluer, biller, fjærmygg og knott var også vanlig forekommende. Døgnfluesamfunnet var dominert av de to artene *Baetis rhodani* og *Ephemerella mucronata*. I tillegg ble følgende arter påvist: *Ameletus inopinatus*, *Baetis muticus*, *Baetis niger*, *Heptagenia dalecarlica*, *Heptagenia sulphurea*, *Ephemerella aurivillii*, *Ephemera vulgata* og *Caenis rivulorum*. Det var sparsomt med steinfluearter. Følgende arter ble registrert: *Diura nanseni*, *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa* og *Amphinemura sp.* Vårfluene var representert med arter som: *Rhyacophila nubila*, *Agapetus ochripes*, *Hydropsyche sp.*, *Brachycentropus subnubilus*, *Micrasema sp.*, *Lepidostoma hirtum*, *Athripsodes sp.*, *Caraclea sp.* samt arter tilhørende familien *Limnephilidae*. Størst forekomst var det av *Hydropsyche* og *Micrasema*. Videre kan vi nevne at det er rik forekomst av forsuringfølsomme arter som steinfluen *Dinocras cephalotes* og døgnfluene *Ephemera vulgata* og *Ephemera danica* på strekningen like oppstrøms Lutnes (for nærmere informasjon henvises til NIVA-rapport løpenr. 2983).

3.0.3. Konklusjon

Det var tilfredsstillende vannkvalitet hele året. Bunndyrsamfunnet indikerte ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1). Trysilelva ved Lutnes bedømmes som ikke eller lite påvirket av forsuring.

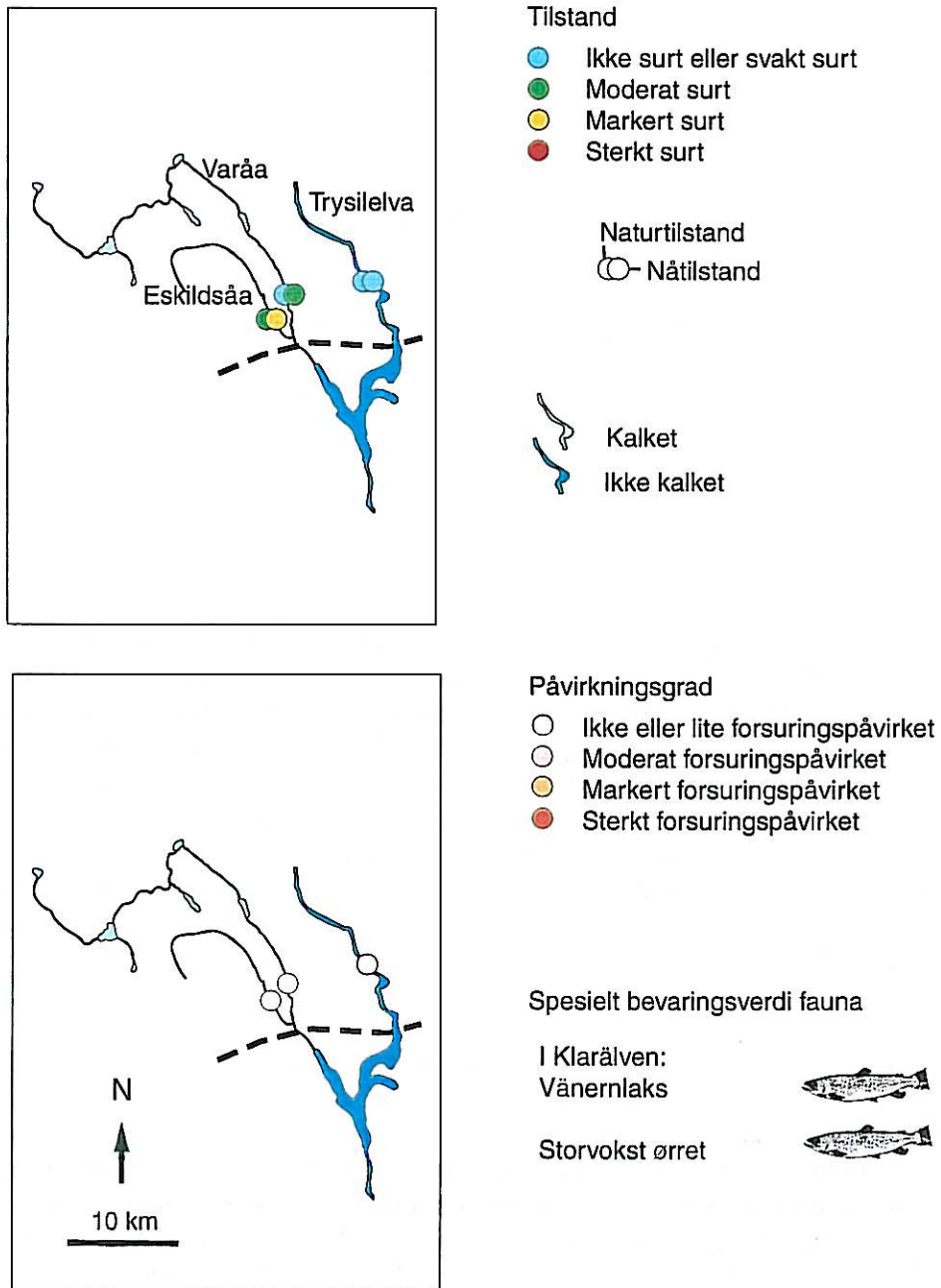
3.1. Varåa Hedmark (Lokalitetene 1.1 - 1.2, figur 3.1)

3.1.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Effekter av forsuring har særlig vært registrert øverst i vassdraget, spesielt i Munksjøen øverst i Varåa, der bestanden av mort var utdøende da kalkingen begynte i 1991. Det var imidlertid fortsatt

Trysilvelva og Varåa



Figur 3.1. Forsuringssituasjonen i Trysilvelva og Varåa 2. oktober 1995.

reproduksjon av gjedde og abbor, muligens sviktende, på det tidspunkt. Det var også litt småørret i bekkene. I Tørrbergsjøen, Fønsjøen, Vestsjøen og Flekksjøen var det også laue. I 1992 ble alle seks vatn i systemet kalket med tilsammen 146 tonn. Seinere er Vestsjøen og Flekksjøen utelatt på grunn av for kort oppholdstid, mens de øvrige vannene tilføres i alt 80-100 tonn pr. år. Dette skal avsyre avrenningen fra 75 km² nedbørfelt, men avrenningen fra resterende 320 km², deriblant Eskildsåa, går ukalket. Det har vært vurdert å plassere kalkdoserer oppstrøms Tørrbergsjøen for å dempe surstøtene i forbindelse med flomtopper.

Vannkjemi

Varåa var ved prøvetakingstidspunktet markert humuspåvirket og hadde nær nøytralt vann med lave aluminiumskonsentrasjoner (Tab. 3.1). Bufferkapasiteten kan betegnes som relativt god og kalsiumkonsentrasjonen var over 2 mg Ca/l. Den ukalkede Eskildsåa var ved prøvetakingstidspunktet sterkt humuspåvirket og hadde surt og ionefattig vann med lav bufferevne. Videre ble det registrert lave kalsium- og relativt høye aluminiumkonsentrasjoner (R-Al).

Tabell 3.1. Analyseresultater fra vannprøver tatt den 2. oktober 1995

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U.	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Varåa	6,97	0,118	88	3,1	2,70	1,75	60	11
Eskildsåa	5,47	0,026	105	1,5	1,85	0,95	110	8

3.1.2. Bunndyr

Varåa

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med rikt innslag av en moderat forsuringstolerant art (døgnfluen *Heptagenia dalecarlica*). Størst forekomst hadde grupper som fåbørstemark, småmuslinger, døgnfluer, vårfluer og særlig fjærmygg. "Elmis"-biller (elvelevende biller, ikke vannkalver), knott og stankelbein/klegg var også vanlig forekommende.

Døgnfluesamfunnet var dominert av to arter: *Baetis rhodani* og *Heptagenia dalecarlica*. Videre ble også følgende arter registrert: *Baetis niger*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*.

Steinfluene var representert av artene *Diura nanseni*, *Isoperla sp.*, *Siphonoperla burmeisteri*, *Taeniopteryx nebulosa* og *Amphinemura sp.* Vårfluesamfunnet var relativt artsrikt og følgende arter ble registrert: *Rhyacophila nubila*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche sp.*, *Athripsodes sp.*, *Ceraclea sp.* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*.

Eskildsåa

Lokaliteten hadde et arts- og individfattig bunndyrsamfunn helt dominert av forsuringstolerant insektlarver. Det ble bare registrert to litt forsuringstolerante arter (steinfluen *Diura nanseni* og vårfluen *Oxyethira*). Meget og moderat forsuringstolerante arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende var også fåbørstemark og knott. Det ble ikke funnet noen døgnfluer. Steinfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Diura nanseni*, *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Brachyptera risi*, *Amphinemura sp.* og *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet var representert av artene *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.* og *Plectrocnemia conspersa*.

3.1.3. Konklusjon

Varåa

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte moderat til surt miljø (surhetsklasse 2 til 3), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter ved høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

Eskildsåa

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte markert til sterkt surt miljø (surhetsklasse 3 til 4). Eskildsåa bedømmes som moderat til markert forsuringsspåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høyvannføring og da særlig i snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. Skal naturgitt flora og fauna reetableres må vassdraget kalkes. Om dette ikke er ønskelig utgjør Eskildsåa en viktig referanselokalitet der den framtidige utviklingen av fauna og flora i et forsuret vassdrag som ikke kalkes, kan registreres.

3.2. Høljåa, Hedmark (Lokalitet 2.1, figur 3.2)

3.2.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Det er ørret og abbor i vassdraget, på svensk side også stor ørret. To sjøer kalkes og to doserere er i drift. Det tilføres årlig ca. 250 tonn kalk i et nedbørfelt på ca. 120 km².

Vannkjemi

Høljåa hadde ved prøvetakingstidspunktet sterkt humuspåvirket svakt surt vann med relativt god bufferkapasitet (Tab. 3.2). Det var videre relativt høy kalsiumkonsentrasjon og lav konsentrasjon av aluminium.

Tabell 3.2. Analyseresultater fra vannprøver tatt den 2. oktober 1995

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Høljåa v/riks grensa	6,65	0,218	124	5,8	3,38	2	68	13

3.2.2. Bunndyr

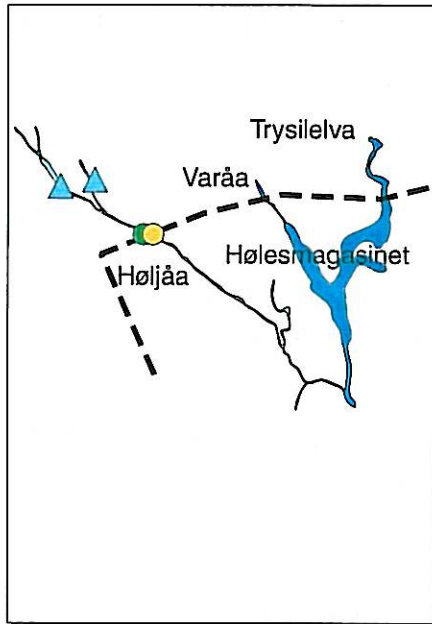
Høljåa hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke funnet. Størst forekomst hadde grupper som vårfluer og fjærmygg. Rikt representert var også døgnfluer, steinfluer og "Elmis"-biller. Forøvrig kan grupper som fåbørstemark, småmuslinger, knott og stankelbein/klegg nevnes. Døgnfluesamfunnet bestod av artene *Baetis niger* og *B. rhodani*. Steinfluene var representert av artene *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura sp.*, *Nemoura sp.* og *Leuctra hippopus*. Størst forekomst av vårfluene hadde artene *Micrasema sp.* og *Oxyethira sp.* I tillegg ble følgende vårfluearter registrert: *Rhyacophila nubila*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche sp.* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*.

Ved bunndyrprøvetakingen ble det også fanget **0+ ørretunger**.

3.2.3. Konklusjon

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel markert surt miljø (surhetsklasse 3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringsspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

Høljåa



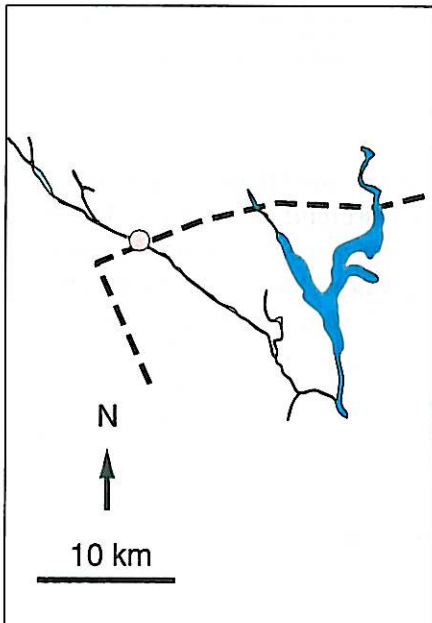
Tilstand

- Ikke surt eller svakt surt
- Moderat surt
- Markert surt
- Sterkt surt

Naturtilstand

- Nåtilstand

- Kalket
- Ikke kalket
- Kalkdoserer



Påvirkningsgrad

- Ikke eller lite forsuringspåvirket
- Moderat forsuringspåvirket
- Markert forsuringspåvirket
- Sterkt forsuringspåvirket

Spesielt bevaringsverdi fauna

Storvokst ørret



Sjeldne bunndyr



Figur 3.2. Forsuringssituasjonen i Høljåa 2. oktober 1995.

3.3. Halåa og Midtskogsåa, Hedmark (Lokalitetene 3.1-3.2, figur 3.3)

3.3.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Halåa drenerer til Flisa og Glomma. I Flisavassdraget finnes ørret, harr, abbor, gjedde, ørekyte, mort, laue og gullbust. Ørret, abbor, gjedde og mort finnes i Halsjøen. Bestanden av mort er svært sparsom. Ørretbestanden i bekkene er sannsynligvis redusert eller utdødd. Det har vært vurdert å plassere kalkdoserer oppstrøms Halsjøen og å kalke Halsjøen, men det ble ansett som for kostbart i forhold til nytteverdien. Det ville kreve ca. 400 tonn kalk pr. år. På grunn av adkomstmuligheter ble en prøvetakingsstasjon lagt til Svartbekken som er et litt mindre tilløpsvassdrag til Halsjøen enn Halåa. I Vermundsjøen er det ørret, abbor, mort, laue, gullbust, ørekyte og gjedde. Midtskogsåa drenerer ca. 200 km² på svensk side, og tilføres der tilsammen 400-500 tonn kalk pr. år ved innsjøkalkinger.

Vannkjemi

Svartbekken hadde ved prøvetakingstidspunktet sterkt humuspåvirket surt vann med meget lav bufferevne (Tab. 3.3). Vannet var ionefattig, og det var lav kalsiumkonsentrasjon og middels høye konsentrasjoner av aluminiumforbindelser. Halåa hadde sterkt humuspåvirket surt vann med meget lav bufferevne. Det var lave konsentrasjoner av både kalsium og aluminium. Midtskogsåa var også sterkt humuspåvirket, men hadde relativt høy pH og stor bufferkapasitet. Kalsiumkonsentrasjonen var større enn 2.0 mg Ca/l, og det var lav konsentrasjon av aluminium.

Tabell 3.3. Analyseresultater av prøver tatt 2. og 3. oktober 1995.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U.	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Svartbekken	5,22	0,013	125	1,5	2,09	0,72	162	44
Halsjøen utløp	5,56	0,019	120	1,2	1,57	1	101	6
Midtskogsåa	6,43	0,118	101	3,5	2,66	1,6	61	6

3.3.2. Bunndyr

Svartbekken

Lokaliteten hadde et artsfattig men individrikt bunndyrsamfunn helt dominert av forsuringstolerante steinfluer. Forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Fjærmygg og vårfluer var også vanlig forekommende mens fåbørstemark og knott forekom i mindre antall. Det ble bare funnet en litt forsuringfølsom art (vårfluen *Oxyethira sp.*). Det ble ikke funnet noen døgnfluer. Steinfluesamfunnet var dominert av artene *Amphinemura sp.* og *Leuctra hippopus*. Videre kan nevnes steinfluearter som *Taeniopteryx nebulosa*, *Brachyptera risi* og *Protonemura meyeri*. Vårfluesamfunnet bestod av *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.* og *Plectrocnemia conspersa*.

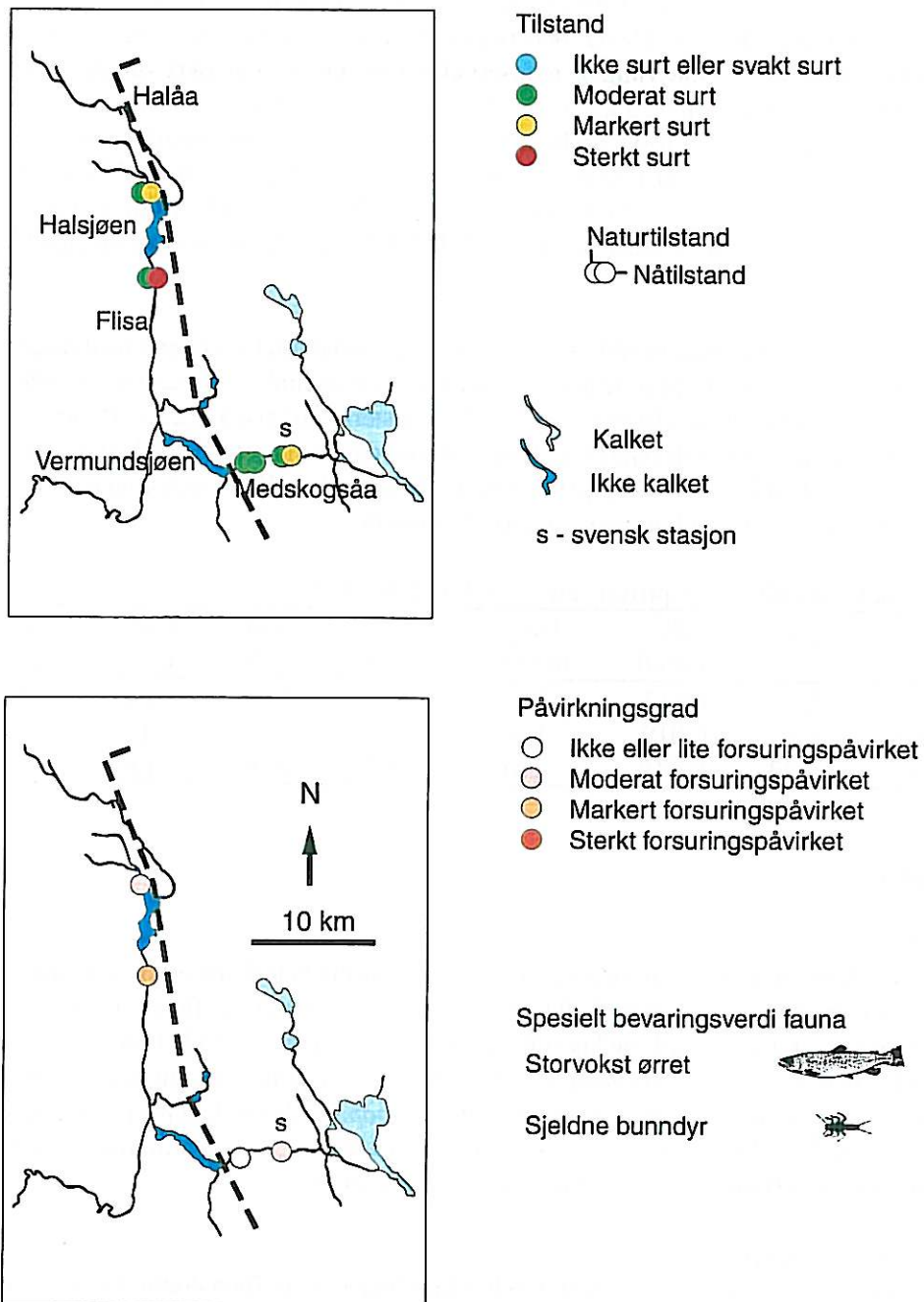
Halåa nedstrøms Halsjøen

Lokaliteten hadde et lite variert men relativt individrikt bunndyrsamfunn dominert av fåbørstemark og forsuringstolerante insektlarver. Forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som fåbørstemark, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende var også døgnfluer, steinfluer, knott og stankelbein/klegg. Døgnfluene var bare representert av arten *Leptophlebia vespertina* og steinfluene av arten *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet bestod av tre arter: *Polycentropus flavomaculatus*, *Polycentropus irroratus* og *Neureclipsis bimaculata*. Den siste hadde størst individantall.

Midtskogsåa

Midtskogsåa hadde et arts- og individfattig bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst

Flisavassdraget: Halåa og Medskogsåa



Figur 3.3. Forsuringssituasjonen i Halåa og Medskogsåa i Flisavassdraget 2-3. oktober 1995

forekomst hadde grupper som døgnfluer og særlig fjærmygg. Fåbørstemark, steinfluer, biller, vårfluer og stankelbein/klegg var også vanlig forekommende. Døgnfluesamfunnet bestod av to arter: *Baetis rhodani* og *Heptagenia dalecarlica*. Steinfluene var representert av artene *Diura nanseni*, *Isoperla sp.*, *Siphonoperla burmeisteri*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Protonemura meyeri* og *Leuctra hippopus*. Det ble funnet to vårfluearter: *Rhyacophila nubila* og *Plectrocnemia conspersa*.

3.3.3. Konklusjon

Svartbekken

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte markert til sterkt surt miljø (surhetsklasse 3 til 4). Vassdraget bedømmes som moderat til markert forsuringpåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. Skal naturgitt flora og fauna reetableres må Svartbekken kalkes.

Halåa nedstrøms Halsjøen

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte sterkt surt miljø (surhetsklasse 4). Vassdraget bedømmes som markert forsuringpåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. Skal naturgitt flora og fauna reetableres må Halåvassdraget kalkes.

Hvis Svartbekken og Halåa ikke blir kalket utgjør dette vassdraget en interessant referanselokalitet der fremtidig forsuringsutviklingen kan følges.

Midtskogsåa

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat surt til surt miljø (surhetsklasse 2 til 3), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringpåvirket. Dette var i samsvar med resultatene fra de svenske undersøkelsene. Sannsynligvis er det surstøter i vårløsningen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

3.4. Røgdenvassdraget, Hedmark (Lokalitene 4.1-4.5, figur 3.4)

3.4.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

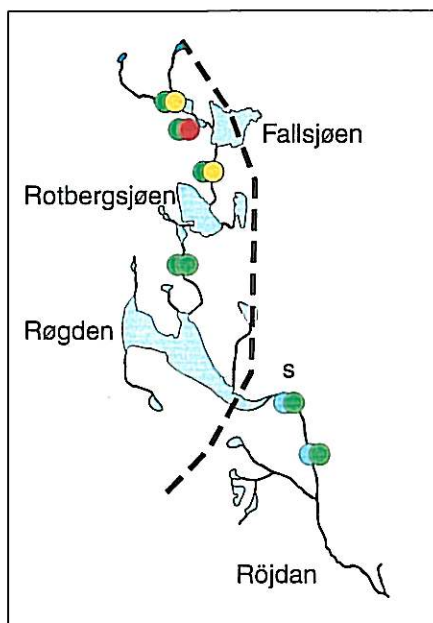
Ørret, abbor, ørekyte, mort, gjedde og sannsynligvis lake, finnes i hele vassdraget. I Fallsjøen er det også røye, i Rotbergsjøen og Røgden er det hork.

Røgdens nedbørfelt er 275 km², og innsjøen ble kalket første gang i 1992. De andre vannene ble kalket første gang i 1993, bortsett fra Søre Baksjøen som ble kalket allerede i 1988. Det tilføres i alt ca. 650 tonn pr. år ved innsjøkalkinger. De større innsjøene i vassdraget er regulerte, og regulanten (Gullspångskraft) setter årlig ut 2000 - 3000 2-årig settefisk (ørret > 20 cm) som kompensasjon. Antallet varierer avhengig av lengdefordelingen i utsettingsmaterialet.

Vannkjemi

I innløpet til Breisjøen var det ved prøvetakingstidspunktet sterkt humuspåvirket surt vann med meget lav bufferevne (Tab. 3.4). Vannet var ionefattig, hadde lav kalsiumkonsentrasjon og relativt mye aluminium. I Breisjøens utløp var det markert humuspåvirket og svakt surt vann med relativt god bufferevne. Kalsiumkonsentrasjonen var større enn 2.0 mg Ca/l og det var lave konsentrasjoner av aluminiumsforbindelser. I Fallsjøens utløp var det markert humuspåvirket og svakt surt vann med lav bufferkapasitet. Det var relativt sett lav kalsiumkonsentrasjon samt lave aluminiumkonsentrasjoner. I Rotbergsjøens utløp var det markert humuspåvirket og svakt surt vann med lav bufferevne. Det var relativt lav kalsiumkonsentrasjon samt lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser. I Røjdalen ved

Røgdenvassdraget



Tilstand

- Ikke surt eller svakt surt
- Moderat surt
- Markert surt
- Sterkt surt

Naturtilstand

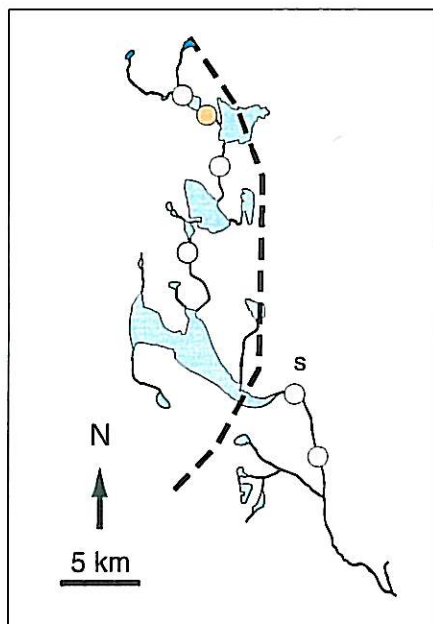
- Nåttilstand



Kalket

Ikke kalket

s - svensk stasjon



Påvirkningsgrad

- Ikke eller lite forsuringspåvirket
- Moderat forsuringspåvirket
- Markert forsuringspåvirket
- Sterkt forsuringspåvirket

Spesielt bevaringsverdi fauna

Storvokst ørret



Elvemussling



Sjeldne bunndyr



Figur 3.4. Forsuringssituasjonen i Røgdenvassdraget 3. oktober 1995.

Østmark var vannet moderat til markert humuspåvirket og svakt surt vann med relativt god bufferkapasitet. Kalsium-konsentrasjonen lå godt over 2.0 mg Ca/l og aluminium-konsentrasjonene var lave.

Tabell 3.4. Analyseresultater av prøver tatt den 3. oktober 1995.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Breisjøen innløp	5,46	0,023	121	1,6	1,97	1	145	41
Breisjøen utløp	6,26	0,104	90	3,5	2,42	1,2	89	6
Fallsjøen utløp	6,57	0,078	72	2,4	2,46	1,1	51	6
Rotbergsjøen utløp	6,30	0,074	76	2,2	2,26	1,1	44	4
Røjdalen v/Østmark	6,59	0,128	61	3,7	3,54	1,3	59	15

3.4.2. Bunndyr

Innløp Breisjøen

Lokaliteten hadde et individfattig men relativt variert bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver. Det ble bare funnet en litt forsuringfølsom art (vårfluen *Oxyethira* sp.). Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende var også fåbørstemark, døgnfluer og stankelbein/klegg. Døgnfluene var representert av en art: *Leptophlebia vespertina*. Steinfluesamfunnet bestod av artene *Isoperla* sp., *Taeniopteryx nebulosa*, *Brachyptera risi*, *Amphinemura* sp., *Leuctra hippopus* og *L. nigra*. Vårfluene var representert av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira* sp., *Plectrocnemia conspersa* og *Polycentropus flavomaculatus*.

Utløp Breisjøen

Lokaliteten hadde et artsfattig og relativt individfattig bunndyrsamfunn helt dominert av forsuringstolerante insektlarver. Det ble ikke registrert forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som steinfluer og fjærmygg. Fåbørstemark, vårfluer, knott og stankelbein/klegg var også vanlig forekommende grupper. Det ble ikke funnet noen døgnfluer. Steinfluesamfunnet bestod av artene *Isoperla* sp., *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura* sp., *Protonemura meyeri*, *Nemoura* sp. og særlig *Leuctra hippopus*. To vårfluearter ble registrert: *Plectrocnemia conspersa* og *Polycentropus flavomaculatus*.

Nedsrøms Fallsjøen

Lokaliteten hadde et artsfattig men relativt individrikt bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke funnet. Størst forekomst hadde grupper som småmuslinger, døgnfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende var også steinfluer og knott. Døgnfluesamfunnet var helt dominert av arten *Baetis rhodani*. I tillegg ble artene *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina* registrert. Steinfluene var representert ved artene *Isoperla* sp., *Amphinemura* sp. og *Protonemura meyeri*. Det ble bare funnet en vårflueart: *Rhyacophila nubila*.

Nedstrøms Rotbergsjøen

Lokaliteten hadde et arts- og individfattig bunndyrsamfunn dominert av småmuslinger og forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter samt en moderat forsuringfølsom art (vårfluen *Athripsodes* sp.). Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst blandt insektene hadde grupper som døgnfluer, steinfluer og fjærmygg. Fåbørstemark og vårfluer var også vanlig forekommende grupper. Videre ble det funnet enkelte igler og "Elmis"-biller. Døgnfluene var representert av artene *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Steinfluesamfunnet bestod av artene *Isoperla* sp. og *Leuctra hippopus*. Tre vårfluearter ble funnet: *Oxyethira* sp., *Polycentropus flavomaculatus* og *Athripsodes* sp.

Røjdalen ved Østmark

Lokaliteten hadde et individrikt og relativt variert bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke funnet. Størst forekomst hadde gruppen døgnfluer, men grupper som steinfluer, "Elmis"-biller, vårfluer og fjærmygg var også vanlig forekommende. Fåbørstemark ble også registrert, men i mindre antall. Døgnfluesamfunnet bestod av artene *Baetis niger*, *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea*. Steinfluesamfunnet var representert av følgende arter: *Diura nanseni*, *Isoperla* sp., *Siphonoperla burmeisteri*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Brachyptera risi*, *Amphinemura* sp. og *Protonemura meyeri*. Vårfluesamfunnet bestod av arter som: *Rhyacophila nubila*, *Agapetus* sp., *Hydropsyche* sp., *Micrasema* sp., *Lepidostoma hirtum* og *Athripsodes* sp.

Det ble observert **0+** ørretunger ved bunndyrprøvetakingen.

3.4.3. Konklusjon

Innløp Breisjøen

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte markert til sterkt surt miljø (surhetsklasse 3 - 4). Bekken bedømmes som moderat til markert forsuringspåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. Vårflommen i 1995 bør her spesielt nevnes. Skal naturgitt flora og fauna reetableres må bekken kalkes. Om dette ikke er ønskelig kan lokaliteten benyttes som referansevassdrag.

Utløp Breisjøen

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde tilfredsstillende vannkvalitet, mens bunndyrsamfunnet indikerte markert surt miljø (surhetsklasse 4). Breisjøvassdraget bedømmes som markert forsuringspåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. En mulig forklaring kan også være at forsuringfølsomme arter ennå ikke er reetablert. En bør likevel vurdere om kalkmengden skal økes så en reduserer skadeeffektene ved surstøter.

Nedstrøms Fallsjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel markert surt miljø (surhetsklasse 3) og lokaliteten bedømmes som forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som skaper problemer på lokaliteten. En mulig forklaring kan også være at moderat forsuringfølsomme arter ennå ikke har reetablert.

Nedstrøms Rotbergsjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat til markert surt miljø (surhetsklasse 2 - 3), og lokaliteten bedømmes som litt forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer. En mulig forklaring kan også være at enkelte moderat forsuringfølsomme arter ennå ikke er reetablert.

Røjdalen ved Østmark

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat surt miljø (surhetsklasse 2), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i våravløsningen som fortsatt kan skape problemer på lokaliteten (som f.eks. i 1995). Lokaliteten bedømmes likevel til å ha nær naturgitt flora og fauna, og det foreligger ikke noe direkte behov for økt kalktilførsel.

3.5. Rotna, Hedmark (Lokalitetene 6.1-6.3, figur 3.5)

3.5.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Det er ørret, abbor, gjedde, mort, ørekyte, lake og ål i vassdraget. I Kjerkesjøen, Nøklevatn og Kalsjøen er det også røye. Nøklevatn ble første gang kalket i 1984, Kalsjøen første gang i 1989. Øvrige prosjekter ble startet i 1994, deriblant kalkdoserer oppstrøms Rotnessjøen. Rotna drenerer ca. 250 km² på norsk side, og det tilføres ca. 400 tonn kalk pr. år. Av dette tilføres 350 tonn med doserer.

Vannkjemi

I Helgerens utløp var det ved prøvetakingstidspunktet markert humuspåvirket og svakt surt vann med akseptabel bufferkapasitet (tab. 3.5). Det var moderat konsentrasjon av kalsium samt lave aluminiumkonsentrasjoner. I Kalsjøens utløp var det moderat humuspåvirket og svakt surt vann med god bufferevne. Det var relativt høy kalsiumkonsentrasjon og lave konsentrasjoner av aluminium.

Rotna

hadde ved grensepassering markert humuspåvirket og svakt surt vann med akseptabel bufferevne. Videre var det en moderat kalsiumkonsentrasjon og lave aluminiumkonsentrasjoner.

Tabell 3.5. Analyseresultater av prøver tatt den 4. oktober 1996.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Helgeren utløp	6,11	0,079	69	2,4	3,24	0,8	47	8
Kalsjøen utløp	6,53	0,228	58	6,3	4,32	0,6	38	12
Rotna v/riksgrensa	6,03	0,074	78	2,5	2,88	0,7	44	11

3.5.2. Bunndyr

Utløp Store Helgeren

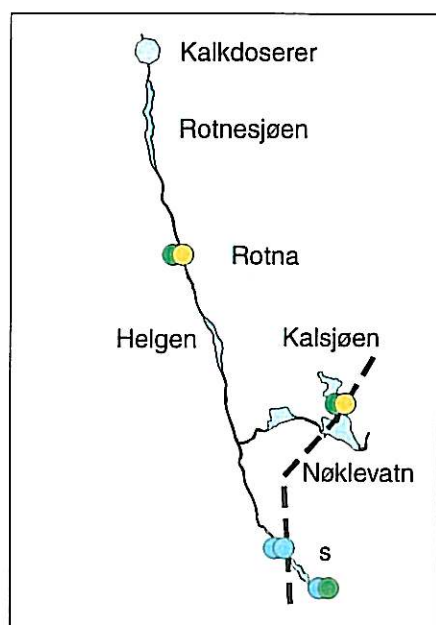
Lokaliteten hadde et variert og individrikt bunndyrsamfunn dominert av småmuslinger og forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Det ble ikke funnet meget og moderat forsuringfølsomme arter. Størst forekomst av insektene hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, knott og stankelbein/klegg. Videre ble det funnet enkelte individer av asellus og øyestikkere.

Døgnfluesamfunnet bestod av to arter: *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea*. Steinfluene var representert av artene *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura sp.* og *Protonemura meyeri*. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *Plectronemia conspersa*, *Polycentropus irroratus*, *Hydropsyche siltalai* og *Hydropsyche sp.* Størst forekomst var det av *Hydropsyche*.

Utløp Kalsjøen

Lokaliteten hadde et relativt lite variert og individfattig bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Det ble ikke funnet meget og moderat forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også "Elmis"-biller, knott og stankelbein/klegg. Videre ble det funnet enkelte individ av øyestikkere. Døgnfluesamfunnet bestod av artene *Baetis rhodani* og *Baetis niger*. Steinfluene var representert av artene *Brachyptera risi*, *Protonemura meyeri* og *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche sp.* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*. Størst forekomst var det av *Hydropsyche*.

Rotna



Tilstand

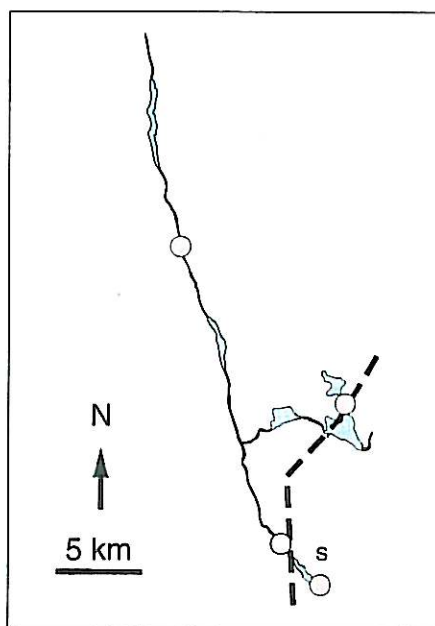
- Ikke surt eller svakt surt
- Moderat surt
- Markert surt
- Sterkt surt

Naturtilstand

○ - Nåtilstand

- Kalket
- Ikke kalket

s - svensk stasjon



Påvirkningsgrad

- Ikke eller lite forsuringspåvirket
- Moderat forsuringspåvirket
- Markert forsuringspåvirket
- Sterkt forsuringspåvirket

Spesielt bevaringsverdi fauna

Storvokst ørret



Sjeldne bunndyr



Figur 3.5. Forsuringssituasjonen i Rotna 4. oktober 1996.

Rotna ved grensepassering

Lokaliteten hadde et lite variert og individfattig bunndyrsamfunn dominert av insektlarver med innslag av meget og moderat forsuringsfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, snegl, småmuslinger, assel, knott og stankelbein/klegg. Døgnfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Baetis niger*, *Heptagenia dalecarlica*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Steinfluene var representert av artene *Diura nanseni*, *Isoperla* sp. og *Amphinemura* sp. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Chimarra marginata*, *Ithytrichia lamellaris*, *Plectrocnemia conspersa*, *Hydropsyche* sp. og arter tilhørende familien *Limnephilidae*. Størst individtetthet var det av vårfluene *Plectrocnemia* og *Hydropsyche*.

3.5.3. Konklusjon

Utløp Store Helgeren

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel surt miljø (surhetsklasse 3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten. Dette kan ha sammenheng med at driften av dosereren oppstrøms Rotnessjøen var problematisk de første sesongene etter oppstarten i 1994.

Utløp Kalsjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel surt miljø (surhetsklasse 3), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring, særlig i snøsmeltingen, som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

Rotna ved grensepassering

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte svakt surt miljø (surhetsklasse 1), og lokaliteten bedømmes som ikke eller lite forsuringspåvirket. De svenske undersøkelsene indikerte moderat surt miljø, det vil si at lokaliteten kan vurderes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som fortsatt kan skape problemer på lokaliteten. Lokaliteten bedømmes likevel å ha nær naturgitt flora og fauna og det synes ikke å være behov for økt kalktilførsel.

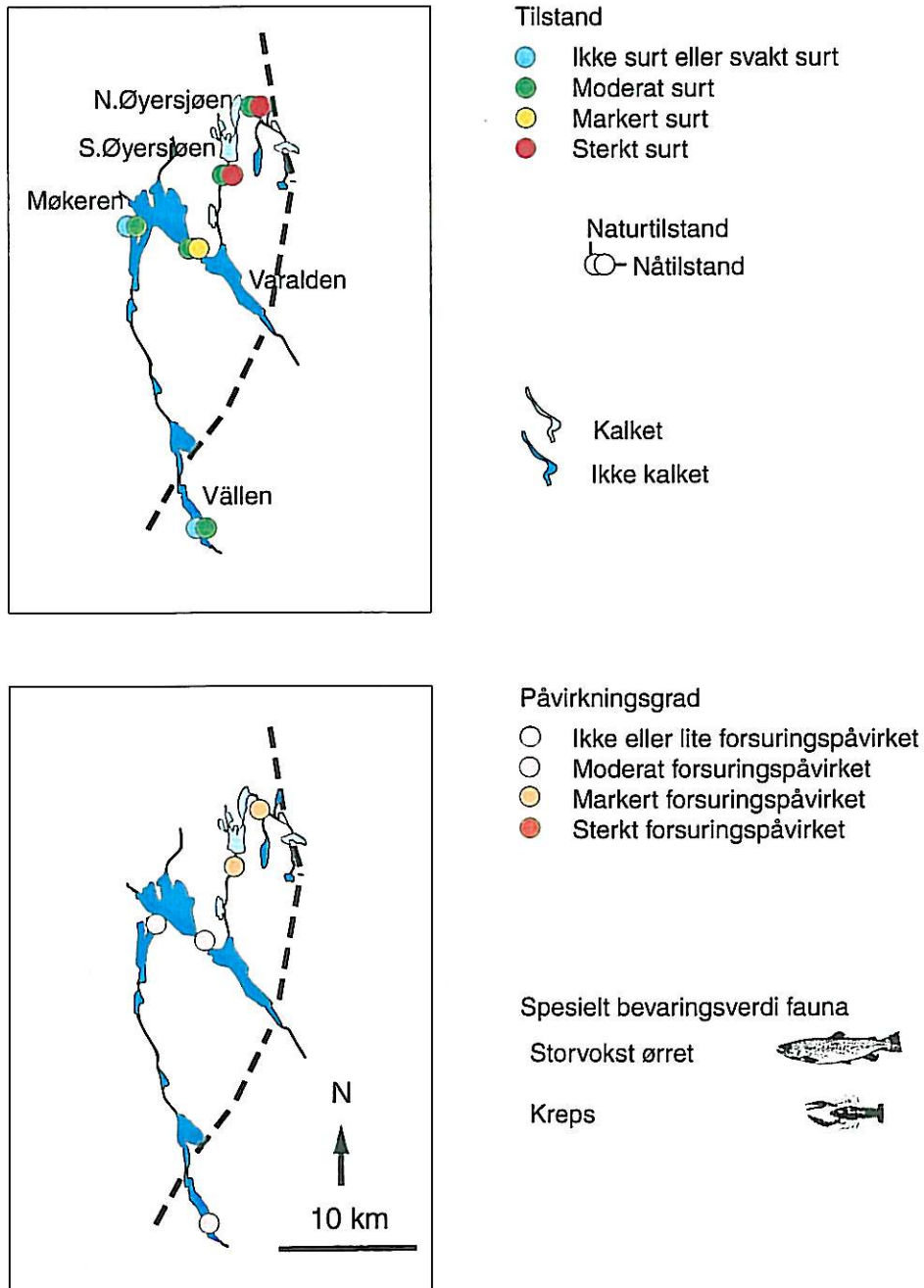
3.6. Brøbølvassdraget, Hedmark (Lokalitetene 6.1-6.5, figur 3.6)

3.6.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Det er ørret, lagesild, abbor, gjedde, mort, laue og ørekyte i vassdraget. I små vatn øverst i vassdraget er det bare abbor, eventuelt mort og gjedde og muligens restbestander av ørret. I Øyersjøene er det også laue, lake og ål. Tidligere var det storvokst ørret i disse vatna. I Varalden og nedstrøms er det i tillegg lagesild og krøkle. I Møkeren og nedstrøms denne skal det, fram til 1960-årene ha vært en spesiell ørret- eller laksetype som ble kalt for sikaure fordi den var sølvblank i fargen sammenliknet med vanlige lokale ørretstammer. Den ble 200-300 g, og gyttet i Sikåa, mellom Varalden og Møkeren. Møkerens nedbørfelt er ca. 360 km², og det tilføres til sammen ca. 200 tonn kalk pr. år ved innsjøkalking i flere mindre lokaliteter, særlig oppstrøms Varalden. De største og viktigste er Nordre og Søre Øyersjøen og Nordre og Søre Mosevatn. Disse ble kalket første gang i 1995. Vassdraget er regulert (Hedmark Energi AS) for kraftproduksjon, og kraftverkseier setter årlig ut 2300 ørret større enn 20 cm.

Brøbølvassdraget



Figur 3.6. Forsuringssituasjonen i Brøbølvassdraget 4. oktober 1996.

Vannkjemi

I Nordre Øyersjøens innløp var det ved prøvetakingstidspunktet sterkt humuspåvirket og surt vann med meget lav bufferevne (Tab. 3.6). Videre var det relativt lav kalsiumkonsentrasjon og høy konsentrasjon av reaktivt aluminium, men lite labilt aluminium.

Tabell 3.6. Analyseresultater av prøver tatt den 4. oktober 1996.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Nordre Øyersjø inn	5,47	0,031	142	2,0	2,25	0,4	138	19
Søndre Øyersjø ut	5,98	0,054	88	2,4	2,43	0,5	80	15
Varalden utløp	5,98	0,049	46	2,2	2,79	0,6	30	3
Møkeren utløp	5,98	0,079	43	2,5	3,24	0,8	28	5
Välen utløp	6,29	0,069	35	2,3	3,11	0,8	15	3

Nedstrøms Søre Øyersjøen var elva markert humuspåvirket og hadde svakt surt til surt vann med lav bufferkapasitet. Det var lave konsentrasjoner av kalsium og aluminiumforbindelser.

Nedstrøms Varaldsjøen og nedstrøms Møkeren var vannet moderat humuspåvirket og hadde svakt surt til surt vann med meget lav til lav bufferkapasitet. Det var lave konsentrasjoner av kalsium og aluminiumforbindelser. Nedstrøms Välen var pH høyere, mens fargetall og aluminiumskonsentrasjonene var lavere enn høyere oppe i vassdraget.

3.6.2. Bunndyr

Innløp Nordre Øyersjøen

Lokaliteten hadde et individrikt og relativt variert bunndyrsamfunn helt dominert av forsuringstolerante insektlarver. Forsuringfølsomme arter/grupper ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, øyenstikkere og steinfluer. Døgnfluesamfunnet bestod kun av arten *Leptophlebia vespertina*. Steinfluene var representert av artene *Isoperla sp.* og *Nemoura sp.* Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polycentropus flavomaculatus* og *Neureclipsis bimaculata*.

Nedstrøms Søre Øyersjøen

Lokaliteten hadde et lite variert men likevel meget individrikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver. Forsuringfølsomme arter/grupper ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som steinfluer, vårfluer og særlig fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, døgnfluer og stankelbein/klegg. Eneste døgnflue som ble funnet var arten *Leptophlebia vespertina*. Steinfluene var representert av artene *Isoperla sp.*, *Amphinemura sp.*, *Protonemura meyeri* og *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Neureclipsis bimaculata* og *Hydropsyche sp.*

Nedstrøms Varaldsjøen

Lokaliteten hadde et lite variert og meget individfattig bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke påvist. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Vanlig forekommende grupper var også igler, knott og fjærmygg. Døgnfluesamfunnet bestod av en art: *Baetis rhodani*. Steinfluene var også representert av en art: *Leuctra hippopus*. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *Plectrocnemia conspersa* og *Polycentropus flavomaculatus*.

Utløp Møkeren

Lokaliteten hadde et meget individrikt og relativt variert bunndyrsamfunn dominert av forsuretolerante insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, snegl, småmuslinger, assel, knott og stankelbein/klegg. Døgnfluesamfunnet bestod av to arter: *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea*. Steinfluene var representert av artene *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura sp.* og *Protonemura meyeri*. Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *Ithytrichia lamellaris*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche sp.* og *Ceraclea sp.* Størst forekomst var det av *Hydropsyche*.

Nedstrøms Vällen

Lokaliteten hadde et variert og individrikt bunndyrsamfunn dominert av forsuretolerante insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, "Elmis"-biller, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, småmuslinger, assel, steinfluer, knott og stankelbein/klegg. Videre ble det funnet enkelte øyenstikkere. Døgnfluesamfunnet bestod av artene *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Steinfluene var representert av to arter: *Isoperla sp.* og *Taeniopteryx nebulosa*. Vårfluesamfunnet bestod av artene *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *Ithytrichia lamellaris*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche sp.*, *Lepidostoma hirtum*, *Ceraclea sp.* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*. Størst forekomst var det av *Hydropsyche*.

Ved bunndyrprøvetakingen ble det også fanget **0+ ørretunger**.

3.6.3. Konklusjon

Innløp Nordre Øyersjøen

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte sterkt surt miljø (surhetsklasse 4). Vassdraget bedømmes som markert forsuringpåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. En mulig forklaring kan også være at forsuringfølsomme arter ennå ikke er reetablert.

Nedstrøms Søre Øyersjøen

Vannanalysene viste at lokaliteten ved prøvetakingstilfellet hadde moderat til svakt surt miljø, mens bunndyrsamfunnet indikerte markert til sterkt surt miljø (surhetsklasse 3-4). Vassdraget bedømmes som moderat forsuringpåvirket med tap av naturgitt biodiversitet og produksjonsevne. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med snøsmeltingen som gir størst skadeeffekt. En mulig forklaring kan også være at moderat forsuringfølsomme arter ennå ikke er reetablert.

Nedstrøms Varaldsjøen

Det var nær tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel markert surt miljø (surhetsklasse 3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringpåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med snøsmeltingen som skaper problemer på lokaliteten.

Utløp Møkeren

Det var nær tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat til markert surt miljø (surhetsklasse 2-3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringpåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høyvannføringsperioder og da særlig i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

Nedstrøms Vällen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat surt miljø (surhetsklasse 2) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringsspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som fortsatt kan skape problemer på lokaliteten. Det er trolig behov for økt kalktilførsel om satte miljømål skal nås.

3.7. Billa, Hedmark (Lokalitet 7.1, figur 3.7)

3.7.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkjemi

Fiskeforekomster og kalking

Det finnes ørret, krøkle, abbor, hork, mort, laue, ørekyte, gjedde, ål og kreps i vassdraget så langt som til Nordre Bellinge. Kreps finnes også i Baksjøen. Søndre Bellingens nedbørfelt er 50 km². Det ble kalket første gang i 1992, unntatt Vintertjern som har vært kalket siden 1986, og det tilføres årlig 130 tonn kalk ved innsjøkalking i Søndre Bellinge og oppstrøms. Det tilføres tilsammen 50 tonn i mindre vatn i tilløpsvassdrag nedstrøms Søre Bellinge.

Vannkjemi

Nedstrøms Søndre Bellinge (i Flasjøens utløp) var det ved prøvetakingstidspunktet moderat humuspåvirket vann med akseptabel pH og relativt god bufferevne (Tab. 3.7). Kalsiumkonsentrasjonen var godt over 2.0 mg Ca/l, og det var lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser.

Tabell 3.7. Analyseresultater av prøver tatt den 4. oktober 1996.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U.	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Søre Bellinge ut	6,04	0,139	40	4,2	4,05	0,8	18	3

3.7.2. Bunndyr

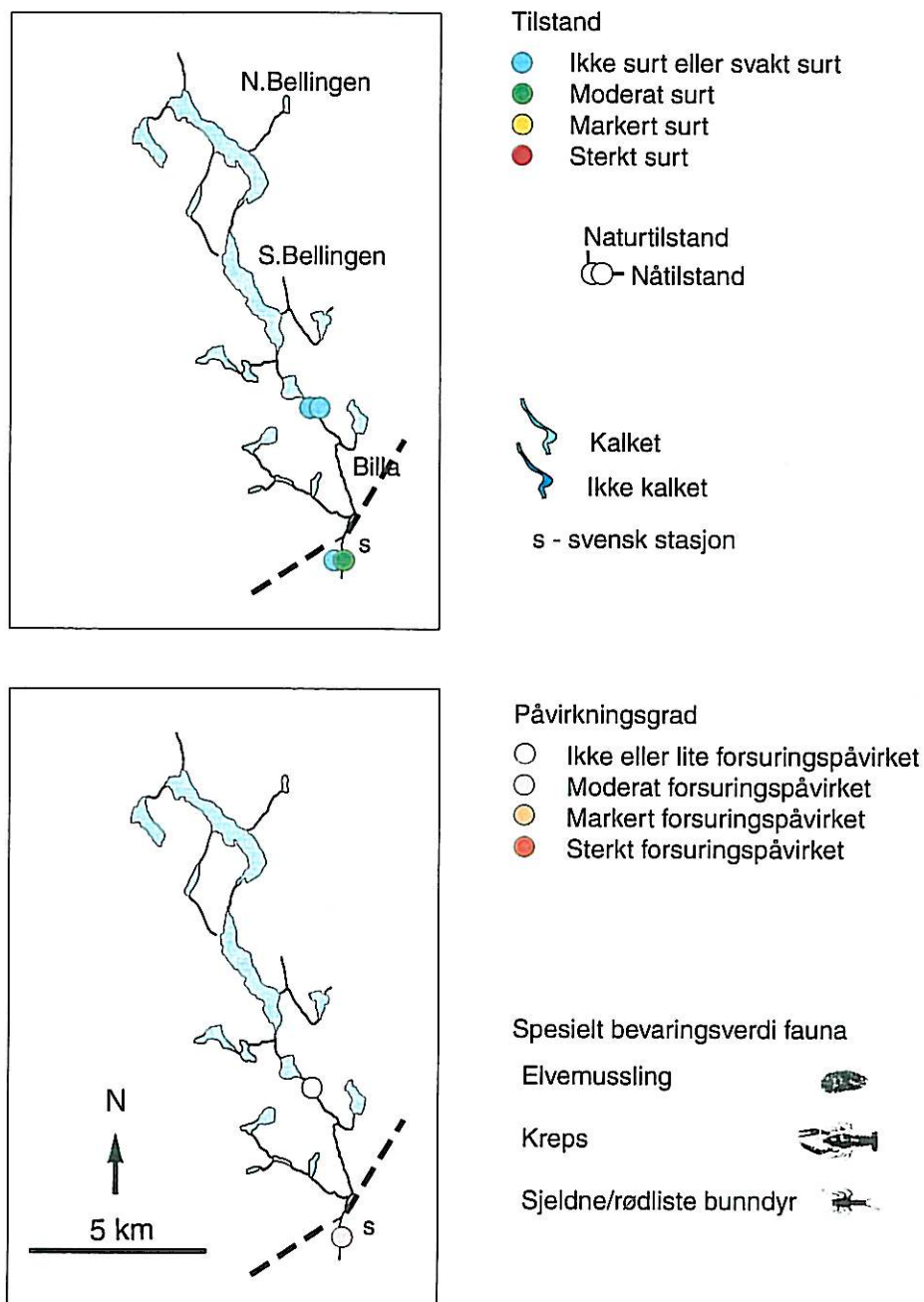
Nedstrøms Søndre Bellinge.

Lokaliteten hadde et variert og meget individrikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme insektlarver med innslag av moderat og meget forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, "Elmis"-biller, vårfluer og fjærmygg. Vanlig forekommende grupper var også fåbørstemark, småmuslinger, øyestikkere, knott og stankelbein/klegg. Døgnfluesamfunnet bestod av artene *Baetis rhodani*, *Baetis niger* og *Heptagenia sulphurea*. Steinfluene var representert av to arter: *Isoperla sp.* og *Amphinemura sp.* Vårfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Rhyacophila nubila*, *Chimarra marginata*, *Ithytrichia lamellaris*, *Cheumatopsyche lepida*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche sp.*, *Micrasema sp.*, *Ceraclea sp.* samt arter tilhørende familiene *Limnephilidae* og *Leptoceridae*. Størst forekomst var det av *Hydropsyche* og *Cheumatopsyche*.

3.7.3. Konklusjon

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1), og lokaliteten bedømmes som ikke eller lite forsuringsspåvirket. Lokaliteten bedømmes å ha nær naturgitt flora og fauna, og det foreligger her ikke behov for økt kalktilførsel.

Billa



Figur 3.7. Forsuringssituasjonen i Billa 4. oktober 1996.

3.8. Veksna, Vrangselva og Holmsjøen, Hedmark (Lokalitetene 8.1-8.3, figur 3.8)

3.8.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet

Fiskeforekomster og kalking

Det er ørret, krøkle, abbor, hork, mort, laue, brasme, ørekyte, gjedde, lake, ål og kreps i Nessjøen og Vrangselva. I Vrangselva er det i tillegg vederbuk og steinulke. I Holmsjøen er det abbor, mort, ørekyte, gjedde, ål og kreps. Søre Øyungen og Bæreia i Vrangselva med tilsammen 29 km² nedbørfelt tilføres årlig 66 tonn kalk, i første rekke for å opprettholde krepsebestandene som har vist tilbakegang, spesielt i Søre Øyungen. I Søre Øyungen er det bl. a. krøkle og *Mysis relicta* (ikke sikker bestemmelse). Nessjøen og Holmsjøen kalkes ikke. Det samme gjelder innsjøer i Børjavassdraget som kommer inn i Vrangselva vestfra. Nedre del av Børjåa var tidligere et godt krepsevassdrag, men er nå relativt kraftig forsuret. Øverst i dette vassdraget ligger referanselokaliteten Storbørja som ikke skal kalkes.

Vannkjemi

I Nessjøens utløp (Veksna) var det ved prøvetakingstidspunktet moderat humuspåvirket vann med akseptabel pH, god bufferkapasitet (Tab. 3.8). Kalsiumkonsentrasjonen var over 2.0 mg Ca/l og det var lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser.

I Børjåa ved Bjørnstadmoen var vannet (i september 1994) sterkt humuspåvirket, surt og kalsiumfattig med meget lav bufferevne. Denne prøven ble ikke tatt med tanke på dette prosjektet, og for nærmere informasjon henvises til NIVA-rapport løpenr. 3353/95.

I Vrangselva ved Magnor var vannet sterkt humuspåvirket og relativt surt, sannsynligvis på grunn av nedbør kort tid før prøvetaking. Alkaliteten og kalsiumkonsentrasjonene var imidlertid godt over ønskede minimumsverdier, og aluminiumskonsentrasjonene var lave.

I Holmsjøens utløp var vannet ved prøvetakingstidspunktet moderat humuspåvirket og med tilfredsstillende pH og alkalitet. Kalsiumkonsentrasjonen var over 2,0 mg Ca/l og det var lave konsentrasjoner av aluminiumsforbindelser.

Tabell 3.8. Analyseresultater av prøver tatt den 8. oktober 1997 (unntatt *).

Lokalitet	pH	Alk. Mekv/l	Farge Mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Nessjøen ut	6,08	0,119	35	3,5	4,10	1,2	22	3
Børjåa v/Bjørnstadmoen*	4,88	0,030	142	2,5	-	-	-	-
Vrangselva v/Magnor	5,74	0,070	103	3,7	4,28	3,4	22	3
Holmsjøen ut	6,08	0,084	51	3,3	3,59	2,0	50	2

* = fra NIVA-rapport nr. 3353/95

3.8.2. Bunndyr

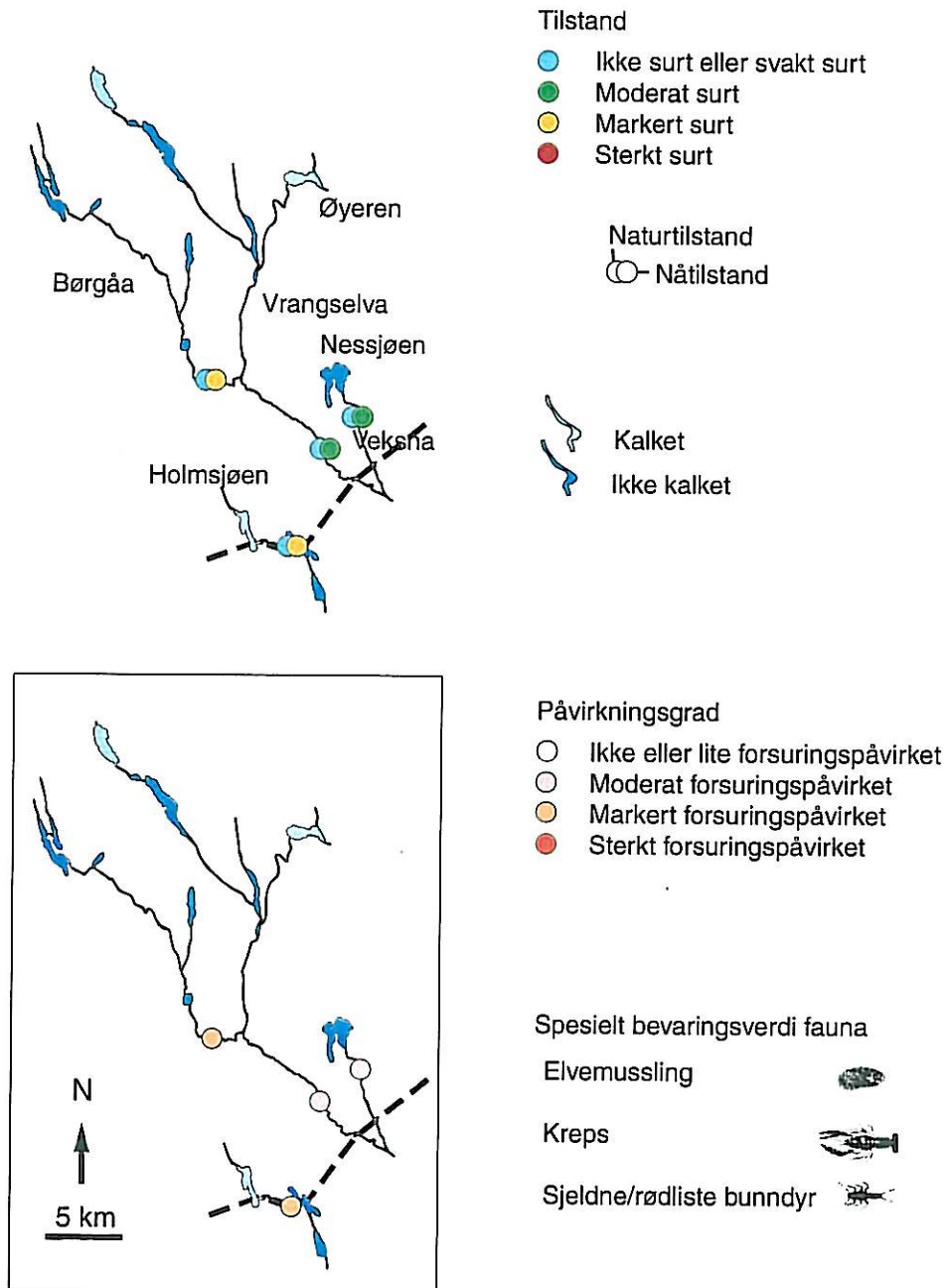
Utløp Nessjøen

Lokaliteten hadde et variert og relativt rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuretolerante insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, fjærmygg, "Elmis"-biller og knott. Fåbørstemark, steinfluer, vårfluer og småmuslinger var også vanlig forekommende grupper.

Døgnfluesamfunnet var dominert av artene *Baetis niger* og *Ephemerella aurivillii*. Arter som *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea* var også vanlig forekommende. Blant steinfluene var det størst forekomst av arter tilhørende slektene *Isoperla* og *Amphinemura*. Videre ble det funnet enkelte

3.8

Veksna, Vrangselva og Holmsjøen



Figur 3.8. Forsuringssituasjonen i Vrangselva og Holmsjøen 13. oktober 1997.

eksemplarer av artene *Taeniopteryx nebulosa* og *Protonemura meyeri*. Blant vårfluene hadde arten *Oecetis sp.* størst forekomst.

Forøvrig ble det funnet enkelte eksemplarer av artene *Rhyacophila nubila*, *Hydropsyche pellucidula*, *H. ydropsyche siltalai* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*.

Børjåa ved Bjørnstadmoen

Lokaliteten hadde i september 1994 et individfattig og lite variert bunndyrsamfunn helt dominert av forsuringstolerante arter med enkelte innslag av litt forsuringfølsomme arter. Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer og vårfluer. Vanlig forekommende grupper var også igler og knott, mens grupper som fåbørstemark, asell, "Elmis"-biller, fjærmygg og stankelbein/klegg bare forekom med enkelte individ.

Døgnfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Ameletus inopinatus*, *Heptagenia fuscogrisea* og *Leptophlebia vespertina*. Størst forekomst var det av *Leptophlebia vespertina*. Steinfluene var representert av artene *Taeniopteryx nebulosa* og *Nemoura avicularis*. Vårfluesamfunnet bestod av tre arter: *Plectrocnemia conspersa*, *Polycentropus flavomaculatus* og *Polycentropus irroratus*.

Vrangselta ved Magnor

Lokaliteten hadde et variert men relativt individfattig bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt og moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke påvist. Her kan vi nevne at den meget forsuringfølsomme vårfluen *Cheumatopsyche lepida* i 1994 hadde stor forekomst på lokaliteten. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, vårfluer, steinfluer og fjærmygg. Fåbørstemark, "Elmis"-biller, knott, stankelbein/klegg og småmuslinger var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet var helt dominert av arten *Baetis rhodani*. I tillegg ble artene *Baetis niger*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina* påvist. Blant steinfluene var det størst forekomst av artene *Taeniopteryx nebulosa* og *Isoperla sp.*, og det ble også funnet enkelte individer av arten *Amphinemura sp.* Det var et relativt rikt vårfluesamfunn dominert av artene *Rhyacophila nubila*, *Hydropsyche siltalai* og *Athripsodes cinereus*. I tillegg kan nevnes vårfluearter som *Ithytrichia lamellaris*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche pellucidula*, *Micrasema sp.* samt arter tilhørende familien *Limnephilidae*.

Holmsjøens utløp

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante insektlarver med innslag av litt forsuringfølsomme arter. Meget og moderat forsuringfølsomme arter ble ikke registrert unntatt en liten kreps (ca. 6 cm lang). Størst forekomst hadde grupper som fåbørstemark, småmuslinger, døgnfluer, steinfluer, vårfluer, knott og fjærmygg. Asell, øyestikkere og stankelbein/klegg var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet var dominert av artene *Baetis niger* og *Heptagenia sulphurea*. Den forsuringstolerante arten *Leptophlebia vespertina* var også vanlig. Steinfluesamfunnet bestod av arter som *Isoperla sp.*, *Amphinemura sp.*, *Nemoura sp.* og *Leuctra hippopus*. Størst forekomst blant vårfluene hadde artene *Polycentropus flavomaculatus* og *Hydropsyche siltalai*. I tillegg ble følgende vårfluearter registrert: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *H. angustipennis* og arter tilhørende familien *Limnephilidae*.

3.8.3. Konklusjon

Utløp Nessjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet i utløpsbekken (Veksna) fra Nessjøen ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat til surt miljø (surhetsklasse 2-3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som skaper problemer på lokaliteten.

Børjåa ved Bjørnstadmoen

Bunndyrsamfunnet i nedre del av Børjåa indikerte markert surt miljø (surhetsklasse 3), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Vassdraget må kalkes om naturgitt flora og fauna skal reetableres.

Vrangselsva ved Magnor

Det var ikke tilfredsstillende vannkvalitet i Vrangselsva ved Magnor ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte moderat surt miljø (surhetsklasse 2), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring, særlig fra Børjåa, som kan skape problemer på lokaliteten. Vårflommen i 1995 kan her spesielt nevnes. Storbørja øverst i Børjavassdraget er referanselokalitet, men Hornsjøen som renner inn i vassdraget nedstrøms Storbørja kan kalkes, ellers er doseringsanlegg nedstrøms Storbørja eneste mulighet for å avsyre dette vassdraget.

Holmsjøens utløp

Det var tilfredsstillende vannkvalitet nedstrøms Holmsjøen ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel markert surt miljø (surhetsklasse 3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som skaper problemer på lokaliteten. Holmsjøen må kalkes om det er ønskelig at oppsatte miljømål skal nås også i dette vassdrag. Om dette ikke er ønskelig utgjør Holmsjøen og utløpsbekken en god referanselokalitet.

3.9. Mangenvassdraget, Akershus (Lokalitetene 9.1-9.2, figur 3.9)

3.9.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet

Fiskeforekomster og kalking

Det finnes ørret, sik, lagesild, abbor, hork, gjedde, mort, laue, lake og ål i vassdraget. Kreps finnes på svensk side, usikkert på den norske sida. Kalking i stort omfang startet i 1988. Skjærvangens nedbørfelt er 425 km², og det tilføres i gjennomsnitt ca. 700 tonn pr. år ved innsjøkalking og 150 tonn med doserer. Dette drenerer til Sverige via Tannsjøen. I tillegg tilføres i gjennomsnitt ca. 200 tonn pr. år til innsjøer i nedbørfeltet til Harstadsjøen som renner til Nordsjøen på svensk side. Tannsjøen og Nordsjøen drenerer begge til Askesjøen og videre til Kōlaälven. De store innsjøene i vassdraget er regulert.

Tabell 3.9. Analyseresultater av prøver tatt den 13. oktober 1997.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U.	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Øysjøen ut	6,28	0,129	56	4,6	3,68	2,0	71	4
Tannsjø inn	6,08	0,119	49	4,1	3,59	1,0	63	8

Vannkjemi

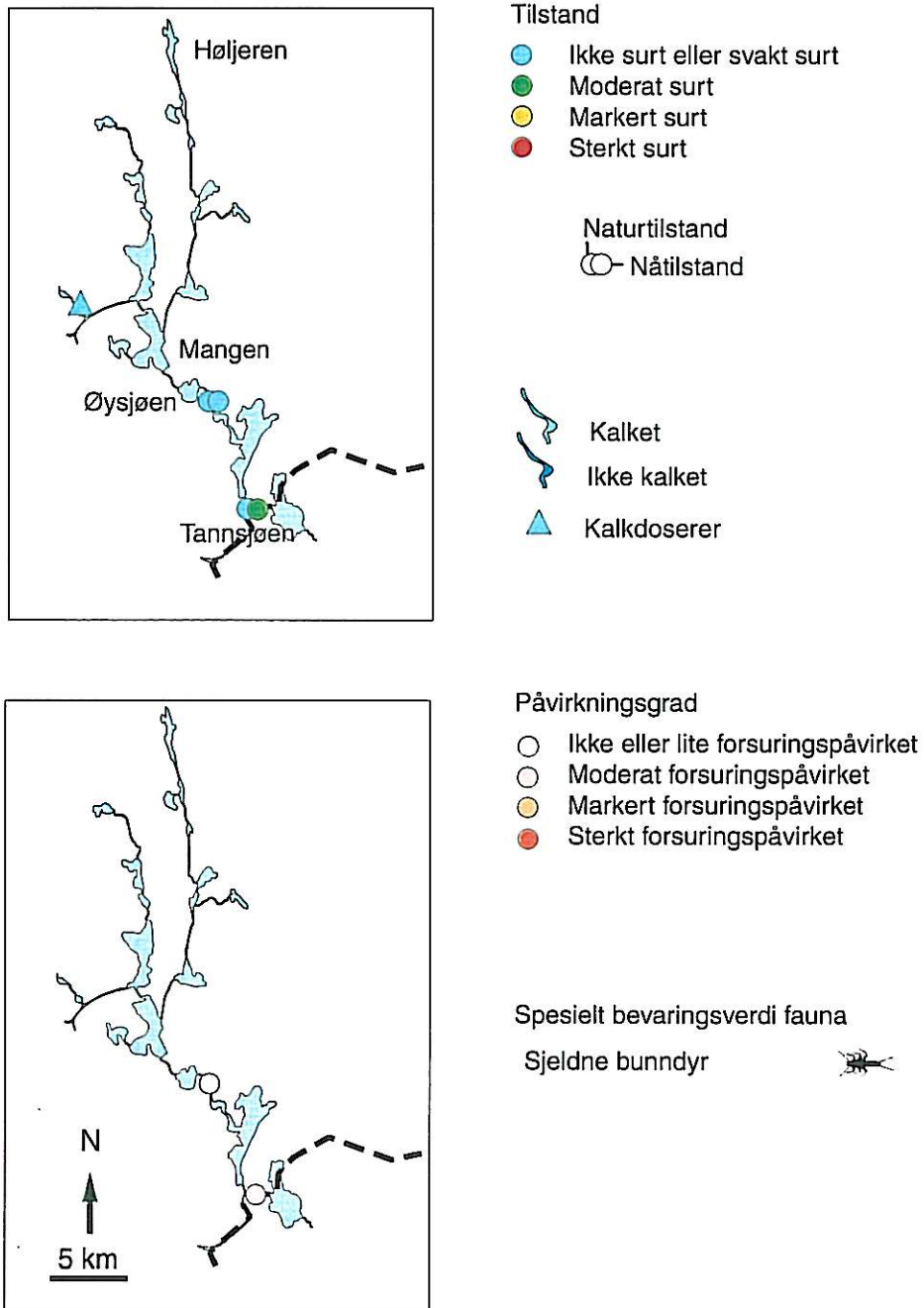
I Øysjøens utløp var det ved prøvetakingstidspunktet moderat humuspåvirket vann med akseptabel pH og god bufferevne (Tab. 3.9). Kalsiumkonsentrasjonen var godt over 2,0 mg Ca/l, og det var lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser. I Tannsjøens innløp var det moderat humuspåvirket vann med akseptabel pH og god bufferkapasitet. Kalsiumkonsentrasjonen var godt over 2,0 mg Ca/l, og det var lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser.

3.9.2. Bunndyr

Utløp Øysjøen

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuretolerante og litt forsurefølsomme insektlarver med forekomst av en meget forsurefølsom art (vårfluen

Mangenvassdraget



Figur 3.9. Forsuringssituasjonen i Mangenvassdraget 13. oktober 1997.

Chematopsyche lepida) samt flere moderat forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som fåbørstemark, snegl, døgnfluer, vårfluer, fjærmygg og stankelbein/klegg. Småmuslinger, asell, steinfluer og "Elmis"-biller var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet bestod av tre arter: *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum* og *Heptagenia sulphurea*. Størst forekomst var det av *Centroptilum luteolum*. Steinfluesamfunnet bestod av artene *Isoperla sp.*, *Amphinemura sp.* og *Nemoura sp.* Vårfluesamfunnet var rikt utviklet og størst forekomst hadde arter som *Hydroptila sp.*, *Oxyethira sp.*, *Ithytrichia lamellaris*, *Oecetis sp.* og *Setodes argentipunctellus*. Videre var følgende vårfluearter vanlig forekommende: *Polycentropus flavomaculatus*, *Cheumatopsyche lepida*, *Hydropsyche pellucidula* og *Lepidostoma hirtum*.

Innløp Tannsjøen

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme insektlarver. Det ble bare registrert en moderat forsuringfølsom art (vårfluen *Ithytrichia lamellaris*). Meget forsuringfølsomme arter ble ikke funnet. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, vårfluer og fjærmygg. Steinfluer og knott var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet var helt dominert av arten *Baetis rhodani*, men enkelte individ av *Heptagenia sulphurea* ble også registrert. Steinfluesamfunnet var artsfattig og bestod av følgende tre arter: *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa* og *Protonemura meyeri*. Det var stor forekomst av vårfluer og størst forekomst hadde arter som: *Polycentropus flavomaculatus*, *Neureclipsis bimaculata*, *Hydropsyche pellucidula* og særlig *H. siltalai*. Vanlig forekommende var også vårfluearten *Rhyacophila nubila*.

3.9.3. Konklusjon

Utløp Øysjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte svakt surt miljø (surhetsklasse 1-2), og lokaliteten bedømmes som lite forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som fortsatt kan skape problemer på lokaliteten. Lokaliteten bedømmes likevel å ha nær naturgitt flora og fauna.

Innløp Tannsjøen

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunndyrsamfunnet indikerte likevel moderat til markert surt miljø (surhetsklasse 2-3) og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringspåvirket. Sannsynligvis er det surstøter i snøsmeltingen som skaper størst problemer på lokaliteten.

3.10. Røvatn, Ertevatn og Rømsjøen, Østfold (Lokalitet 10.1-10.3, figur 3.10)

3.10.1. Fiskeforekomster, kalking og vannkvalitet

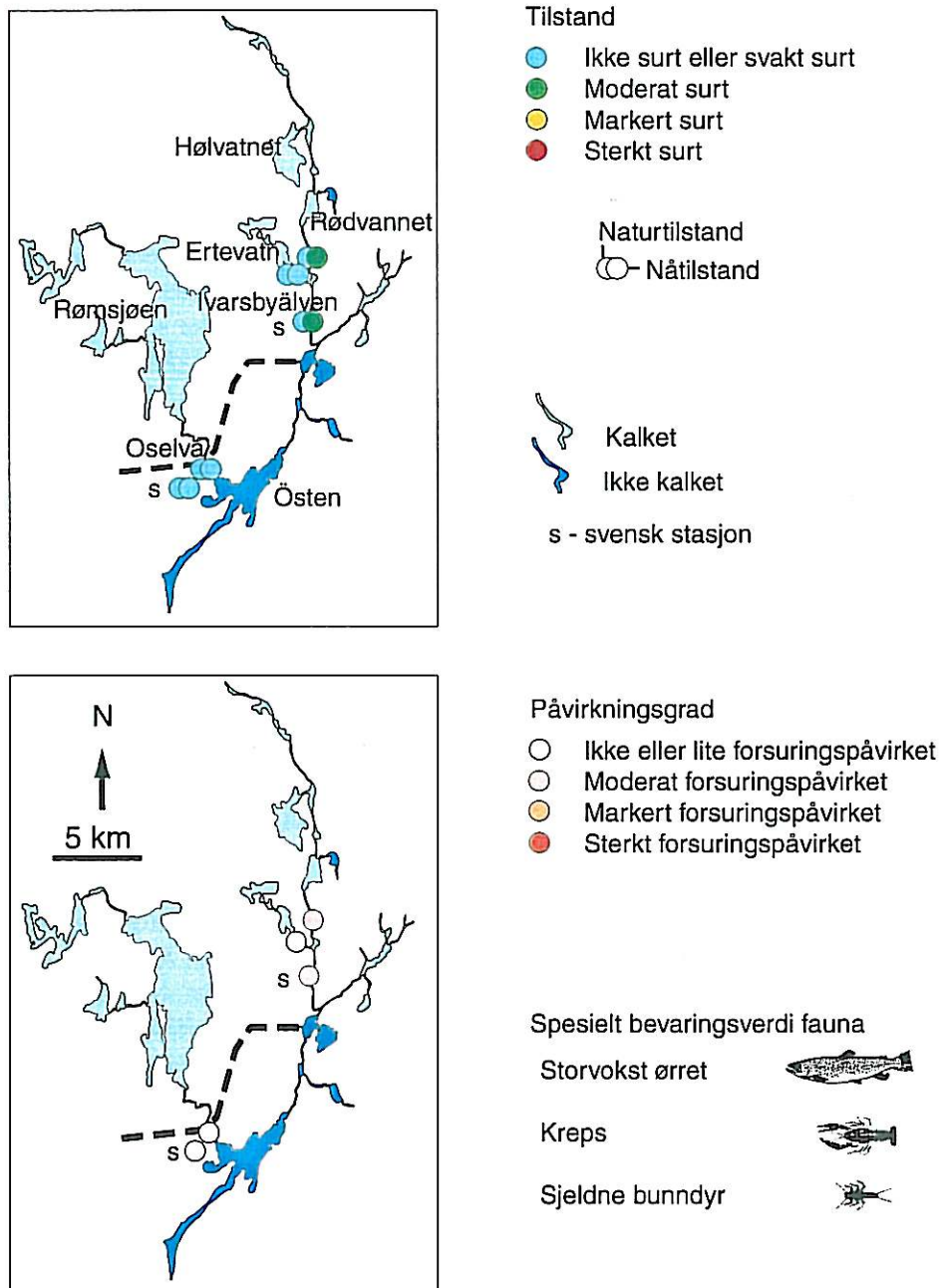
Fiskeforekomster og kalking

I Hølvatn og Stangebrot finnes abbor, ørekyte og gjedde. I Rømsjøen finnes foruten de nevnte artene også ørret, sik, lagesild, krøkle, mort, laue, lake og kreps. Alle sjøene drenerer til Østen på svensk side. Kalking i vassdraget ble påbegynt i 1988. Nå tilføres tilsammen ca. 500 tonn i gjennomsnitt pr. år.

Tabell 3.10. Analyseresultater av prøver tatt den 13. oktober 1997.

Lokalitet	pH	Alk. mekv/l	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Ledn. mS/m	Turb. N.T.U.	R-Al. µg/l	L-Al. µg/l
Røvatn utløp	6,67	0,313	66	8,7	5,04	3,0	49	5
Ertevatn utløp	6,40	0,108	91	4,1	3,51	2,4	82	9
Oselva v/Elvhem	6,45	0,108	45	4,4	4,53	3,3	126	15

Ivarsbyälven og Oselva



Figur 3.10. Forsuringssituasjonen i Ivarsbyälven og Oselva 13. oktober 1997.

Vannkjemi

I Røvatnets utløp var det ved prøvetakingstidspunktet moderat til markert humuspåvirket vann med akseptabel pH og svært god bufferkapasitet (Tab. 3.10). Vannet var kalsiumrikt, og det var lave konsentrasjoner av aluminiumforbindelser. Utløpsbekken fra Ertevatn var markert humuspåvirket, og hadde svakt surt vann med relativt god bufferevne. Kalsium-konsentrasjonen var godt over 2,0 mg/l og det var lave konsentrasjoner av aluminium-forbindelser. Oselva ved Elvhem var moderat humuspåvirket og hadde svakt surt vann med relativt god bufferevne. Kalsiumkonsentrasjonen var godt over 2,0 mg/l og det var lave konsentrasjoner av aluminiumsforbindelser.

3.10.2. Bunndyr

Nedstrøms Røvatn

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme insektlarver med innslag av moderat forsuringfølsomme arter. Meget forsuringfølsomme arter ble ikke registrert. Størst forekomst hadde grupper som småmuslinger, døgnfluer, steinfluer, vårfluer, knott og fjærmygg. Fåbørstemark og øyenstikkere var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet var dominert av artene *Baetis niger* og *Baetis rhodani*. Videre ble følgende arter registrert i mindre antall: *Centroptilum luteolum*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Steinfluesamfunnet var relativt artsrikt og følgende arter ble funnet: *Isoperla sp.*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura sp.*, *Nemura cineria*, *Protonemura meyeri* og *Leuctra hippopus*. Størst forekomst blant vårfluene hadde arter som: *Rhyacophila nubila*, *Oxyethira sp.*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Hydropsyche pellucidula* og *Hydropsyche siltalai*. Vårfluearter som *Hydroptila sp.*, *Ithytrichia lamellaris* og *Oecetis sp.* ble funnet i mindre antall.

Nedstrøms Ertevatn

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme insektlarver med innslag av moderat og meget forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som døgnfluer, steinfluer, vårfluer, fjærmygg og stankelbein/klegg. Fåbørstemark, småmuslinger, øyenstikkere og knott var også vanlig forekommende grupper. Døgnfluesamfunnet var helt dominert av arten *Baetis rhodani*, men også *Baetis niger* var vanlig forekommende. Øvrige døgnfluearter som ble registrert var: *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Steinfluesamfunnet var relativt artsrikt med størst forekomst av artene *Amphinemura sp.* og *Leuctra hippopus*. Øvrige steinfluearter som ble funnet var: *Diura nanseni*, *Isoperla difformis*, *Isoperla sp.*, *Brachyptera risi* og *Nemoura cineria*. Blant vårfluene var det størst forekomst av artene *Polycentropus flavomaculatus* og *Hydropsyche siltalai*. Vårfluearter som *Rhyacophila nubila*, *Chimarra marginata*, *Oxyethira sp.* og *Hydropsyche pellucidula* var også vanlig forekommende, mens det bare ble funnet enkelte individ av artene *Hydroptila sp.* og *Lepidostoma hirtum*.

Oselva ved Elvhem

Lokaliteten hadde et variert og rikt bunndyrsamfunn dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme insektlarver med innslag av moderat og meget forsuringfølsomme arter. Størst forekomst hadde grupper som småmuslinger, døgnfluer, steinfluer, biller, vårfluer og fjærmygg. Grupper som fåbørstemark, øyenstikkere, knott og stankelbein/klegg var også vanlig forekommende. Døgnfluesamfunnet bestod av følgende arter: *Baetis niger*, *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum*, *Heptagenia sulphurea* og *Leptophlebia vespertina*. Størst forekomst var det av *Baetis niger*. Steinfluesamfunnet hadde størst forekomst av artene *Amphinemura sp.* og *Protonemura meyeri*. Arter som *Siphonoperla burmeisteri*, *Taeniopteryx nebulosa* og *Leuctra hippopus* var også vanlig forekommende. Det var et relativt artsrikt vårfluesamfunn dominert av artene *Ithytrichia lamellaris* og *Hydropsyche siltalai*. Stor forekomst hadde også vårfluer som *Chimarra marginata*, *Hydroptila sp.*, *Oxyethira sp.*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Cheumatopsyche lepida* og *Setodes argentipunctellus*. Vårfluearter som *Rhyacophila nubila*, *Agapetus ochripes*, *Lepidostoma hirtum* og arter tilhørende familien *Limnephilidae* forekom i mindre antall.

3.10.3. Konklusjon

Nedstrøms Røvatn

Det var tilfredsstillende vannkvalitet ved prøvetakingstilfellet. Bunn dyrsamfunnet indikerte likevel moderat surt miljø (surhetsklasse 2), og lokaliteten bedømmes som moderat forsuringpåvirket. Dette var i samsvar med de svenske undersøkelsene. Sannsynligvis er det surstøter i forbindelse med høy vannføring og da særlig i snøsmeltingen som fortsatt skaper problemer på lokaliteten.

Nedstrøms Ertevatn

Det var tilfredsstillende vannkvalitet i utløpsbekken fra Ertevatn ved prøvetakingstilfellet. Bunn dyrsamfunnet indikerte svakt surt miljø (surhetsklasse 1-2), og lokaliteten bedømmes som lite forsuringpåvirket. Sannsynligvis kan fortsatt surstøter i snøsmeltingen skape problemer på lokaliteten. Lokaliteten bedømmes likevel å ha nær naturgitt flora og fauna, og det foreligger ikke noe direkte behov for økt kalktilførsel.

Oselva ved Elvhem

Det var tilfredsstillende vannkvalitet i nedre del av Oselva ved prøvetakingstilfellet. Bunn dyrsamfunnet indikerte ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1), og lokaliteten bedømmes som ikke eller lite forsuringpåvirket med en nær naturgitt flora og fauna. Dette var i samsvar med resultatene fra de svenske undersøkelsene.

4. Om rødlistearter

Det ble ikke påvist noen arter som står oppført som direkte truede i DN-rapport 1992-6 (Størkersen 1992). Arter med lite kjent utbredelse er mulig forekommende i Søre Øyungen. Dette er kvitfinnet steinulke og *Mysis relicta*. Ferskvannskreps forekommer flere steder, men har vist tilbakegang som følge av forsuring. Kalking synes imidlertid å ha reddet flere bestander bl.a i Eidskog kommune. Elveperlemusling er sannsynligvis mer utbredt og bedre undersøkt på svensk side. Av insekter ble det påvist 6 rødlistearter og 18 slekter (ikke artsbestemt) som har en eller flere rødlistearter. Alle har status som arter med liten geografisk utbredelse, ingen er direkte truet eller sårbare. Dette er markert i artslista i vedlegg VI.

5. Konklusjon

- Naturgitt bunnfauna på norsk side i de undersøkte hovedvassdragene nord for Brøbølvassdraget, unntatt Trysilelva og Røgdenvassdraget, har sannsynligvis tilsvart svakt surt til moderat surt miljø (surhetsklasse 1-2 og 2), mens Trysilelva, Røgdenvassdraget, Brøbølvassdraget og hovedvassdragene lengre sør har eller har hatt en naturgitt bunnfauna i samsvar med ikke surt eller svakt surt miljø (surhetsklasse 1). Det vil si at vi i de nordlige vassdragene, unntatt Trysilelva og Røgdenvassdraget, har hatt en bunnfauna dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme arter med innslag av moderat forsuringfølsomme arter og muligens også i utløpene fra de største innsjøene innslag av enkelte meget forsuringfølsomme arter som f.eks. steinfluen *Dinocras cephalotus*, vårfluene *Cheumatopsyche lepida*, *Chimarra marginata* og *Wormaldia subnigra*, mens Trysilelva, Røgdenvassdraget og de sørlige vassdragene har, eller har sannsynligvis hatt, en bunnfauna dominert av forsuringstolerante og litt forsuringfølsomme arter med markert innslag av såvel moderat forsuringfølsomme som meget forsuringfølsomme arter. Her kan vi ved siden av ovenfor nevnte arter bl.a. nevne igler, forsuringfølsomme døgnfluer, snegl, kreps og elveperlemusling som eksempel på mer forsuringfølsomme grupper. Tilrennende mindre elver og bekker med stor myrpåvirkning antas i hele området å ha hatt en naturgitt bunnfauna i samsvar med markert surt miljø (surhetsklasse 3). Det vil si en bunnfauna dominert av forsuringstolerante arter med til dels stort innslag av litt forsuringfølsomme arter, men der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes. Sterkt myrpåvirkede (humusrike) småbekker og tjern

finnes også i hele området der vi har en antatt naturgitt bunnfauna i samsvar med surt miljø. Videre finnes enkelte mer kalkrike og buffer-sterke lokaliteter i området som ennå ikke er forsuringsskadede, og der vi fortsatt finner meget forsuringfølsomme arter som for eksempel marflo (*Gammarus sp.*).

- Resultatene av bunndyrundersøkelsene i "referansevassdragene" dvs. buffer-svake vassdrag som ikke er kalket, viste at disse var mer eller mindre forsuringspåvirkede med tap av forventet naturgitt biologisk mangfold og produksjonsevne. Halåa og Børjåa kan betegnes som markert forsuringspåvirkede, mens Eskildsåa, Svartbekken, innløp Breisjøen, utløp Nessjøen og utløp Holmsjøen kan betegnes som moderat forsuringspåvirket. Minst påvirket var utløpsbekken fra Nessjøen i Veksnavassdraget. Dette viste at vassdragene i området var forsuringspåvirkede og at vassdrag med liten naturgitt bufferevne var klart forsuringsskadede. **Sannsynligvis er det surstøter ved høy vannføring og da særlig i forbindelse med snøsmeltingen som gir skadeeffekter.**
- Kalking av "grensevassdragene" har gitt positive og forventete resultater. Ved lav- og normalvannføring oppnås satte miljømål med hensyn til vannkvalitet (dvs. økt pH og alkalitet, økte konsentrasjoner av kalsium og minket konsentrasjon av aluminiumforbindelser). Bunnfaunaen indikerte likevel at vi fortsatt har forsuringsskader i flere av de kalkede vassdragene og her hadde en i 1995-97 en tilstand som ikke helt var i samsvar med satte biologiske miljømål. Istidsrelikter, kreps og elveperlemusling må derfor fortsatt betraktes som utsatte grupper. I nylig kalkede vassdrag kan det også være at forsuringfølsomme arter ikke har rukket å reetablere seg. Situasjonen var som følger:
 - Innløp i Øyersjøene og Vikeråa i Brøbølvassdraget hadde fortsatt en bunnfauna som indikerte markert forsuringspåvirkning. Årsaken til dette er sannsynligvis at mer forsuringfølsomme bunndyr ennå ikke var reetablert etter kalking, men årsaken kan også være surstøter ved høy vannføring.
 - Varåa, Høljåa, Røgdenvassdraget, øvre deler av Rotna, Varaldsjøen/Møkeren, Vrangselva, Mangenvassdraget og Ivarsbyälven bedømmes utifra bunndyr-forekomsten fortsatt som moderat forsuringspåvirket. Årsaken til dette er trolig surstøter ved høy vannføring, særlig i vårflommen. Vårflommen i 1995 bør her spesielt nevnes.
 - Midtskogsåa, nedstrøms Rotbergssjøen, Rotna ved riksgrensa, Billa, utløp Øysjøen, utløp Ertevannet og Oselva bedømmes utifra bunndyrforekomsten som lite forsuringspåvirket og har trolig nå nær naturgitt flora og fauna. Disse lokalitetene, unntatt Rotbergssjøen, er også de lokalitetene som ble kalket tidligst.
 - Trysilelva var ikke eller lite forsuringspåvirket ved grensepassering.
 - Kalkingen har ikke bidratt til dokumenterbare negative eller uønskede effekter på de undersøkte lokaliteter.

6. Litteratur

- Alenäs, I, B.J. Andersson and H. Hultberg.** 1991. Liming and reacidification reactions of a forest lake ecosystem, lake Lysevatten, in SW Sweden. *Water, Air, Soil and Pollut.* 59: 55-77.
- Andersen, J.R. et al.** 1997. Klassifisering av miljökvalitet i ferskvann. Veiledning fra SFT. TA-nr. 1468/1997.
- Andersson, B. og P. Andersson.** 1984. The distribution of trout (*Salmo trutta* L.) in relation to pH - an inventory of small streams in Delsbo, central Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 61: 28-35.
- Anderson, P. and P. Nyberg.** 1984. Experiments with brown trout (*Salmo trutta* L.) during spring in mountain streams at low pH and elevated levels of iron, manganese and aluminium. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 61: 34-47.
- Appelberg, M. og U. Alden.** 1992. Integrerad uppföljning av kalkningens effekter på sjöar och vattendrag - en treårsrapport. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 60 p.
- Bendell, B.E. and D.K. McNicol.** 1987. Fish predation, lake acidity and the composition of aquatic insect assemblages. *Hydrobiologia* 150: 79-108.
- Bergquist, B., E. Engblom og P.E. Lingdell.** 1992. Förekomst och kolonisation av bottenfauna i kalkade vatten. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 22 p.
- Borg, H.** 1988. Trace metals in Swedish forest lakes - factors influencing the distribution and speciation in water: - *Acta Univ. Upsaliensis* 1988-145: 1-21.
- Bækken, T. og K.J. Aanes.** 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Nr 2A. Forsuring. NIVA Rapport 2491. 46 p.
- Dickson, W.** 1978. Some effects of acidification of Swedish lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 851-856.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN).** 1990. Håndbok i kalking av surt vann. DN-Håndbok nr. 1. 52 ss.
- Dougan, W. K. & A. L. Wilson.** 1974. The absorptiometric determination of aluminium in water. A comparison of some chromogenic reagents and the development of an improved method. *Analyst* 99: 413-430.
- Drabløs, D. & Sevaldrud, I. H.** 1980. Forsuringstendensar, endringer i bruk av utmark og sur nedbør i utvalde område i Nord-Hedmark. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport 59/80. 131 ss.
- Driscoll, C. T.** 1984. A procedure for the fractionation of aqueous aluminium in dilute acidic waters. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 16: 267-284.
- Engblom, E. og P.E. Lingdell.** 1983. Bottenfaunans anvendbarhet som pH-indikator. SVN-rapport pm 1741 1983.
- Engblom, E. og P.E. Lingdell.** 1985. Hur påverkar kalkdoserere bottenfaunan? Naturvårdsverket Rapport 1994. 81 p.
- Engblom, E. og P.E. Lingdell.** 1987. Vilket skydd har de vattenlevende smådjuren i landets naturskyddsområden? Naturvårdsverkets Rapport 3349.
- Espelien, A.R. et al.** 1995. Handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000. DN-rapport 1995-8.
- Fjellheim, A. og G.G. Raddum.** 1990. Acid precipitation: monitoring of streams and lakes. *The Sciences of the Total Environment*, 96 (1990).
- Fleischer, S. et al.** 1993. Acid water research in Sweden - knowledge for tomorrow? *Ambio* 22.
- Forseth, T. et al.** 1997. Biologisk status i kalka innsjøer. NINA OPPDRAGSMELDING 508. 52 s.
- Friberg, N., A. Rebsdorf and S.E. Larsen.** 1998. Effects of afforestation on acidity and invertebrates in Danish streams and implications for freshwater communities in Denmark. *Water, Air, and Soil Pollution* 101: 235-256.
- Hageby, A. og R.C. Petersen Jr.** 1988. Effects of low pH and humus on the survivorship, growth and feeding of *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). *Freshw. Biol.* 19: 235-247.

- Henrikson, L. og M. Midin, M.** 1990. Bottenfaunaen i tjugo vattendrag i Jönköping län 1989. En biologisk försurningsbedömning. Jönköping County Council, Rep. 1990:15.
- Henrikson, L. and Y.-W. Brodin.** 1995. Liming Acidified Surface Waters. A Swedish synthesis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995.
- Henrikson, L., A. Hindar og E. Thörnelöf.** 1995. Freshwater Liming. Water, Air and Soil Pollution 85: 131-142.
- Herrman, J.** 1990. Physiological, foodchain and ecological effects among benthic invertebrates exposed to low pH and associated metal concentrations. p. 383-396. *In* The surface water acidification programme. Ed.: B.J. Mason. Final Report, Cambridge University Press.
- Hämäläinen, H. and P. Huttunen.** 1998. Macroinvertebrate-inferred stream- water acidity in north eastern Finland. Water, Air and Soil Pollution 104: 223-236.
- Johanson, R.K., T. Widerholm and D.M. Rosenberg.** 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In Rosenberg D.M.R. red. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, Chapman & Hall, New York: 40-158.
- Kjellberg, G., S. Rognerud og O.Gillund.** 1985. Basisundersøkelse i Trysilelva 1981-1984. NIVA-rapp., Løpenr.1816. 103 s.
- Kjellberg, G.** 1994. Tiltaksorientert overvåkning av Trysilelva. Generell vurdering av forurensningsgrad basert på kjemiske og biologiske forhold 1992. NIVA-rapp., Løpenr.2983. 69 s.
- Kjellberg, G.** 1995. Tiltaksorientert overvåkning av Vrangselva. Generell vurdering av forurensningsgrad basert på kjemiske og biologiske forhold i 1994. NIVA-rapp. Løpenr. 3353-95. 58 s.
- Lien et al.** 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. The Science of the Total Environment 177 (1996).
- Lingdell, P.E. og E. Engblom.** 1989a. Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem. Länsstyrelsen i Kopparbergs län, Rapport 1989 (1). 39 p.
- Lingdell, P.E. og E. Engblom.** 1989b. Kalkningseffekter i Foskan och Bunnan. Länsstyrelsen i Kopparbergs län, Rapport 1989 (2). 28 p.
- Lingdell, P.E. og E. Engblom.** 1991. Vattenkvaliteten i några sjöar och vattendrag i Stockholms län. Bedömningar utifrån bottenfaunans artsammansättning. Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 1991 (16). 185 p.
- Linløkken, A.** 1994. Kalkingsplan for grensekryssende vassdrag i Hedmark, Akershus og Østfold. Stensil 11 s.
- Muniz, I.P.** 1991. Freshwater acidification: Its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. p. 227-254. *In* Acidic deposition: its nature and impacts. Eds: T.F. Last and R. Watling. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 97b.
- Olem, H., R.K. Schreiber, R.W. Brocksen og D.B. Porcella (Eds):** 1991. "International lake and watershed liming practices", The Terrene Institute, Washington D.C., USA.
- Raddum, G.G.** 1980. Comparison of benthic invertebrates in lakes with different acidity. p. 330-331. *In* Proceedings of the International Conference on the ecological impacts of acid precipitation. Eds: D. Drablös og A. Tollan. SNSF Project, Oslo, Norway.
- Raddum, G.G. og A. Fjellheim.** 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. Verh. Internat Verein. Limnol. 22.
- Raddum, G.G., G. Hagelund. og G.A. Halvorsen.** 1984. Effects of lime treatment on the benthos of lake Söndre Boksjö. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 61: 167-176.
- Raddum, G.G. og A. Fjellheim.** 1987. Effects of pH and aluminium on mortality, drift and molting of the mayfly *Baetis rhodani*. Ann. soc. R. Zool. Belg.,177 (Suppl. 1).
- Raddum, G.G. et al.**1988. Monitoring of acidification by the use of aquatic organisms. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23.
- Rydström, M.** 1994. Kalkingsplan for grensekryssende vassdrag. Stensil 8 s.
- Sevaldrud, I. H. & Muniz, I. P.** 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport 77/80. 95 ss.

- SFT (Statens forurensningstilsyn).** 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1996. (Statlig program for forurensningsovervåking). Rapport nr. 710/97. 197 pp.
- SFT (Statens forurensningstilsyn).** 1998. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 1997. (Statlig program for forurensningsovervåking). Rapport nr. 736/98. 182 pp.
- Stenson, J.A.E., J.E. Svensson and G. Cronberg.** 1993. Changes and interactions in the pelagic community in acidified lakes in Sweden. *Ambio* 22: 277-282.
- Størkersen, Ø. R.** 1992. Truete arter i Norge. DN-rapport 1992-6. 89 ss.
- Weatherley, N.S.** 1988. "Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: A review of the biological consequences", *Water, Air, and Soil Pollution* 39, 421-437.
- Økland, J. og K. Økland.** 1986. Effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. *Experientia* 42: 471-486.

VEDLEGG

VEDLEGG I

Stasjoner hvor det ble tatt prøver den 2. og den 3. oktober 1995.

Prosj. nr.	Vassdrag	Stasjon nr.	Stasjons navn	UTM	Hoh.
1	Varåa	P.1.1	Varåa	3614 67748	350 m
1		P.1.2	Eskildsåa (referanse)	3603 67734	350 m
2	Høljåa	P.2.1	Høljåa	3539 67690	400 m
3	Halåa	P.3.1	Svartbekken (referanse)	3543 55552	300 m
3		P.3.2.	Halsjøen, utløp	3536 67497	295 m
3		P.3.3	Midtskogsåa	3609 67305	215 m
4	Røgdenvassdr.	P.4.1	Breisjøen, inn (referanse)	3623 67164	390 m
4		P.4.2	Breisjøen, ut	3649 67155	380 m
4		P.4.3	Fallsjøen, ut	3662 67102	340 m
4		P.4.4	Rotbergsjøen, ut	3642 77053	330 m
4		P.4.5	Røgden, v/Østmark		

Stasjoner hvor det ble tatt prøver den 4. oktober 1996.

Prosj. nr.	Vassdrag	Stasjon nr.	Stasjons navn	UTM	H.o.h.
5	Rotna	P.5.1	Helgeren, ut	3582 66964	240 m
5		P.5.2	Kalsjøen, ut	3648 66946	380 m
5		P.5.3	Rotna, v/grensa	3620 66854	205 m
6	Brøbølvassdr.	P.6.1	Nordre Øyersjøen, inn	3596 66816	270 m
6		P.6.2	Søre Øyersjøen, ut	3586 66770	260 m
6		P.6.3	Varaldsjøen, ut	3558 66717	180 m
6		P.6.4	Møkeren, ut	3551 66655	170 m
6		P.6.5	Utgardsjøen, ut	3553 66503	120 m
7	Billa	P.7.1	Søre Bellingen ut	3504 66543	175 m

Stasjoner hvor det ble tatt prøver den 8. og den 13. oktober 1997.

Prosj. nr.	Vassdrag	Stasjon nr.	Stasjons navn	UTM	H.o.h.
8	Vrangselsva	P.8.1	Nessjøen, utløp	3453 66516	130 m
8		P.8.2	Vrangselsva v/Magnor	3435 66494	120 m
8	Holmsjøen	P.8.3	Leirsjøen, innløp	3415 66425	148 m
9	Mangenvassdr.	P.9.1	Øysjøen, ut	6595 66467	180 m
9		P.9.2	Tannsjøen, inn	6614 66409	175 m
10	Hølvatn	P.10.1	Rødvannet, ut	6647 66262	230 m
10	Stangebrot	P.10.2	Ertevannet, ut	6648 66245	215 m
10	Rømsjøen	P.10.3	Oselva	6613 66154	115 m

VEDLEGG II a

Arealer av innsjøers overflate (ha) samt nedbørfelt (km²) og avrenning (mill. m³) for viktige deler av de underøkte vassdragene.

Vassdrag		Overflate areal	Nedbørfelt	Netto nedbørfelt	Netto avrenning
Varåa	Fønsjøen	117	13	13	6,3
	Tørrbergsjøen	125	62	54	27
	Kilbontjern	23	3,3	3,4	1,7
	Munksjøen	53	4,3	4,3	2,2
	Kalket			75	37
	Ukalket			331	169
Hølja	Høljesjøen	30	32	32	16
	Rysjøen	93	11	11	5,5
	Kalket med doserer*		72	40	20
Halåa/Flisa	Halsjøen ukalket	370	185	185	93
Midtskogsåa	Kalking i innsjøer		200	200	100
Røgden	Røgden m/små tilløp	1550	275	130	57
	Rotbergsjøen	500	127	32	14
	Baksjøen Søre	70	18	18	7,9
	Baksjøen Nordre	103	15	15	6,6
	Fallsjøen	510	80	53	23
	Breidsjøen	58	27	27	12
Rotna	Kjerkesjøen	105	36	18	16
	Nøklevatn	195	18	14	8
	Kalsjøen	73	4,4	4,4	2
	Helgeren	57	166	80	74
	Rotnessjøen	105	86	86	38
Brøbølvassdr	Abbortjern (Vikeråa)	1,5	0,5	0,5	0,2
	Søre Øyersjøen	150	57	21	9,3
	Nordre Øyersjøen	65	36	25	11
	Øvre Kjerketjern	17	6,2	6,2	2,8
	Nedre Kjerketjern	-	-	-	-
	Abbørtjern	20	-	-	-
	Svarttjern (Vikeråa)	4	-	-	-
	Vidtjern	20	1,1	1,1	0,5
	Nordre Mosevatn	20	16	5	2,2
	Søre Mosevatn	45	11	11	4,9
	Svarttjern (Larbekken)	4	0,2	0,2	0,1
	Abbortjern (Larbekken)	5	3	3	1,3
	Holmtjern	5	0,2	0,2	0,1
	Snustjern	1	0,4	0,4	0,2
	Sarabodako	2	0,8	0,8	0,4
	Bjørntjerna (3 stk.)	4	1	1	0,4

VEDLEGG II b

Arealer av innsjøers overflate (ha) samt nedbørfelt (km²) og avrenning (mill. m³) for viktige deler av de underøkte vassdragene.

Vassdrag		Overflate areal	Nedbørfelt	Netto nedbørfelt	Netto avrenning
Billavassdraget	Stråttjern østre	5	6,2	2,15	1,0
	Stråttjern vestre	5	2,1	1,95	0,9
	Vintertjern	23	1,95	1,95	0,9
	Sætertjern I	25	1,75	1,75	0,8
	Damtjern	3	3	1	0,4
	Vålvatn	20	2	2	0,9
	Flatjern	15	2,9	2,9	1,3
	Søre Bellingen	93	50	16	7,1
	Nordre Bellingen	180	34	26,7	12
	Sætertjern II	5	0,8	0,8	0,4
	Baksjøen	40	5,5	5,5	2,4
	Gartanstjern	13	1	1	0,4
Vrangselva	Søre Øyungen	130	17,8	17,8	7,9
	Bæreia	138	11,1	11,1	4,9
Mangenvassdr. /Kölaälven	Tannsjøen				
	Skjervangen	600	425	58	25,8
	Langsjølungen	76	19,8	19,8	8,8
	Mangen	393	250	27,3	12,1
	Sotsjøen	76	7,3	7,3	3,2
	Viksjøen+Bjørknessjøen	364	141	65,4	3,2
	Himtjern utløp		26,8	26,8	11,9
	Handsjøen	51	16,9	12,1	5,4
	Romsjøen	76	4,8	4,8	2,1
	Rabillen	72	6,5	6,5	2,9
	Butjern	51	52,2	3,9	1,7
	Nettmangen	166	48,3	27,8	12,3
	Havsjøen	98	74,4	23,3	10,4
	Steineia	38	5,8	5,8	2,6
	Store Børen	67	35,3	27,2	12
	Breidsjøen	45	2,8	2,8	1,2
	Høljøren	101	8,1	8,1	3,6
	Langvatn				
	Harstadsjøen	80	66	33	14,7
	Høgdertjerna				
Grusjøen	13	6	6	2,7	
Jerpsettjern	17	3	3	1,3	
Busjøen	30	15	15	6,7	
Store Skjølungen	20	9	9	4	
Ivarsbyälven	Stangebrot	58	11,8	11,8	5,2
	Hølvatn (verneområde)	161	10,3	10,3	4,6
	Rømsjøen	1360	137	112	49,8
	Ertevatn/Damtjern	74	5	5	2,2
	Vortungen	186	20	20	8,9

VEDLEGG III a

Oversikt over kalkinger (antall tonn CaCO₃) foretatt i de undersøkte vassdragene.

		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Varåa	Vestsjøen		35					
	Flekksjøen		7					
	Fønsjøen		53		24	24	24	24
	Tørrbergsjøen		43		41	47	47	47
	Kilbontjern		8		7	7	7	7
	Munksjøen	23			14	14	14	14
	Årlig kalking	23	146	0	86	92	92	92
Hølja	Høljåa, doserere ca.	200	200	200	200	223	220	220
	Høljesjøen				20	20	20	20
	Rysjøen		33		40	29	29	29
	Årlig kalking	200	233	200	260	272	272	272
Flisa	Midtskogsåas tilløp på svensk side							
	Årlig kalking		ca. 800		788			
Røgden	Røgden		2331		240	1600	360	360
	Baksjøen Søre			84		33	32	32
	Sandsjøen			60		13	13	13
	Tvengbergstjern			12		4	4	4
	Sætertjern			5	5	5	5	5
	Rotbergsjøen			404		73	73	73
	Baksjøen Nordre			64		26	26	26
	Fallsjøen			445		112	112	112
Rotna	Kjerkesjøen					28	28	28
	Nøklevatn			190	43	43	43	43
	Kalsjøen			121	17	17	17	17
	Rotnessjøen (doser)				200	700	700	700
Brøbølvass dr	Abbortjern (Viker.)				3	3	3	3
	Søre Øyersjøen					36	36	36
	Nordre Øyersjøen					56	56	56
	Øvre Kjerketjern					18	18	18
	Nedre Kjerketjern					4	4	4
	Abbørtjern					7	7	7
	Svarttjern (Vikeråa)					2	2	2
	Vidtjern				7		3	3
	Nordre Mosevatn				14	14	14	14
	Søre Mosevatn				40	40	40	40
	Svarttjern (Larb.)		1		1	1	1	1
	Abbortjern (Larb.)		6		6	6	6	6
	Holmtjern		2		2	2	2	2
	Snustjern		1		2		2	2
	Sarabodako		2		2	2	2	2
Bjørntjerna (3 stk.)		4		4		4	4	

VEDLEGG III b

Oversikt over kalkinger (antall tonn CaCO₃) foretatt i de undersøkte vassdragene.

		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Billavassdr.	Stråttjern østre				4	4	4	4
	Stråttjern vestre				4	4	4	4
	Vintertjern		11		13	4	4	4
	Sætertjern I					13	13	13
	Damtjern					2	2	2
	Vålvatn					4	4	4
	Flatjern					19	19	19
	Søre Bellingen		118			35	35	35
	Nordre Bellingen		262			75	75	75
	Sætertjern II			3	3	3	3	3
	Baksjøen		60			13	13	13
	Gartanstjern					12	4	4
Vrangselta	Søre Øyungen				248	47	47	47
	Bæreia	60			27	19	19	19
Mangenvas d.	Langsjølungen		64		62	32	32	32
/Kölaälven	Mangen	189				116	116	116
	Sotsjøen	75			114	24	24	24
	Viksj./Bjørknessj.					160	160	160
	Himtjern utløp, dose				150	150	150	150
	Handsjøen	92			53	33	33	33
	Romsjøen	101				24	24	24
	Rabillen	101				20	20	20
	Butjern	191			115		21	21
	Nettmangen	496			197		83	83
	Havsjøen				390		78	78
	Steineia				31		15	15
	Store Børen				141		75	75
	Breidsjøen				12		8	8
	Høljøen				161	27	27	27
	Langvatn			36		13	13	13
	Harstadsjøen			198		194	194	194
	Høgdertjerna			27		9	9	9
	Grusjøen				15	15	15	15
	Jerpsettjern			22		14	14	14
	Busjøen				54	54	54	54
Store Skjølungen			58		35	35	35	
Ivarsbyälven	Stangebrot				100	58	58	58
	Hølvatn (verneområde)				294		90	90
	Rømsjøen					640	320	320
	Ertevatn/Damtjern				33			
	Vortungen	200			33	39	39	39

VEDLEGG IV a

Fisk- og krepsforekomster i de undersøkte vassdragene.

Vassdrag	Stasjons navn	Fiskearter
Varåa	Eskildsåa (referanse)	Ørret (0)
	Varåa	Ørret, harr, abbor, mort, laue, gjedde, lake.
Høljåa	Høljåa	Ørret, abbor.
Halåa	Svartbekken (referanse)	Ørret
	Halsjøen, utløp	Ørret, abbor, mort, gjedde.
Midtskogsåa	Vermundsjøen	Ørret, abbor, mort, laue, gullbust, gjedde.
Røgdenvassdr.	Breisjøen	Ørret, abbor, gjedde, mort.
	Fallsjøen	Ørret, røye, abbor, gjedde, mort.
	Rotbergsjøen	Ørret, abbor, gjedde, mort, hork
	Røgden	Ørret, hork, abbor, gjedde, mort, lake.
Rotna	Helgeren	Ørret, abbor, gjedde, mort, lake, ål.
	Kalsjøen	Ørret, røye, abbor.
Brøbølvassdr.	Nordre Øyersjøen	Ørret, abbor, mort, ørekyte, laue, gjedde, lake, ål.
	Søre Øyersjøen	Ørret, abbor, mort, ørekyte, laue, gjedde, lake.
	Varaldsjøen	Ørret, krøkle, lagesild, abbor, mort, gjedde, laue, lake
	Møkeren	Ørret, krøkle, lagesild, abbor, mort, gjedde.
	Utgardsjøen	Ørret, krøkle, lagesild, abbor, mort, gjedde.
Billå	Søre Bellingen	Ørret, krøkle, abbor, hork, mort, laue, gjedde, ål, kreps
Veksa	Nessjøen	Ørret, krøkle, abbor, hork, mort, laue, brasme, ørekyte, gjedde, lake, kreps, ål.
Vrangselva	Oppstrøms Magnor	Ørret, abbor, mort, fiire, brasme, laue, ørekyte vederbuk, gjedde, lake, steinulke, ål, kreps.
Holmsjøen	Leirsjøen, innløp	Abbor, mort, gjedde, ål, kreps.
Mangenvassdr.	Øysjøen	Abbor, gjedde, hork, krøkle, lagesild, lake laue, mort, sik, ørret, ål.
	Tannsjøen	Abbor, gjedde, hork, krøkle, lagesild, lake laue, mort, sik, ørret, ål, kreps
Hølvatn	Rødvannet, utløp	Abbor, ørekyte, gjedde.
Stangebrot	Ertevannet, utløp	Abbor, ørekyte, gjedde.
Rømsjøen	Rømsjøen, utløp	Ørret, sik, lagesild, krøkle, abbor, mort, laue, ørekyte, gjedde, lake, kreps.

VEDLEGG IV b

Artsnavn på norsk, svensk og latin.

Norsk	Svensk	Latin
Ørret	Øring	<i>Salmo trutta</i>
Harr	Harr	<i>Thymallus thymallus</i>
Sik	Sik	<i>Coregonus lavaretus</i>
Lagesild	Sikløja	<i>Coregonus albula</i>
Krøkle	Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>
Røye	Røding	<i>Salvelinus alpinus</i>
Abbor	Abborre	<i>Perca fluviatilis</i>
Hork	Gers	<i>Acerina cernua</i>
Mort	Mørt	<i>Rutilus rutilus</i>
Brasme	Braxen	<i>Abramis brama</i>
Laue	Løja	<i>Alburnus alburnus</i>
Gullbust	Stäm	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Fiire	Björkna	<i>Blicca bjoerkna</i>
Vederbuk	Id	<i>Leuciscus idus</i>
Ørekyte	Elritsa, kvidd	<i>Phoxinus phoxinus</i>
Gjedde	Gädda	<i>Esox lucius</i>
Lake	Lake	<i>Lota lota</i>
Steinulke	Stensimpa	<i>Cottus poecilopus</i>
Kvitfinnet steinulke		<i>Cottus gobio</i>
Ål	Ål	<i>Anguilla anguilla</i>
Kreps	Kräfta	<i>Astacus astacus</i>

Vedlegg V. Undersøkelleslokalteter, prøvetakingsår, kalkingsstatus og hovedgrupper av bunndyr som ble registrert på de ulike lokalitetene i 1995-1997.

Undersøk t	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997		
Status	Kalket		Kalket		Kalket			Kalket		Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket			Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket	Kalket		
Grupper / Stasjon	Varåa P 1.1	Eskilds- åa P 1.2	Høljåa P 2.1	Svart- bekken P 3.1	Halsjøen ut P 3.2	Midt- skogsåa P 3.3	Brei- sjøen inn P 4.1	Brei- sjøen ut P 4.2	Fallsjøen ut P 4.3	Rotberg- sjøen ut P 4.4	Røgd. ut v/Østm P 4.5	Helgeren ut P 5.1	Kalsjøen ut P 5.2	Rotna v/grensa P 5.3	N.Øyer- sjøen inn P 6.1	S.Øyer- sjøen ut P 6.2	Varald- sjøen ut P 6.3	Møkeren ut P 6.4	Utgardss- jøen ut P 6.5	S. Bellingen ut P 7.1	Nes- sjøen ut P 8.1	Vrangs- elva ved Magnor P 8.2	Holm- sjøen ut P 8.3	Mangen/ Øysjøen ut P 9.1	Tann- sjøen inn P 9.2	Høl- vatnet ut P 10.3	Stange- brot/Erte- vatnet ut P 10.2	Røm- sjøen ut P 10.3				
Flatmark	128	2	16	32	272	24	8	8		12	16								16	16												
Fåbørstemark												64		8	96	96		104	32	64	24	24	80	64	4	16	16	16				
Igler																	2							5								
Snegler													4											192								
Småmuslinger	176		16					168	188		504		4					144	8	32	24	32	432	40		117	11	192				
Vannmidd	32	9	80		16	32	4	8	24	12	8		8			32		72	8	32	5		16			5				48		
Muslingkreps																						72	8									
Asell												8		8					96				12	32								
Øyenstikkere												9	1		16				2	32			29	3	4	16	20	47				
Døgnfluer	288		104		56	60	4		312	32	1002	208	424	64	336	64	16	624	440	784	596	144	152	202	116	289	448	856				
Steinfluer	312	26	136	1504	8	52	140	314	76	24	312	144	88	44	160	1168	14	144	40	320	48	72	176	32	24	155	428	176				
Billelarver	48		64			24				8	280		32					272	144	128	88	32		37					144			
Biller voksne	8		16										8						8											24		
Vårfluer	144	13	680	64	296	16	32	48	160	12	112	1776	104	64	1248	304	14	2784	840	4624	36	144	145	315	2216	122	412	558				
Knottlarver	8	4	8	16	8			8	24			40	32	8			6	24	32	64	16	144	5	80	139	12	64					
Knott pupper																	2				16					11						
Fjærmygglarver	1408	11	976	304	272	224	36	144	576	72	220	432	80	128	1248	3616		1680	240	270	128	72	432	372	800	133	320	336				
Fjærmygg pupper														8																		
Andre tovinger	8		16		32	8	4	32				32	40			64		56	24	64	8	16	43	64			102	64				
Sum	2560	65	2112	1920	960	440	228	562	1340	360	1950	1109	552	1669	1363	3244	1007	1769	2525		1109	552	1669	1363	3244	1007	1769	2525				
Antall grupper	11	6	11	5	8	8	7	7	7	8	7	10	10	10	6	7	5	9	13	12	11	9	12	13	7	9	9	11				

Vedlegg VIa. Artslister for døgnfluer (*Ephemeroptera*), steinfluer (*Plecoptera*) og vårfluer (*Trichoptera*) som ble registret på stasjonene P 1.1 – 5.3.

St.	Stasjon														
	P 1.1	P 1.2	P 2.1	P 3.1	P 3.2	P 3.3	P 4.1	P 4.2	P 4.3	P 4.4	P 4.5	P 5.1	P 5.2	P 5.3	
	DØGNFLUER														
	Ameletus inopinatus														
	Baetis muticus														
		32		64							64		112	8	
		104		40		24			280		776	184	312		
	Caenis horaria														
	Centroptilum luteum														
	Cloeon sp														
	Ephemerella aurivillii														
	Ephemerella ignita														
		128				36								40	
									8	12	162	24		8	
		16													
		8			56		4		24	20				8	
R?	Paraleptophlebia sp														
	STEINFLUER														
R?		184	9	40	912		28	24	4		16	40		32	
			4		160		20				8		8		
	Dinocras cephalotes														
		8	2			4					8			4	
	Isoperla difformis														
		48	1	56		16	4	40	40	12	409	88		8	
		24	4	16	368	8	12	52	162	12			48		
	Leuctra hippopus														
	Leuctra nigra														
	Leuctra sp.														
R?	Nemoura sp.														
				8											
					48		12		48	32	200	8	32		
		24					4				24				
		24	6	16	16		4	4	24		16	8			
	VÅRFLUER														
	Agapetus ochripes														
	Agapetus sp.														
	Athripsodes cinereus														
		24								4	16				
R?	Ceraclea sp.														
R	Cheumatopsyche lepida														
R	Chimarra marginata														
	Hydropsyche angustipennis														
	Hydropsyche pellucidula														
	Hydropsyche siltalai														
R?		16		24								40	8	24	
R?	Hydropsyche sp.														
R?	Hydroptila sp.														
	Ithytrichia lamellaris														
	Lepidistoma hirtum														
	Leptoceridae indet														
R?		24		8									16	4	
		16		472					136		32				
	Neureclipsis bimaculata														
R?	Oecetis sp.														
R?			2	104	32		8			4		8			
			2	16	16		8	4	32			2		24	
	Plectrocnemia conspersa														
	Polycentropidae indet														
		8		16		48	12	16		4		8			
						16									
		48	8	40	16		8	8		24		24	88	8	
R	Rhyacophila nubila														
	Setodes argentipunctellus														
	Indet														
	Sum:	688	30	864	1552	296	120	156	346	524	64	1763	2034	608	168
	Antall grupper:	18	9	14	8	5	10	12	8	8	7	15	12	9	13

R = Rødlisterart, R? = slekten inneholder rødlisterart(er) (Størkersen 1992).

Vedlegg VI b. Artslister for døgnfluer (*Ephemeroptera*), steinfluer (*Plecoptera*) og vårfluer (*Trichoptera*) som ble registret på stasjonene P 6.1-10.3.

St.	Stasjon														
	P 6.1	P 6.2	P 6.3	P 6.4	P 6.5	P 7.1	P 8.1	P 8.2	P 8.3	P 9.1	P 9.2	P 10.3	P 10.2	P 10.3	
	DØGNFLUER														
	Ameletus inopinatus														
	Baetis muticus														
	Baetis niger														
	Baetis rhodani														
	Caenis horaria														
	Centropilum luteum														
	Cloeon sp														
	Ephemerella aurivillii														
	Ephemerella ignita														
	Heptagenia dalecarlica														
	Heptagenia fuscogrisea														
	Heptagenia sulphurea														
	Leptophlebia vespertina														
R?	Paraleptophlebia sp														
	STEINFLUER														
R?	Amphinemura sp.														
	Brachyptera risi														
	Dinocras cephalotes														
	Diura nanseni														
	Isoperla difformis														
	Isoperla sp.														
	Leuctra hippopus														
	Leuctra nigra														
R?	Leuctra sp.														
	Nemoura sp.														
	Protonemura meyeri														
	Siphonoperla burmeisteri														
	Taeniopteryx nebulosa														
	VÅRFLUER														
	Agapetus ochripes														
	Agapetus sp.														
	Athripsodes cinereus														
	Athripsodes sp.														
R?	Ceraclea sp.														
R	Cheumatopsyche lepida														
R	Chimarra marginata														
	Hydropsyche angustipennis														
	Hydropsyche pellucidula														
	Hydropsyche siltalai														
R?	Hydropsyche sp.														
R?	Hydroptila sp.														
	Ithytrichia lamellaris														
	Lepidistoma hirtum														
	Leptoceridae indet														
R?	Limnephilidae indet.														
	Micrasema sp.														
	Neureclipsis bimaculata														
R?	Oecetis sp.														
R?	Oxyethira sp.														
	Plectrocnemia conspersa														
	Polycentropidae indet														
	Polycentropus flavomaculatus														
	Polycentropus irroratus														
	Rhyacophila nubila														
R	Setodes argentipunctellus														
	Indet														
	Sum:														
	Antall grupper:														

R = Rødlisterart, R? = slekten inneholder rødlisteart(er) (etter Størkersen 1992).

Vedlegg VII

KLASSIFISERING AV SURHETSGRAD OG VURDERING AV FORSURING I RENNENDE VANN BASERT PÅ FOREKOMST AV BUNNDYR.

Klassifiseringssystem tilpasset humusrike elver og bekker i østlandsområdet.

Norsk institutt for vannforskning

Torleif Bækken, NIVA Oslo

Gösta Kjellberg, NIVA Hamar

Bakgrunn

Bunndyrsamfunn er et velegnet biologisk redskap til å vurdere **surhetsforhold** og **biologiske virkninger av forsurening** i vassdrag. Med forsurening mener vi her menneskelig påvirkning av vassdraget som bidrar til å senke surhetsgraden.

Noen bunndyrarter er meget tolerante overfor lav pH, og derved også overfor forsurening. Andre arter kan dø ut når pH blir lavere enn den var ved naturtilstanden. Det er spesielt i gruppene igler (*Hirudinea*), krepsdyr (*Crustacea*), døgnfluer (*Ephemeroptera*), muslinger (*Lamellibranchiata*) og snegl (*Gastropoda*) en finner arter med liten toleranse for surt vann (Økland & Økland 1986, Henrikson & Brodin 1995). De vannlevende insektene er spesielt følsomme i de første larvestadiene og ved klekking til voksne (adulte). De fleste artene av døgnfluer knyttet til strykpartier i elver og bekker er meget følsomme for surt vann, og er derfor gode forsuringsindikatorer.

Ved en begynnende forsurening forsvinner de mest forsuringsfølsomme artene og gir derved et tidlig signal om at vassdraget er i ferd med å bli forsuret (**early warning**). Dette skjer som regel lenge før fisken (unntatt laks) blir påvirket.

I Skandinavia blir dagens biologisk klassifisering av surhetstilstand og forsuringspåvirkning oftest vurdert utfra bunndyrs pH-toleranse i følge systemene til Raddum & Fjellheim (1984), Engblom & Lingdell (1987), Fjellheim & Raddum (1990), Bækken & Aanes (1990), Henrikson & Medin (1990) og Lingdell & Engblom (1991). pH-toleransen for hver art varierer imidlertid noe avhengig av faktorer som aluminiuminnhold, kalkinnhold og ikke minst humusinnhold i vannet. **I humusrike vassdrag øker som regel bunndyrenes toleranse for surt vann** (Hargeby & Peterson 1988). En mulig årsak til dette er at særlig aluminium, men også tungmetaller bindes til humus og derved gir mindre gifteffekt. Det er derfor viktig at

klassifiseringssystemene så langt som mulig tilpasses vannkvaliteten og det biologiske mangfoldet i regionen. Som humusrike ansees vassdrag med fargetall større enn 60 mgPt/L.

Forekomst eller fravær av forsuringfølsomme indikatorarter står sentralt når bunndyr benyttes til å vurdere forsuringvirkninger. Det er viktig å bemerke at det også naturlig finnes så surt vann (sterkt myrpåvirkede vassdrag) at forsuringfølsomme arter ikke forventes å finnes der. Det er en viss risiko for at bunndyrsamfunn i slike lokaliteter blir betegnet forsuringspåvirkete selv om de i virkeligheten er tilpasset naturlig sure lokaliteter. En presis vurdering av forsuringen krever derfor at naturtilstanden er kjent. Dette er ofte en manglende faktor og kan medføre at det settes likhetstegn mellom surhetstilstand og forsuring. Særlig i områder med naturlig sure vassdrag er det viktig at en er klar over denne forskjellen.

Klassifiseringssystemet

Klassifiseringssystemet er spesielt tilpasset **humuspåvirkede elver og bekker i østlandsområdet** (skogsvassdrag). Det bygger på en rekke undersøkelser fra dette området og på de ovenfor nevnte klassifiseringssystemene. Det er tatt hensyn til områdets normale artsinnhold, med spesiell vekt på døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Enkelte arter fra andre grupper, "støttearter", benyttes der disse blir registrert. Anvendbarheten av den foreliggende klassifiseringen har blitt testet. Det ga et riktigere bilde av forholdet mellom surhetsgrad og bunndyrsamfunn for denne regionen enn de øvrige klassifiseringene (Wien 1998).

Vi foreslår at forsuringspåvirkningen måles som differansen mellom klasseverdiene (1-4) for bunndyrklasser/surhetsklasser i forventet naturtilstand og i målt nåtilstand:

Forsuringpåvirkning = Nåtilstanden - Naturtilstanden

Systemet presenteres med følgende deler:

1. En tabell som klassifiserer bunndyrarter etter deres pH-toleranse i humusrike vassdrag. Tilstanden i bunndyrsamfunnet kobles sammen med fire surhetsklasser fra pH <4,5 til pH >5,5. Systemet anvender fargesymboler for bunndyrklassene, samt tilsvarende farger i tillegg til tallsymboler for surhetsklassene:

Bunndyrklassifisering/surhetsklasser¹⁾.

- Klasse 1 (blå markering). Ikke surt eller svakt surt miljø der bunndyrsamfunnet også har innslag av meget forsuringfølsomme arter. De kan overleve kortvarige pH-senkninger (surstøt), men overlever ikke lengre tids eksponering med pH lavere enn 5,5.
- Klasse 2 (grønn markering). Moderat surt miljø der meget forsuringfølsomme arter savnes, men med innslag av moderat forsuringfølsomme arter i bunndyrsamfunnet. Disse artene overlever ikke lengre tids eksponering med pH lavere enn 5,0.
- Klasse 3 (gul markering). Markert surt miljø der meget og moderat forsuringfølsomme arter savnes, men med innslag av litt forsuringfølsomme arter i bunndyrsamfunnet. De overlever ikke lengre tids eksponeringer med pH lavere enn 4,5.
- Klasse 4 (rød markering). Sterkt surt miljø med bare forsuringstolerante arter. De kan overleve lengre perioder med pH lavere enn 4,5.

2. En tabell for forsuringspåvirkning. Tabellen angir forventet eller målt naturtilstand, samt målt nåtilstand i bunndyrsamfunnet, som fargekoder og tallverdier. Differansen mellom tallverdiene angir forsuringspåvirkningen i bunndyrsamfunnet. Graden av

forsurningspåvirkning er gitt som ulik styrke av samme farge (orange) og som tallverdier.

Forsurningspåvirkning:

- Liten eller ingen forsurningspåvirkning. Lokaliteten har et bunndyrsamfunn av samme type som forventes ved naturtilstanden. Nåtilstand - naturtilstand = 0.
- Moderat forsurningspåvirket. Lokaliteten har et bunndyrsamfunn som avviker noe fra naturtilstanden. Nåtilstand - naturtilstand = 1.
- Markert forsurningspåvirket. Lokaliteten er tydelig forsuret og har et bunndyrsamfunn som klart avviker fra naturtilstanden. Nåtilstand - naturtilstand = 2.
- Sterkt forsurningspåvirket. Lokaliteten er sterkt forsuret og har et bunndyrsamfunn med stort avvik fra naturtilstanden. Nåtilstand - naturtilstand = 3.

1) Tegninger av bunndyr i tabellene er hentet fra Engblom & Lingdell (1987).

Litteratur.

Bækken, T. og K.J. Aanes. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Nr 2A. Forsuring. - NIVA Rapport 2491. 46 p.

Engblom, E. og P.E. Lingdell. 1987. Vilket skydd har de vattenlevende smådjuren i landets naturskyddsområden? - Naturvårdsverkets Rapport 3349.

Fjellheim, A. og G.G. Raddum. 1990. Acid precipitation: monitoring of streams and lakes. - The Sciences of the Total Environment, 96 (1990).

Hageby, A. and R.C. Petersen Jr. 1988. Effects of low pH and humus on the survivorship, growth and feeding of *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). - Freshw. Biol. 19: 235-247.

Henrikson, L. och Medin, M. 1990. Bottenfaunani tjugo vattendrag i Jönköpings län 1989 - en biologisk forsurningsbedömning. - Länsstyrelsen i Jönköpings län 1990:15.

Henrikson, L. and Y.-W. Brodin. 1995. Liming Acidified Surface Waters. A Swedish synthesis. -Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995.

Lingdell, P.E. och E. Engblom. 1991. Vattenkvaliteten i några sjöar och vattendrag i Stockholms län. Bedömningar utifrån bottenfaunans artsammansättning. - Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 1991 (16). 185 p.

Raddum, G.G. and A. Fjellheim. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. - Verh. Internat Verein. Limnol. 22.

Wien, S.I. 1998. Effekter av forsuring og kalking på invertebratfaunaen i stillestående og rennende vann Stor-Elvdal, Hedmark. - Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, institutt for biologi og naturforvaltning.

Økland, J. and K. Økland. 1986. Effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. -Experientia 42: 471-486.



Døgnfluer

Forsuringstoleranse for døgnfluer (Ephemeroptera) i humusrike vassdrag basert på laveste kjente pH område/nivå der arten er observert. Vanlig forekommende arter i østlandsområdet er markert (●). Arter som i hovedsak lever i innsjøer er markert med kursiv.

pH	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Surhetsklasser	KI 1	KI 2	KI 3	KI 4	
Meget forsuringfølsomme arter <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Caenis luctuosa</i> ● <i>Baetis digitatus</i> ● <i>Baetis macani</i> ● <i>Caenis rivolurum</i> ● <i>Ephemera danica</i> ● <i>Heptagenia joernensis</i> ● <i>Metretopus borealis</i> ● <i>Paraleptophlebia standii</i> ● <i>Procloeon bifidum</i> 					
Moderat forsuringfølsomme arter <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Baetis muticus</i> ● <i>Baetis vernus</i> ● <i>Caenis horaria</i> ● <i>Ephemera vulgata</i> ● <i>Ephemerella ignita</i> ● <i>Baetis fuscatus/scambus</i> ● <i>Parameletus chelifer</i> ● <i>Siphonurus alternatus</i> ● <i>Siphonurus aestivalis</i> ● <i>Ephemerella aurivillii</i> ● <i>Ephemerella mucronata</i> ● <i>Heptagenia dalecarlica</i> 					
Litt forsuringfølsomme arter <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Centroptilum luteolum</i> ● <i>Cloeon dipterum/inscriptum</i> ● <i>Cloeon simile</i> ● <i>Baetis niger</i> ● <i>Ameletus inopinatus</i> ● <i>Baetis rhodani</i> ● <i>Heptagenia sulphurea</i> ● <i>Siphonurus lacustris</i> 					
Forsuringstolerante arter <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Arthroplea congener</i> ● <i>Heptagenia fuscogrisea</i> ● <i>Leptophlebia marginata</i> ● <i>Leptophlebia vespertina</i> 					



Steinfluer

Forsuringstoleranse for steinfluer (Plecoptera) i humusrike vassdrag basert på laveste kjente pH område/nivå der arten er observert. Vanlig forekommende arter i østlandsområdet er markert (●). Arter som i hovedsak lever i innsjøer er markert med kursiv.

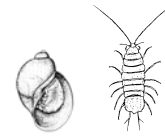
pH		5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
	Surhetsklasser	KI 1	KI 2	KI 3	KI 4	
Meget forsuringfølsomme arter	Dinocras cephalotes	_____				
	Moderat forsuringfølsomme arter					
Moderat forsuringfølsomme arter	Capnia bifrons	_____				
	Capnia pygmaea	_____				
	Capnia atra	_____				
	Capnopsis schilleri	_____				
	<i>Diura bicaudata</i>	_____				
Litt forsuringfølsomme arter	Litt forsuringfølsomme arter					
	● Siphonoperla burmeisteri	_____				
	Xanthoperla apicalis	_____				
	Perlodes dispar	_____				
	● Amphinemura borealis	_____				
	● Diura nanseni	_____				
	● Nemoura avicularis	_____				
Forsuringstolerante arter	Forsuringstolerante arter					
	Isoperla obscura	_____				
	● Leuctra fusca	_____				
	● Isoperla difformis	_____				
	● Isoperla grammatica	_____				
	Leuctra digitata	_____				
	● Amphinemura sulcicollis	_____				
	Amphinemura standfussi	_____				
	● Brachyptera risi	_____				
	● Leuctra hippopus	_____				
	Leuctra nigra	_____				
	● Protonemura meyeri	_____				
	Nemurella pictetii	_____				
	● Nemoura cinerea	_____				
● Taeniopteryx nebulosa	_____					

Vårfluer



Forsuringstoleranse for vårfluer (Trichoptera) i humusrike vassdrag basert på laveste kjente pH område/nivå der arten er observert. Vanlig forekommende arter i østlandsområdet er markert (•). Arter som i hovedsak lever i innsjøer er markert med kursiv.

pH		5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
	Surhetsklasser	Kl 1	Kl 2	Kl 3	Kl 4	
	Meget forsuringfølsomme arter					
	• <i>Ceraclea annulicornis</i>	_____				
	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	_____				
	<i>Chimarra marginata</i>	_____				
	<i>Wormaldia subnigra</i>	_____				
	Moderat forsuringfølsomme arter					
	• <i>Hydroptila</i> spp.	_____				
	<i>Ithytrichia</i> spp.	_____				
	• <i>Lepidostoma hirtum</i>	_____	_____			
	• <i>Athripsodes cinereus</i>	_____	_____			
	• <i>Agapetus ochripes</i>	_____	_____			
	• <i>Mystacides azurea</i>	_____	_____			
	• <i>Ceratopsyche silfvenii</i>	_____	_____			
	• <i>Oecetis testacea</i>	_____	_____			
	<i>Trianodes bicolor</i>	_____	_____			
	Litt forsuringfølsomme arter					
	<i>Rhyacophila fasciata</i>	_____	_____			
	<i>Micrasema setiferum</i>	_____	_____			
	<i>Tinodes waeneri</i>	_____	_____			
	<i>Goera pillosa</i>	_____	_____			
	<i>Molanna angustata</i>	_____	_____			
	<i>Molannodes tinctus</i>	_____	_____			
	<i>Mystacides longicornis/nigra</i>	_____	_____			
	• <i>Oxyethira</i> spp.	_____	_____			
	• <i>Hydropsyche pellucidula</i>	_____	_____			
	• <i>Sericostoma personatum</i>	_____	_____			
	• <i>Silo pallipes</i>	_____	_____			
	Forsuringstolerante arter					
	• <i>Hydropsyche angustipennis</i>	_____	_____	_____		
	<i>Nemotaulius punctatolineatus</i>	_____	_____	_____		
	• <i>Polycentropus irroratus</i>	_____	_____	_____		
	<i>Athripsodes aterrimus</i>	_____	_____	_____		
	<i>Holocentropus dubius</i>	_____	_____	_____		
	• <i>Polycentropus flavomaculatus</i>	_____	_____	_____		
	• <i>Neureclipsis bimaculata</i>	_____	_____	_____		
	• <i>Hydropsyche siltalai</i>	_____	_____	_____		
	<i>Cyrnus flavidus</i>	_____	_____	_____		
	<i>Cyrnus insolutus</i>	_____	_____	_____		
	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	_____	_____	_____		
	<i>Glyphotelius pellucidus</i>	_____	_____	_____	_____	
	• <i>Plectrocnemia conspersa</i>	_____	_____	_____	_____	
	• <i>Rhyacophila nubila</i>	_____	_____	_____	_____	



Støttegrupper

Forsuringstoleranse for støttegrupper som igler (Hirudinea), krepsdyr (Crustacea), biller (Coleoptera), tovinger (Diptera), snegler (Gastropoda) og muslinger (Lamellibranchiata) i humusrike vassdrag basert på laveste kjente pH der arten er observert. Vanlig forekommende arter i østlandsområdet er markert med (•). Arter som i hovedsak lever i innsjøer er markert med kursiv.

pH		5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Surhetsklasser		KI 1	KI 2	KI 3	KI 4	
Meget forsuringfølsomme arter	Krepsdyr: <i>Gammarus lacustris</i>	—				
	Igler: <i>Hemiclipsis marginata</i>	—				
	Snegler: <i>Bathyomphalus contortus</i> <i>Galba truneatula</i>	—				
Moderat forsuringfølsomme arter	Muslinger: <i>Margarita margaritifera</i> (Elvaperlemussling)	—				
	Snegler: <i>Ancylus fluviatilis</i> <i>Physa fontinalis</i>	—				
	• <i>Radix peregra/ovata</i>	—				
	• <i>Gyraulus acronicus</i> <i>Gyraulus albus</i>	—				
	Krepsdyr: <i>Astacus astacus</i> (krepes)	—				
	Tovinger: • <i>Dixa</i> spp.	—				
	Igler: <i>Erpobdella testacea</i>	—				
	• <i>Helobdella stagnalis</i> • <i>Glossiphonia complanata</i>	—				
Litt forsuringfølsomme arter	Muslinger: <i>Sphaerium corneum</i>	—				
	Biller: • <i>Limnius volckmari</i> • <i>Elmis aena</i>	—				
	Igler: <i>Haemopsis sanguisuga</i> • <i>Erpobdella octoculata</i>	—				
Forsuringstolerante arter	Muslinger: • <i>Pisidium</i> spp.	—				
	Krepsdyr: <i>Asellus aquaticus</i> • <i>Eurycercus lamellatus</i>	—				
	Tovinger: • <i>Dicranota</i> spp.	—				

Forsuringspåvirkning av bunndyrsamfunnet

= nåtilstanden - naturtilstanden

		Naturtilstand			
		1	2	3	4
Nåtilstand	1				
	2				
	3				
	4				

Forsuringspåvirkning (1-4) = Nåtilstand (1-4) – Naturtilstand (1-4)

		Naturtilstand			
		1	2	3	4
Nåtilstand	1	0			
	2	1	0		
	3	2	1	0	
	4	3	2	1	0