

PRAKTISKE ERFARINGER MED KORALLGRUSKALKINGER

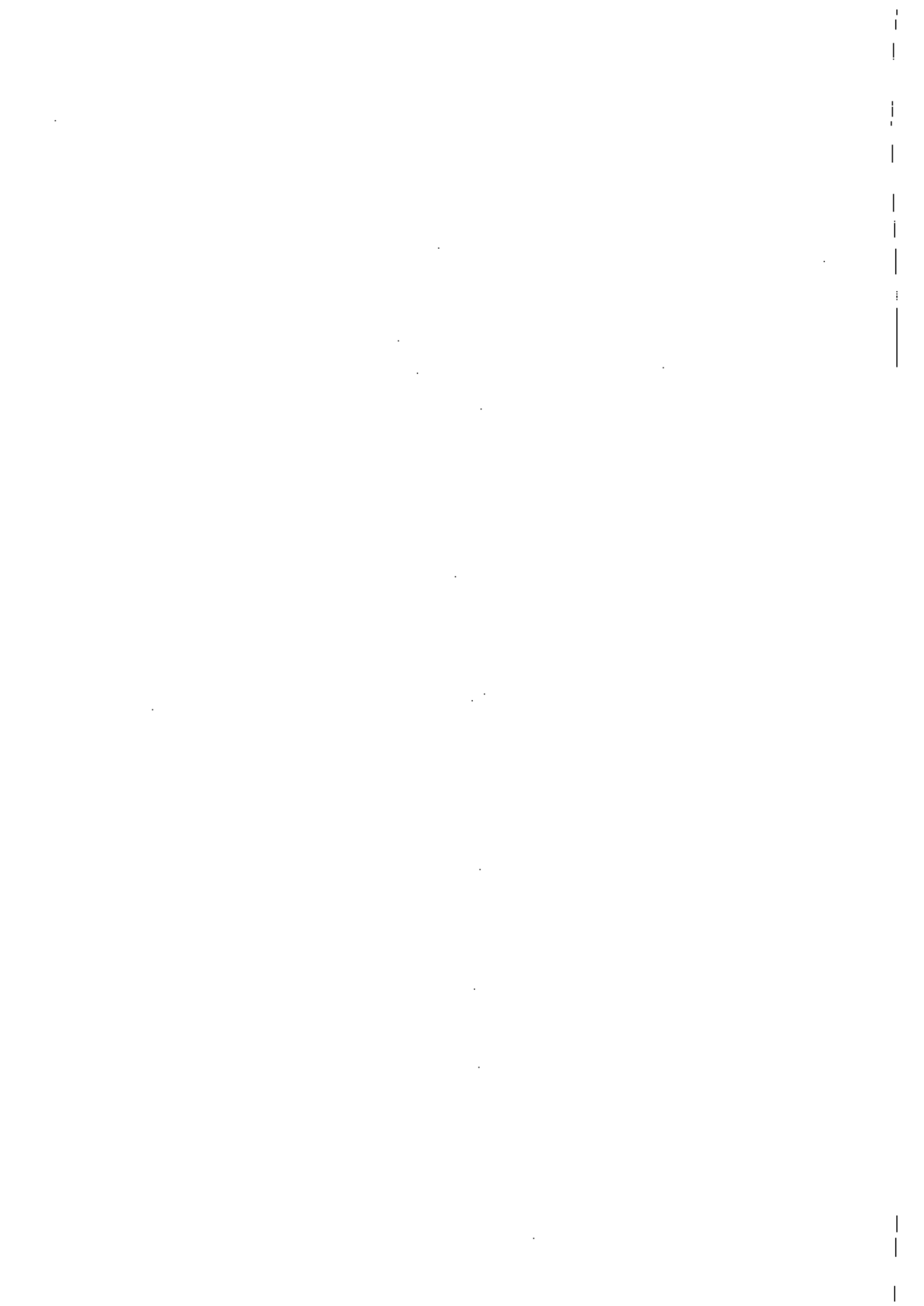
Undersøkelsen er gjennomført som et samarbeidsprosjekt
mellom
Akershus Jeger- og Fiskerforbund
og
Akershus Fylkeskommune, Miljøvernavdelingen.

Rapporten er utarbeidet
av
Akershus Jeger- og Fiskerforbund
ved
Helge B. Pedersen
og
Bjarne Oppegård

ISBN 82-7473-028-3
ISSN 0802-0582

**Praktiske erfaringer
med
korallgruskalkinger**

November 1992



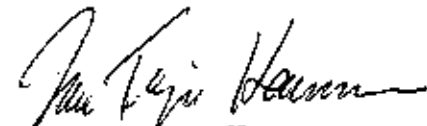
FORORD

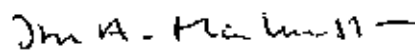
Forsuring av vann og vassdrag er et av de alvorligste miljøproblemer vi står overfor i dag. Problemet kan bare løses gjennom internasjonale avtaler om utslippsreduksjoner av forsurende stoffer.

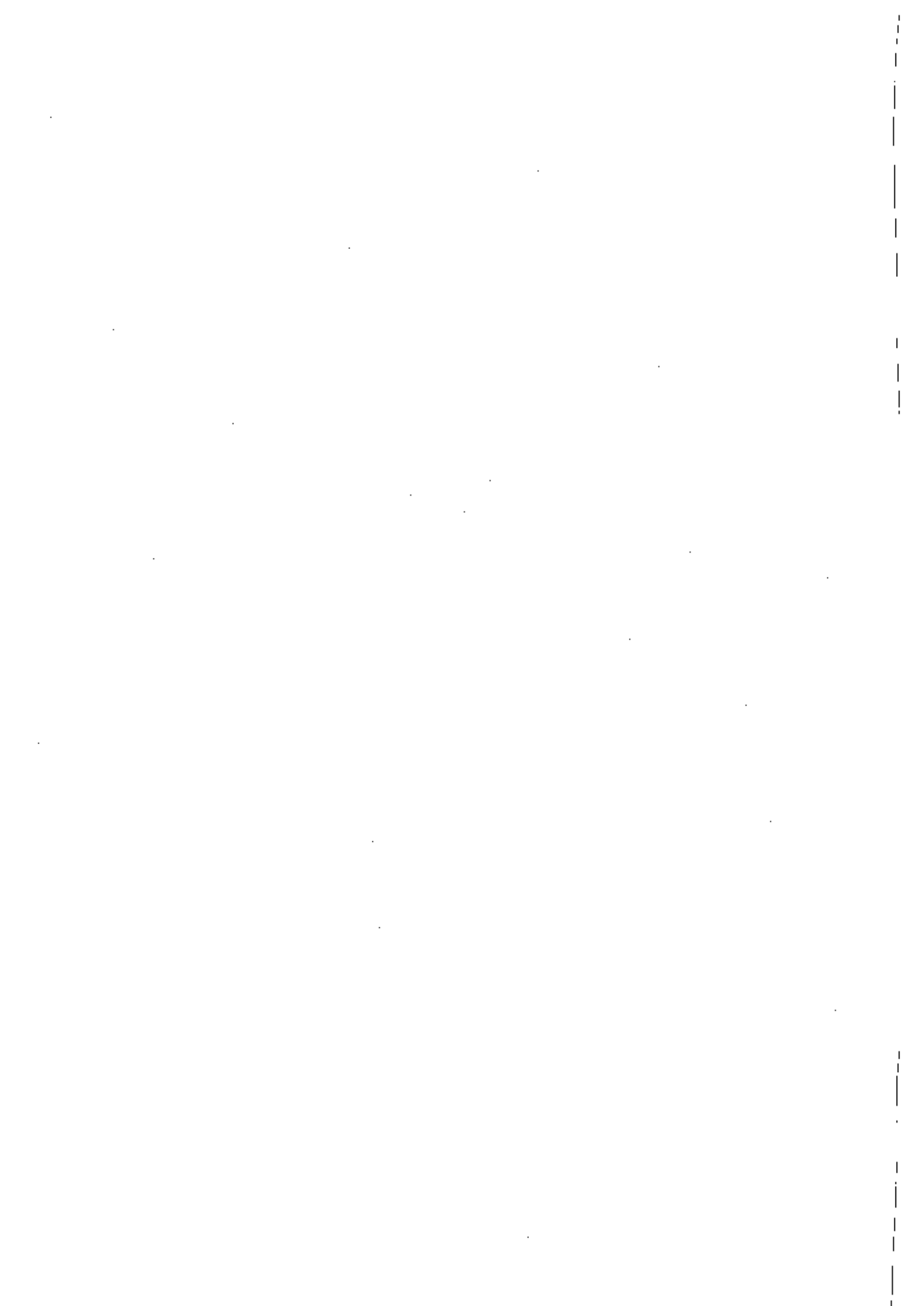
Innsatsen mot forsuring har så langt hovedsaklig vært rettet mot å kalke innsjøer for å oppnå en akseptabel vannkvalitet. For fiskeslag som lever og gyter i innsjøer har dette vært en fullgod løsning, men for andre fiskeslag som for ørret har problemløsningen bare ivaretatt voksen fisk. Ørret både gyter og har sitt første livsstadium i bekker og elver, og der tilløpsbekkene har vært sure har nyrekruttering således uteblitt, ofte med det resultat at ørretstammen har dødd ut.

Å sikre god vannkvalitet i gytebekkene er således en viktig strategi for å bevare ørretstammene i fylket. Den viktigste metoden er å kalke et ovenforliggende vann, en annen metode som denne rapporten tar for seg, er å kalke med korallgrus.

Denne rapporten er et samarbeidsprosjekt mellom Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesrådmannens miljøvernnavdeling. Fylkeskommunen har bidratt med økonomiske midler, og har gitt faglige kommentarer underveis, forøvrig står AJFF for det faglige innholdet i rapporten.

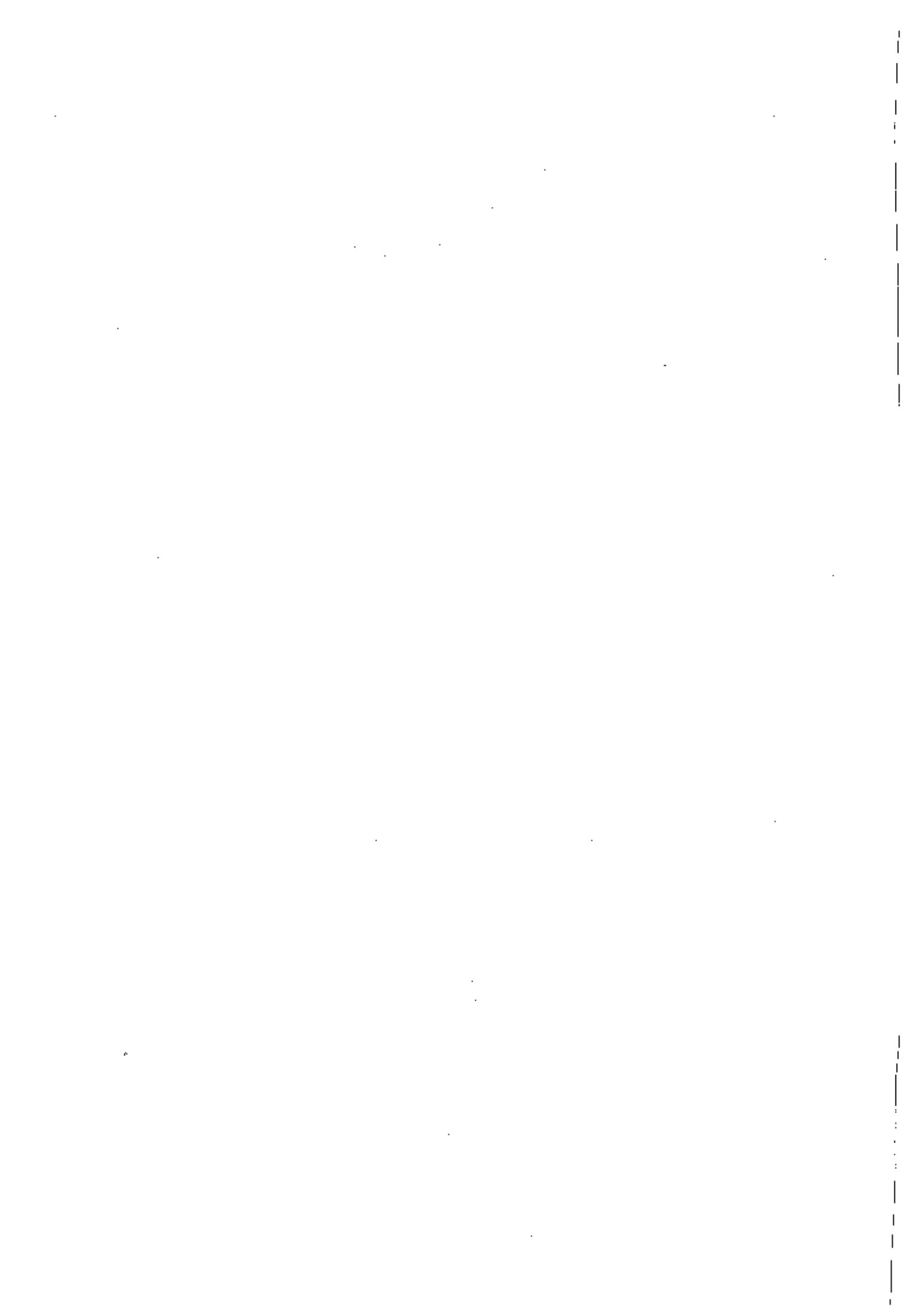

Jan Terjer Hanssen
Fylkesmiljøvernssjef


Jon A. Markussen
Rådgiver



INNHOOLD

| | |
|---|----|
| Sammendrag | 7 |
| 1. Innledning | 8 |
| 1.1. Generelt..... | 8 |
| 1.2. Egenskaper ved korallgrus..... | 8 |
| 2. Områdebeskrivelse | 9 |
| 2.1. Generelt..... | 9 |
| 2.2. Nedbør, avrenning og pH i nedbør..... | 9 |
| 3. Metode og materiale | 11 |
| 4. Resultater | 12 |
| 4.1. De enkelte kalkobjektene..... | 12 |
| 4.1.1. Fjellhammarbekken..... | 12 |
| 4.1.2. Bergebekken..... | 13 |
| 4.1.3. Osttjernsbekken..... | 14 |
| 4.1.4. Våterudsbekken..... | 15 |
| 4.1.5. Tomtebekken..... | 16 |
| 4.1.6. Abborputtbekken..... | 17 |
| 4.1.7. Lomtjernselva..... | 18 |
| 4.1.8. Hekjentjernsbekken..... | 19 |
| 4.1.9. Svartbekken..... | 20 |
| 4.1.10. Langselva..... | 21 |
| 4.1.11. Tolleftjernsbekken..... | 22 |
| 4.1.12. Lustjernbekken..... | 23 |
| 4.1.13. Kjønnstadseterbekken..... | 24 |
| 4.1.14. Sæterbekken..... | 25 |
| 4.1.15. Kvernsjøelva..... | 26 |
| 4.2. Samlet presentasjon..... | 27 |
| 4.3. Lokale pH-variasjoner og langtidseffekter..... | 28 |
| 4.4. Anbefalt dosering..... | 29 |
| 5. Diskusjon/konklusjon | 30 |
| 6. Litteratur | 32 |



SAMMENDRAG

- **Korallgrus er velegnet til å avsyre bekker, men forholdsvis store mengder er nødvendig.**
- **Effekten av korallgrus som tilføres om høsten, er god også påfølgende vår og sommer.**
- **Det er i en egen figur utarbeidet veiledende anbefalinger ved førstegangs dosering av korallgrus.**
- **Korallgrus bør fortrinnsvis plasseres høyt i bekken.**
- **I lange bekker, med relativt lite fall, bør korallgrusen spres flere steder i bekken.**
- **I bekker med mye stein, stor stigning, som er brede og grunne, og har liten grad av tilslamming kan man forvente de beste resultatene.**
- **Det bør vurderes å overdosere kalkmengden i ovenforliggende innsjø, framfor å tilføre korallgrus i bekken.**

1. INNLEDNING

1.1. GENERELT

Forsuring av innsjøer, elver og bekker med påfølgende fiskedød er et økende problem. Store deler av Sør-Norge er hard belastet. I Akershus har det skjedd en reduksjon i 21 prosent av de opprinnelige bestandene av de vanligste fiskeartene (og kreps). I tillegg er ca. 10 prosent av de opprinnelige bestandene forsvunnet helt (Pedersen et al. 1990). Ørret og røye er de fiskeartene som er hardest rammet. Begge har hver for seg blitt redusert eller gått tapt i mer enn 50 prosent av de opprinnelige bestandene i Akershus.

I de fleste innsjøer med forsøringsproblemer tyder undersøkelser på at årsaken til utdødde fiskebestander skyldes mangel på reproduksjon (Jensen & Snekvik 1972, Rosseland et al. 1980). På rognstadiet ser pH ut til å ha størst betydning for overlevelse (Runn et al. 1977, Peterson et al. 1980, Johansson et al. 1981), mens giftigheten av aluminium virker som en betydelig tilleggsfaktor på senere utviklingstrinn (Baker & Schofield 1980). Imidlertid øker løsligheten av den giftige aluminiumsformen ved synkende pH. Ørret i innsjøer og tjern vil oftest gyte i innløpsbekker (Borgstrøm & Hansen 1987). Det viktigste tiltak for å få tilbake gode ørretbestander synes dermed å være heving av pH i gytebekkene.

Av biologiske årsaker, er restaurering av gytebekker langt å foretrekke framfor stadige utsetninger av fisk. Utsetting av fisk vil alltid medføre en viss risiko for negative konsekvenser gjennom overføring av sykdomsframkallende agens, parasitter og utarming av det genetiske mangfold.

Kalking av gytebekker har vært prøvd i lengre tid med ulike metoder (Sømme 1941, Gunn & Keller 1980, Rosseland & Skogheim 1984a, Abrahamsen & Matzow 1984, Rosseland et al. 1984, Skogheim et al. 1986, Kalkingsprosjektet 1985). Bruk av kalksingel gir i liten grad forbedring over tid. Forholdene nede i grusen vil kunne forbedres, men der fisken står i noe lengre tid vil vannkvaliteten ikke være god nok (Gunn & Keller 1980, Rosseland & Skogheim 1984a). Vannkvaliteten vil øke dersom en i tillegg benytter kalkbrønner. Metoder som baserer seg på kontinuerlig dosering av kalk har gitt gode resultater (Rosseland & Skogheim 1984a, Rosseland et al. 1984, Abrahamsen & Matzow 1984). Kalsiumkonsentrasjonen må

da være over 2 mg/l (Skogheim et al. 1986). Ulempen ved et slikt system er gjenntetting og nedising vinterstid, i tillegg vil effektive doserere ofte være avanserte, med store anleggs-kostnader (Kalkingsprosjektet 1985).

Kalkingsprosjektet (1985) hadde som hovedoppgave å vurdere mengder, metoder og aktuelle typer avsyringsmidler. Prosjektet konkluderte med at den sikreste, beste og billigste måten å heve pH på, var å benytte kalsiumbaserte avsyringsmidler. Kalkstein, kalkgrus, kritt og skjellsand var de kalsiumbaserte midlene som ble utprøvd. I den senere tid har korallgrus blitt benyttet med tildels meget gode resultater. Korallgrus er forøvrig også en type kalsiumbasert avsyringsmiddel. Det har imidlertid ikke vært publisert noen forskningsresultater på korallgrusens praktiske virkninger i gytebekker. Nødvendige kvanta, og plassering av korallgrus har derfor vært gjort mer eller mindre tilfeldig.

Da slik kalking er meget aktuell i Akershus for å ivareta ørretens gyte- og oppvekstområder, synes det å være viktig at erfaringene med korallgruskalking nå systematiseres og at man forsøker å angi generelle, veiledende mengder med korallgrus som er nødvendig i aktuelle gytebekker. Slike veiledende mengder må nødvendigvis være beheftet med endel usikkerheter. Spesielt vil det være tilfelle her, da grunnlagsmaterialet baserer seg på bekker som tildels har vært kalket tidligere, tildels er kalkpåvirket fra ovenforliggende vann, og sist men ikke minst fordi det av økonomiske grunner bare kunne benyttes bekker som likevel skulle kalkes inneværende år. I tillegg har både antall vannprøver og antall parametere det ble analysert på, vært holdt på et absolutt minimumsnivå.

1.2. EGENSKAPER VED KORALLGRUS

Korallgrus er et kalsiumbasert avsyringsmiddel med et høyt innhold av karbonat (93 %), og burde således gi høy avsyringseffekt. Med en kornfordelingskurve mellom 0 og 25 mm vil små partikler løses raskt, mens større partikler blir liggende å avsyre vannmassene kontinuerlig. Korallgrus har høyere egenvekt enn skjellsand, og vaskes derfor ikke så lett ut i flomperioder. Ved at partiklene er porøse vil de kunne brytes i mindre partikler i turbulente bekkestrekninger, og derved øke oppløsligheten. Korallgrusen som benyttes i Akershus er som regel importert fra Danmark.

2. OMRÅDE - BESKRIVELSE

2.1. GENERELT

De aktuelle bekkene som inngikk i prosjektet lå delvis i Oppland fylke, Lunner og Gran kommuner, og delvis i Hurdal og Nannestad kommuner i Akershus fylke (fig. 1). Bekkene lå innenfor et område på ca. 300 km².

Ulike deler av området forvaltes av henholdsvis Bjerke Jeger- og Fiskerforening, Hurdal Jeger- og Fiskerforening og Mathiesen Bidsvold-Værk. Sistnevnte forvalter Hekken-tjernsbekken, Lomtjernselva, Abborputt-bekken, Svartbekken og Langselva. Hurdal JFF forvalter Fjellhammarbekken, Bergebekken, Osttjernsbekken, Tomtebekken og Våterudsbekken. Bjerke JFF forvalter Tolleftjern-bekken, Lustjernbekken, Kjønstadseterbekken, Kvernsjøelva og Sæterbekken.

Størrelsen på bekkene varierte. Største nedslagsfelt fram til pH-måling under kalkingssted var 14.800 daa, og minste var 860 daa. De fleste bekkene hadde nedslagsfelter fra 1.000 til 3.000 daa.

Berggrunnen i området er i hovedsak ulike former for dyp- og gangbergarter fra permisk alder. Kjønstadseterbekken ligger imidlertid hovedsaklig på en berggrunn av dagbergarter (permisk alder). Alle bekkene ligger over den marine grensen. Høyden over havet varierte mellom ca. 400 - 800 meter.

Topografien er varierende, men preges av høy kupperingsgrad. Landskapet er foldet i serier av langstrakte åsrygger. Sjørikdommen i området er stor. Også antall mindre myrer kan betegnes som høyt.

Vegetasjonen består av barskog. Mange steder foregår det et aktivt skogbruk. Det drives ikke jordbruk i den umiddelbare nærhet til bekkene. Ingen av bekkene antas å være påvirket av kloakkutslipp eller lokale utslipp fra industri.

2.2. Nedbør, avrenning og pH i nedbør

Den gjennomsnittlig årlige nedbør for normalperioden 1931 - 60 var 990 mm for Jeppedalen (Hurdal). Høsten 1990 var relativt nedbørfattig, og snøsmeltingen om våren var jevn

uten noen store vårflommer. Når målingene foregikk i oktober og april var det mindre vann i bekkene enn det ofte vil være under høst- og vårflommer.

I løpet av det året målingene foregikk, falt det mindre nedbør enn normalt for månedene august, september, november, desember, februar, april og mai, mens det falt mer enn normalt i månedene oktober, januar og mars. Totalt falt det nær 20 prosent mindre nedbør i løpet av dette året, enn gjennomsnittlig.

Den årlige avrenning i området varierer fra 600 til 750 mm (Oppegård 1988).

For å angi nedbørens surhet kan det oppgis en del gjennomsnittlige pH-målinger pr. år fra Løken i Aurskog-Høland (1983 - 1989) 4,42 - 4,45 - 4,36 - 4,31 - 4,40, 4,31 og 4,26. Fra Nordmoen (Ullensaker) ble følgende årsgjennomsnitt målt i 1978, 1988 og 1989 pH 4,34, 4,25 og 4,26. Og i Lillestrøm var årsgjennomsnittene fra 1986 - 1988 henholdsvis pH 4,22 - 4,35 og 4,30 (Norsk Institutt for Luftforskning pers. med.).

Til orientering kan det opplyses at nedbør som ikke er påvirket av forurensing har en pH på omkring 5,6 (Overrein et al. 1980).

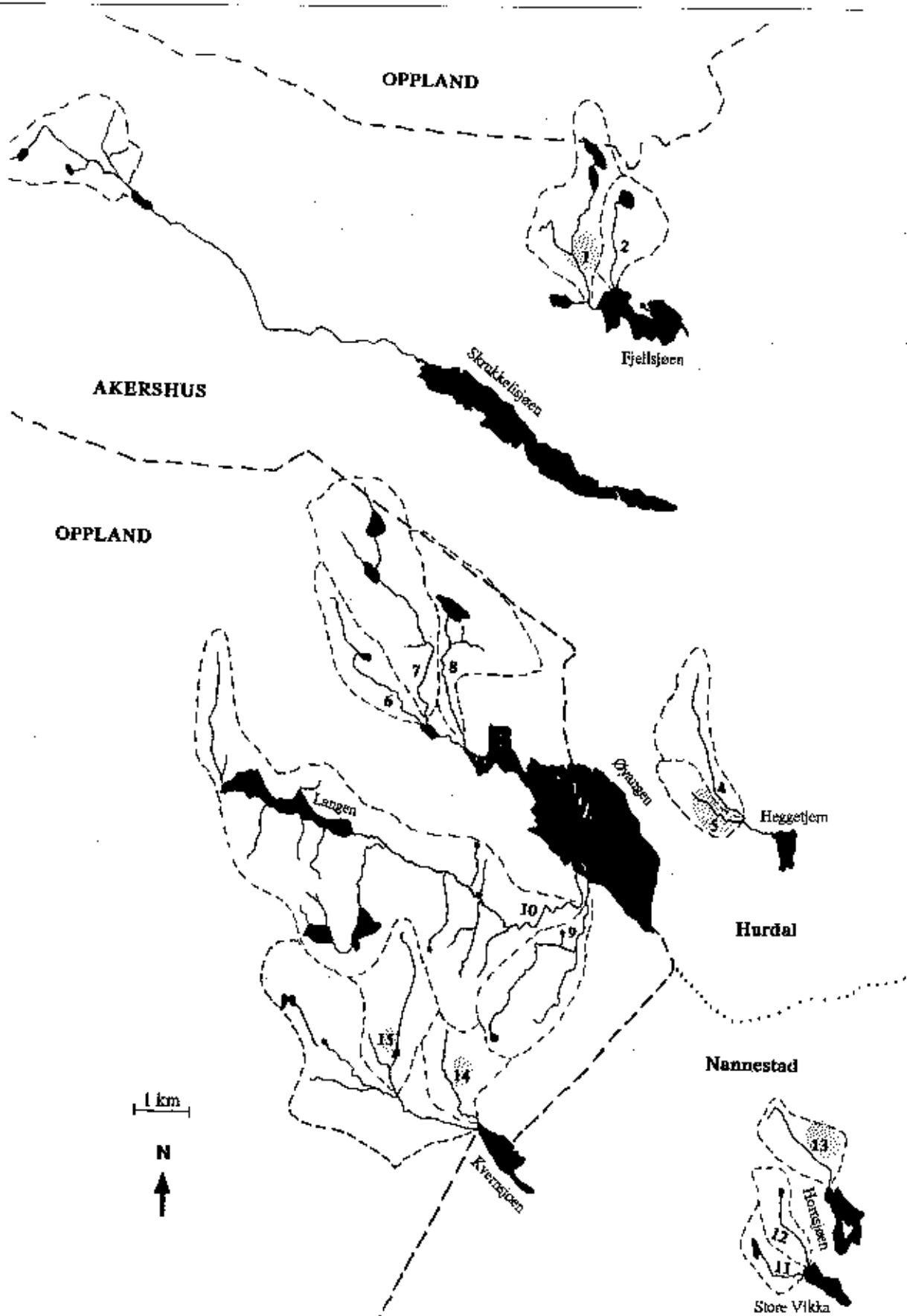


Fig. 1. Beliggenheten av de undersøkte bekkene med tilhørende nedbørfelt. 1: Fjellhammarbekken, 2: Bergebekken, 3: Osttjernsbekken, 4: Våterudsbekken, 5: Tømtebekken, 6: Abborputtbekken, 7: Lomtjernselva, 8: Hekentjernbekken, 9: Svartbekken, 10: Langselva, 11: Tolleftjernsbekken, 12: Lustjernbekken, 13: Kjønstadseterbekken, 14: Sæterbekken og 15: Kvernsløelva.

3. METODE OG MATERIALE

For alle de aktuelle bekkene var det søkt om midler til å kalke, uavhengig av denne undersøkelsen. Kalkingen foregikk på den måten som de lokale kalkere selv mente var best, og før denne undersøkelsen ble påbegynt. Selve kalkingen foregikk av personer tilknyttet de lokale kalkere, på den tid de selv fant det formålstjenlig. Selve kalkingsprosedyrene er således ikke påvirket av dette prosjektet. Undersøkelsen foregikk i felt bare ved å ta vannprøver i utvalgte bekker på egnede lokaliteter.

Vannprøver i alle bekkene ble tatt over og under kalkingsstedene. Dette for å kunne dokumentere eventuelle effekter av korallgrusen. Kalkingsmetodene varierte betraktelig. Noen bekker ble kalket ved at et billass kalk ble tippet direkte i bekken på ett sted, andre benyttet helikopter, og noen steder ble kalken spredd manuelt. Hvor langt nedenfor kalkingsstedet vannprøven ble tatt, varierte derfor for ulike bekker. Vannprøven ovenfor (referanseprøven) ble hentet ca. 10 m ovenfor øvre kalkingssted. Vannet skulle således ikke være påvirket av korallgruskalkingen. Fordi flere av bekkene var kalket på to eller tre steder i bekken ble målingen under kalkingssted tatt ved de nederste deler av bekken der kalkrester kunne påvises om høsten. Fordi fallet i bekkene varierte, vil også spredning av korallgrusen og dermed avstanden mellom prøvestasjonene over og under kalkingssted variere for de ulike bekkene. Men de samme prøvestasjonene ble benyttet hele året.

Alle vannprøvene fra de faste målestasjonene ble tatt ca. 5 cm fra overflaten, likevel slik at det var minimum 10 cm igjen til bunnen av bekken. Vannbeholderen ble fylt ved at flasken forsiktig ble ført sidelengs og oppstrøms bekken. Dette for å få vann fra en noe større del av lokaliteten. Alle prøvene ble tatt nedenfra bekken og oppover.

Vannprøver ble tatt en gang om høsten etter kalkingen, en gang vinterstid på en tid hvor en antok at det var stabile forhold i vannmassene, en gang om våren når en antok at vannføringen var høyest mulig, og en gang om sommeren. Våren regnes som den mest kritiske perioden på året, både fordi det da ofte er store mengder surt smeltevann i bekkene, og fordi de tidlige stadier av fiskene er mest ømfintlige for forsurening. Dessverre var det ingen utpreget

vårflom våren 1991. Lite nedbør i vårmånedene, og jevn snøsmelting førte til at vårflommen var mindre enn normal.

Dato for prøvetaking var 17-18/10, 27-28/2, 25-26/4 og 18/7. Til sammen ble det tatt 176 pH målinger. I tillegg ble det analysert på kalsium og alkalitet over og under kalkstedene fra prøver tatt om våren, i alle bekkene. Det ble også tatt enkelte pH-målinger for å undersøke om det dannes "kalklommer", det vil si små lokaliteter hvor pH holdes høyere enn i bekken forøvrig. I tillegg ble det tatt vannprøver nedover i bekkene for å se på uttynnningseffekten, og for å kartlegge om noe av korallgrusen under vår/høstflommene ble transportert til områder nedenfor den faste målestasjonen.

Det ble benyttet vannbeholdere av glass (500 ml), og av polyetylen (250 ml). Vannbeholderne var på forhånd nøye rengjorte. Før vannprøven ble tatt, ble beholderen skylt flere ganger i bekkene like nedenfor den aktuelle lokalitet. Vannprøvene ble oppbevart i kjøleskap, og analysert i løpet av de nærmeste en til to dagene. Alle vannprøvene ble analysert ved Jordforsk - Senter for Jordfaglig Miljøforskning, avd. Landbrukets analysesenter NLF-Ås.

Der tidligere pH-målinger er oppgitt refererer det seg enten til vannprøver som foreningene selv har tatt, eller verdier hentet fra "Aksjon 88" (Pedersen et al. 1990). Vannprøvene er da analysert ved flere ulike laboratorier.

Totalt inngikk 15 bekker i denne undersøkelsen. 12 av disse ble kalket høsten 1990. 2 av bekkene har vært kalket i 1988 og 1989, og en bekk har vært kalket bare i 1988. De er tatt med i undersøkelsen for å kunne gi opplysninger om langtidseffekter av kalkingen.

6 av bekkene kommer fra vann som har vært kalket eller er kalkpåvirket, og de resterende 9 bekkene var stort sett upåvirket av tidligere kalkinger.

4. RESULTATER

4.1. DE ENKELTE KALKINGSOBJEKTENE

4.1.1. FJELLHAMMARBEBKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 1. Karakteristikk av Fjellhammarbekken.

| | |
|--|----------------------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Midttjern, Bjørnåstjern |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Ja |
| Nedslagsfelt (daa): | 2800 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 650 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1820000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,42 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 12 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn (1989): | 12 |
| Stigningsgrad: | Middels stor |

Merknader: De ovenforliggende vannene fikk i 1988 tilført henholdsvis 4 og 8 tonn kalksteinsmel, og i 1989 ble hvert vann kalket med 2,5 tonn kalksteinsmel.

pH-målinger

Det foreligger ingen tidligere pH-verdier.

Tabell 2. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|------------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,53 | 7,10 | 0,57 |
| Vinter | 6,51 | 6,76 | 0,25 |
| Vår | 5,42 | 5,98 | 0,56 |
| Sommer | 6,2 | 6,5 | 0,3 |
| Alkalitet: | 0,03 | 0,06 | 0,03 |
| Kalsium | 1,6 | 1,9 | 0,3 |

Annet

Under vårmålingen ble pH 100 meter nedenfor kalkingsstedet målt til 5,99. Ved utløpet til innsjøen var pH 5,92. Dette inkluderer nedslagsfeltet til Bjørtomtjern, og gir et totalt nedslagsfelt på ca. 3900 daa.

Fiskeobservasjoner i bekken indikerer både at gyting har funnet sted i bekken etter kalking, og at ynglen har overlevd vårflommen.

Diskusjon/konklusjon

pH ble under vårflommen målt til å være 6. pH over korallgrusen var da 5,4. Kalsiumkonsentrasjonen var 1,9 mg/l. Dette synes for så vidt å være tilfredsstillende for et år som 1990/91. Da større vårflommer enn dette må betraktes som normalt, vil det tilsi at kalkmengden i bekken muligens burde vært litt større.

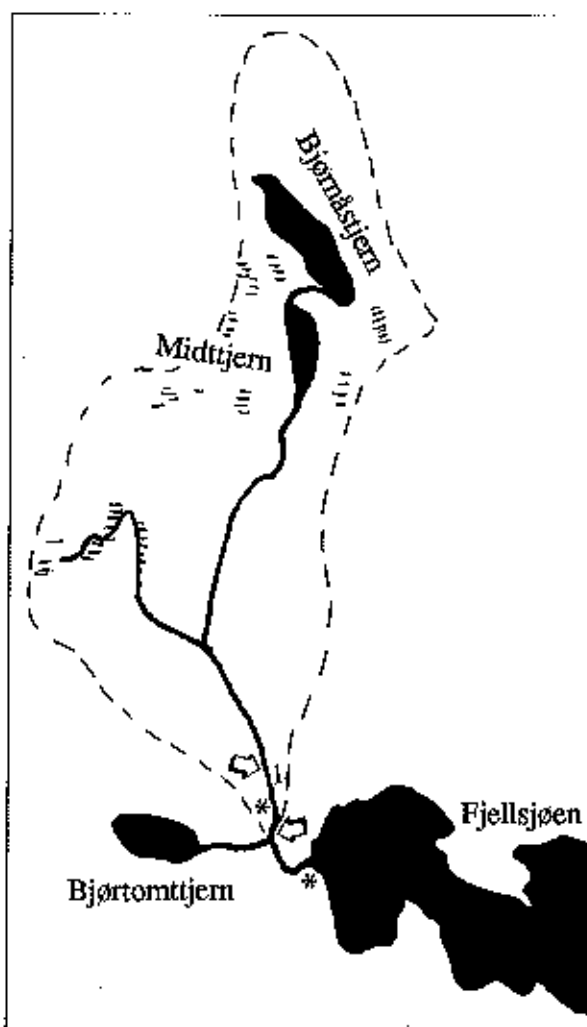


Fig. 2. Skisse av Fjellhammarbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus: 12 tonn i 1988, og 12 tonn 1989. □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.2. BERGEBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 3. Karakteristikk av Bergebekken (Ab-bortjernbekken).

| | |
|--|----------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Abbotjern |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1500 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 650 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 975000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,6 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 2 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 1 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

pH-målinger

Det foreligger ingen tidligere pH-verdier.

Tabell 4. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,41 | 6,88 | 0,47 |
| Vinter | 6,54 | 6,89 | 0,35 |
| Vår | 5,55 | 5,78 | 0,23 |
| Sommer | 6,4 | 6,5 | 0,1 |
| Alkalitet | 0,03 | 0,04 | 0,01 |
| Kalsium | 2,0 | 2,3 | 0,3 |

Annet

Fiskeobservasjoner indikerer at pH gjennom dette året har holdt seg høy nok for ørret.

Diskusjon/konklusjon

Alkalitet på 0,04 mekv/l og en kalsiumkonsentrasjon på 2,3 mg/l vil i utgangspunktet kunne gi en brukbar bufferegenskap. Til tross for det var pH ikke høyere enn 5,78 under vårflommen. Dette vil nok kunne holde liv i fisken, men med en større vannføring enn det var i 1990/91 vil pH sannsynligvis bli for lav. pH-økningen under vårflommen var i dette tilfelle heller ikke så høy som ønskelig. I tillegg til at det var mindre vann i bekken dette året enn det vanligvis er, innebærer det at bekken er tilført for lite korallgrus.

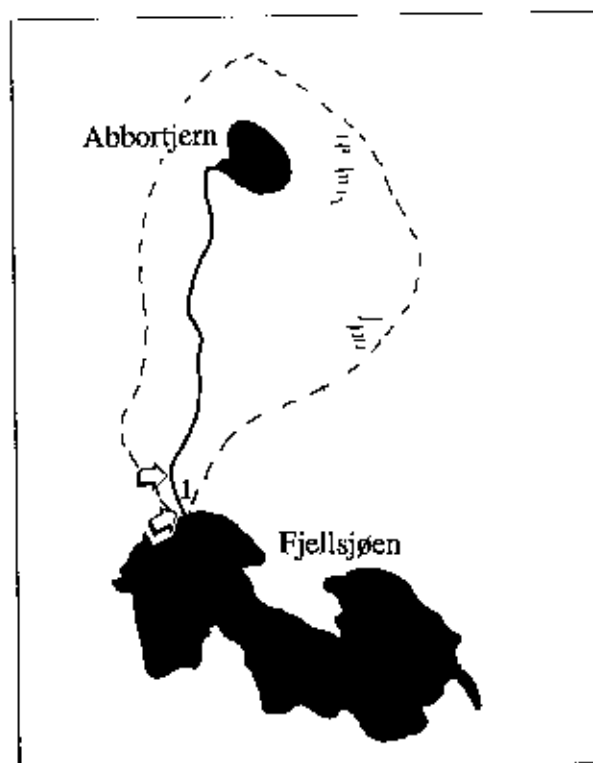


Fig. 3. Skisse av Bergebekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus: 1 tonn i 1989, og 2 tonn i 1990. ↗ viser faste målestasjoner.

4.1.3. OSTTJERNSBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 5. Karakteristikk av Osttjernsbekken.

| | |
|--|---------------------------------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Svartjern, Damtjern, Haketjern. |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Ja |
| Nedslagsfelt (daa.): | 3000 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 650 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1950000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,2 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 15 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 15 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

Bare Svartjern har vært kalket, da med 2 tonn kalksteinsmel i 1990.

pH-målinger

Tabell 6. Tidligere pH-verdier.

| | |
|------------|-----------|
| Svartjern: | 4,8 - 5,0 |
| Damtjern: | 5,8 |
| Osttjern | 4,9 |

Tabell 7. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 5,85 | 6,89 | 1,04 |
| Vinter | 6,32 | 6,49 | 0,17 |
| Vår | 5,24 | 6,09 | 0,85 |
| Sommer | 6,1 | 6,6 | 0,5 |
| Alkalitet | 0,03 | 0,07 | 0,04 |
| Kalsium | 1,8 | 2,6 | 0,8 |

Annet

Kalken var plassert på tre ulike steder i bekken, med noen hundre meter mellom hvert sted. pH henholdsvis over og under hvert av de stedene var om våren: 5,24/5,84 (øverst), 5,84/6,18 (midten), 6,18/6,09 (nederst).

Diskusjon/konklusjon

Laveste pH som ble målt nedenfor kalkingsstedene var 6,1. Da alkaliteten om våren var 0,07 mekv/l, og kalsiumkonsentrasjonen 2,6 mg/l synes bufferoppbyggingen å være bra. Bekken har sannsynligvis fått tilstrekkelige kalkmengder tilført.

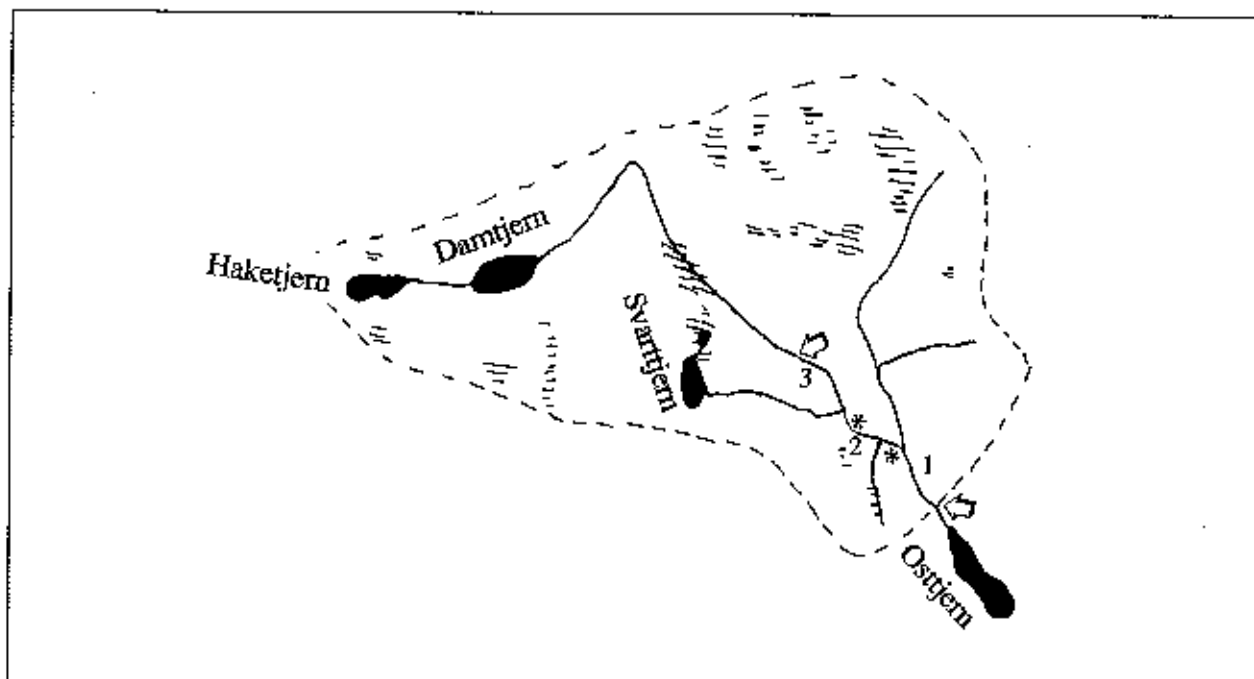


Fig. 4. Skisse av Osttjernsbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus: 1: 7 tonn i 1990, 2: 8 tonn i 1989 og 8 tonn i 1990 og 3: 7 tonn i 1989. ⇨ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.4. VÅTERUDSBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 8. Karakteristikk av Våterudsbekken.

| | |
|--|----------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Ingen |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1700 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 600 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1020000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,6 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 5 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 7,5 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

pH-målinger

Det foreligger ingen tidligere pH-verdier.

Tabell 9. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 5,80 | 6,36 | 0,56 |
| Vinter | 6,39 | 6,94 | 0,55 |
| Vår | 5,43 | 5,73 | 0,30 |
| Sommer | 5,6 | 6,0 | 0,4 |
| Alkalitet | 0,02 | 0,06 | 0,04 |
| Kalsium | 1,1 | 1,6 | 0,5 |

Annet

Våterudsbekken renner sammen med Torntebekken og danner Heggetjernbekken. Denne renner ut i Heggetjern. pH ble målt i innløp til Heggetjern. På våren var pH her 5,95.

Diskusjon/konklusjon

Den naturlige pH i området er svært ujevn. Med en såpass høy alkalitet nedenfor kalkingsstedet, var det noe overraskende at pH og kalsiumkonsentrasjonen ikke var høyere. pH mellom nederste kalkingssted og den faste målestasjonen ble målt til å være 5,82. Det var kort avstand mellom lokalitetene der disse pH-målingene ble tatt. pH nedenfor kalkingsstedet var derfor omkring 5,73 til 5,82. Selv om dette for så vidt vil gi brukbar overlevelse for ørret, så ville det vært ønskelig med en høyere pH, og noe høyere kalsiumkonsentrasjon nedenfor kalkingene. Spesielt med tanke på at normale vårflokker er større enn den var i 1991.

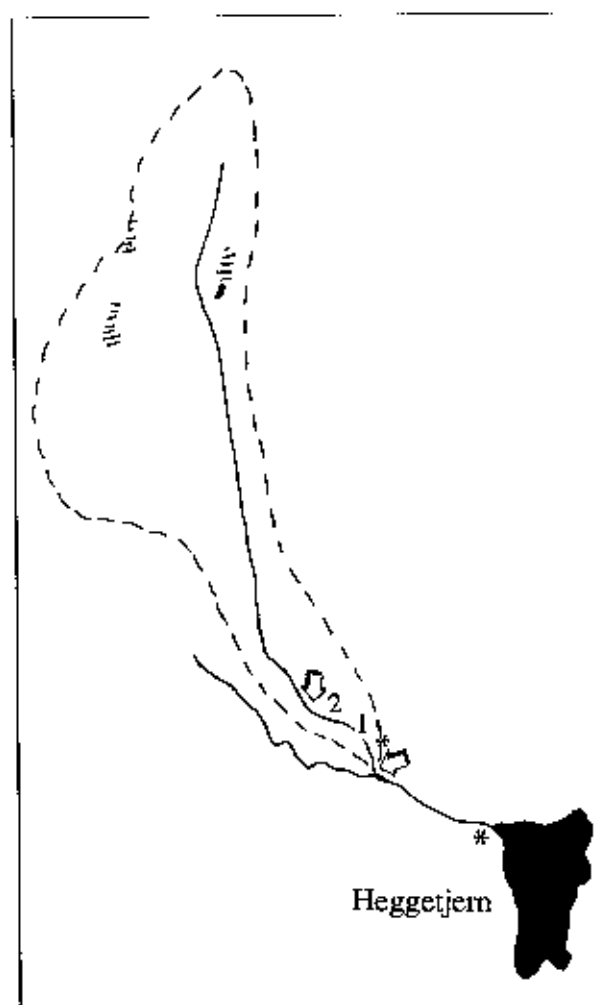


Fig. 5. Skisse av Våterudsbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus, 7,5 tonn i 1989 og 5 tonn i 1990 (fordelt mellom 1 og 2). □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.5. TOMTEBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 10. Karakteristikk av Tomtebekken.

| | |
|--|----------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Ingen |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 860 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 600 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 516000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,5 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 7,5 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

Merknader: I 1983 -84 var det en kalkbrønn i bekken. Resultater fra denne kalken antas nå å være uten betydning.

pH-målinger

Ingen tidligere pH-verdier.

Tabell 11. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 5,99 | 6,77 | 0,78 |
| Vinter | 5,95 | 6,77 | 0,82 |
| Vår | 5,63 | 6,24 | 0,61 |
| Sommer | 6,0 | 6,6 | 0,6 |
| Alkalitet | 0,06 | 0,07 | 0,01 |
| Kalsium | 1,6 | 2,5 | 0,9 |

Diskusjon/konklusjon

Både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjonen var høy. Det viser at bekken er tilført tilstrekkelige mengder korallgrus. Like over nedre kalkingssted ble pH om våren målt til å være 6,16.

Sannsynligvis er det lagt ut mer korallgrus i bekken enn strengt tatt nødvendig, for å oppnå tilfredsstillende avsyring av vannet.

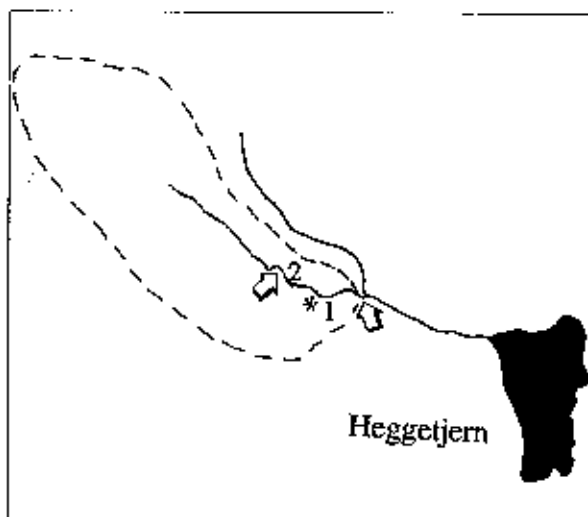


Fig. 6. Skisse av Tomtebekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus. 7,5 tonn i 1989 og 10 tonn i 1990 (fordelt mellom 1 og 2). ↗ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.6. ABBORPUTTBÆKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 12. Karakteristikk av Abborputtbekken (Merratjernsbekken).

| | |
|--|---------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Abborputten |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1700 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 700 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1190000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,38 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 10 |
| Stigningsgrad: | Relativt stor |

pH-målinger

Tabell 13. Tidligere pH-verdier.

| | |
|--------------------------------------|------|
| Under kalksted (1989) | 6,84 |
| Under kalksted (1990) før ny kalking | 5,66 |

Tabell 14. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 5,44 | 6,42 | 0,98 |
| Vinter | 5,73 | 5,90 | 0,17 |
| Vår | 5,38 | 5,38 | 0 |
| Sommer | 5,4 | 5,7 | 0,3 |
| Alkalitet | 0,02 | 0,04 | 0,02 |
| Kalsium | 0,8 | 0,9 | 0,1 |

Annet

pH ble målt ved utløp til Merratjern, ca. 500 m nedenfor kalkingsstedet, og var 5,55 (om våren). Det innebærer at noe av korallgrusen var transportert forholdsvis langt nedover bekken, og lengre enn den faste målestasjonen.

Diskusjon/konklusjon

De vannkjemiske målingene tyder på at bekken ikke har fått tilstrekkelig mengder tilført korallgrus. Både pH, kalsiumkonsentrasjonen og

for så vidt alkaliteten burde vært høyere. pH-måling nedenfor den faste målestasjonen viser at korallgrusen var transportert over lengre strekninger. Men selv en pH på 5,55 er i dette tilfelle for lav. I bekkens nedre del renner den gjennom en myr før utløpet til Merratjern. Dette medfører at bekken der, sannsynligvis i stor grad, er påvirket av humus. Det er mulig at noe av korallgrusen er transportert helt ned, og ut i dette myrete området. pH i utløpet kan tenkes å være såpass lav på grunn av påvirkninger fra myra.

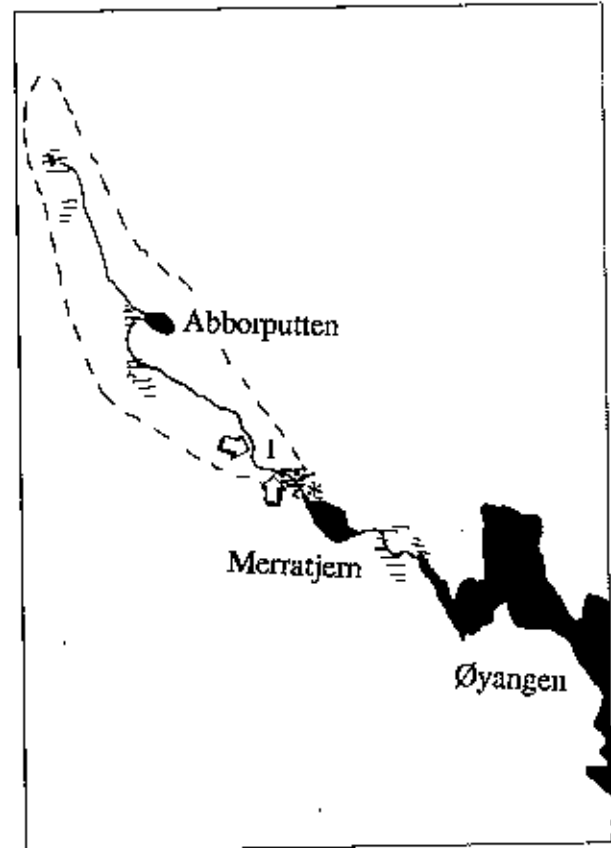


Fig. 7. Skisse av Abborputtbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus: 10 tonn i 1989 og 10 tonn i 1990. □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.7. LOMTJERNSELVA

Opplysninger om bekken.

Tabell 15. Karakteristikk av Lomtjernselva.

| | |
|--|---------------------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Lomtjern, Hankleputten |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Ja |
| Nedslagsfelt (daa.): | 5050 |
| Årlig middellavrenning (mm/år) | 700 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 3535000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,4 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 10 |
| Stigningsgrad: | Relativt stor |

Merknader; Lomtjern ble kalket med 15 tonn og Hankleputten med 10 tonn kalksteinsmel i 1989.

pH-målinger

Tabell 16. Tidligere pH-verdier tatt om høsten.

| | |
|---------------------|------|
| Lomtjern (1988) | 5,33 |
| Lomtjern (1989) | 7,36 |
| Lomtjern (1990) | 7,06 |
| Hankleputten (1988) | 4,77 |
| Hankleputten (1989) | 7,15 |
| Hankleputten (1990) | 6,36 |

Tabell 17. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,51 | 6,85 | 0,34 |
| Vinter | 6,68 | 6,74 | 0,06 |
| Vår | 5,43 | 5,55 | 0,12 |
| Sommer | 6,4 | 6,5 | 0,1 |
| Alkalitet | 0,03 | 0,04 | 0,01 |
| Kalsium | 1,3 | 1,4 | 0,1 |

Annet

pH ble målt ca. 1,0 km nedenfor kalkingsstedet til 5,71 og ca. 1,5 km nedenfor kalkingsstedet til 5,68 (om våren). Det innebærer at en

del av korallgrusen var transportert forholdsvis langt nedover bekken, og lengre enn den faste målestasjonen.

Diskusjon/konklusjon

Fordi en ikke uvesentlig del av korallgrusen under vårfloppen ble transportert nedenfor den faste målestasjonen, innebærer det at vannkjemien var noe gunstigere nedenfor kalkingen enn de vannkjemiske målingene umiddelbart skulle tilsi. Det ville vært ønskelig med en kalsiumkonsentrasjon nedenfor kalkingen som var høyere enn 1,4 mg/l. Nedenfor kalkingen ble pH om våren ikke målt til å være høyere enn 5,55 på den faste målestasjonen, og 5,71 lengre nede. Det innebærer at selv om man tar hensyn til at noe av korallgrusen ble transportert nedenfor den faste målestasjonen, så viser målingene likevel at bekken hadde fått tilført for lite kalk.



Fig. 8. Skisse av Lomtjernselva med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus: 10 tonn i 1989 og 10 tonn i 1990. ⇨ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.8. HEKKENTJERNSEKKE

Opplysninger om bekken.

Tabell 18. Karakteristikk av Hekjentjernsbekken.

| | |
|--|---------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Hekjentjern |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Ja |
| Nedslagsfelt (daa.): | 2350 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 700 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1645000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,95 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 10 |
| Stigningsgrad: | Relativt stor |

Merknader: Hekjentjern ble kalket i 1989 med 10 tonn kalksteinsmel.

pH-målinger

Tabell 19. Tidligere pH-verdier om høsten.

| | |
|-------------------------------------|------|
| Hekjentjern (1988) | 5,6 |
| Hekjentjern (1989) | 6,7 |
| Hekjentjern (1990) | 6,6 |
| Hekjentj. bkn. før kalking (1988) | 5,60 |
| Hekjentj. bkn. etter kalking (1989) | 6,55 |

Tabell 20. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,52 | 6,99 | 0,47 |
| Vinter | 6,66 | 6,72 | 0,06 |
| Vår | 5,95 | 6,10 | 0,15 |
| Sommer | 6,3 | 6,5 | 0,2 |
| Alkalitet | 0,06 | 0,07 | 0,01 |
| Kalsium | 1,5 | 1,7 | 0,2 |

Annet

Bekken er kalket i øvre del. pH ble målt nesten 2 km under kalkingsstedet til 5,94 (om våren).

Høsten 1990 ble det observert ørret i bekken. Fiskene var av en størrelse som indikerer gytefisk. Sommeren 1991 ble det observert en ørret på ca. 12 cm i bekken. Det er forøvrig

ikke mulig å fastslå hvorvidt denne har vokst opp i bekken, eller sluppet seg ned fra Hekjentjern.

Diskusjon/konklusjon

Bekken er påvirket av kalkingene i ovenforliggende tjern, og pH over kalkingsstedet kan ikke betegnes som lav i utgangspunktet, selv ikke under vårflommen. pH nedenfor kalkingsstedet var også hele tiden tilstrekkelig høy. Selv om alkaliteten var rimelig høy, så ville det vært ønskelig med noe høyere konsentrasjon av kalsium nedenfor kalkingene. Likevel bør konklusjonen være at bekken har fått tilført tilstrekkelige mengder korallgrus.

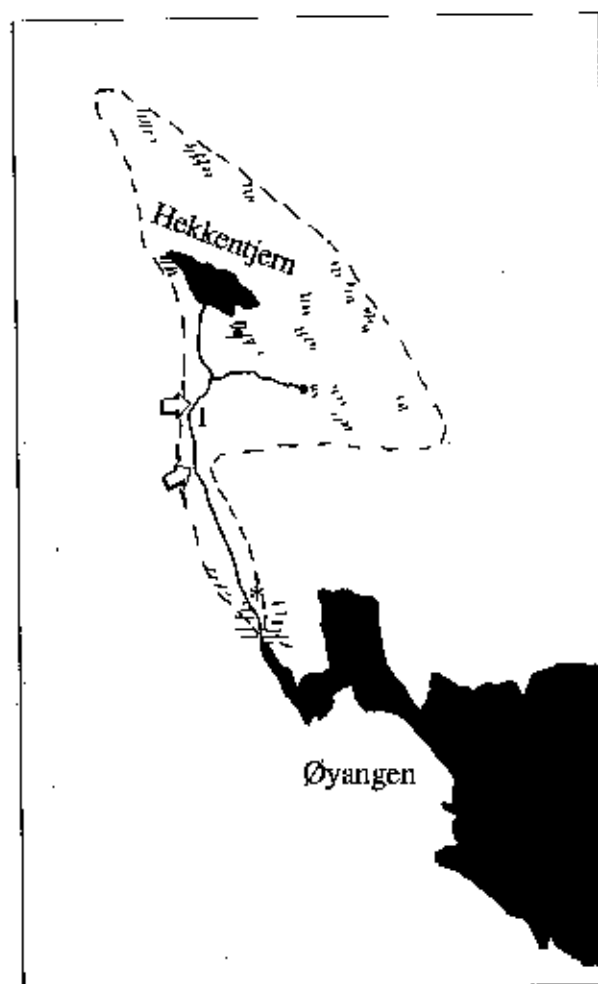


Fig. 9. Skisse av Hekjentjernsbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus: 10 tonn i 1989 og 10 tonn i 1990. ↗ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.9. SVARTBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 21. Karakteristikk av Svartbekken.

| | |
|--|-------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Lomtjernene |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 3000 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 650 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1950000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,17 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1989) | 10 |
| Stigningsgrad: | Middels |

pH-målinger

Tabell 22. Tidligere pH-verdier om høsten.

| | |
|----------------------|------|
| Før kalking (1988) | 4,63 |
| Etter kalking (1989) | 5,16 |

Tabell 23. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,19 | 6,40 | 0,21 |
| Vinter | 6,58 | 6,62 | 0,04 |
| Vår | 5,17 | 5,38 | 0,21 |
| Sommer | 5,7 | 5,9 | 0,2 |
| Alkalitet | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| Kalsium | 0,9 | 1,0 | 0,1 |

Annet

Høsten 1990 ble det observert en ørret, sannsynligvis gytefisk i bekken. En pH-måling ca. 200 meter nedenfor den faste målestasjonen viste 5,54 (om våren). Det viser at noe av korallgrusen var transportert nedenfor denne målestasjonen.

Diskusjon/konklusjon

Både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjonen burde vært noe høyere under vårmålingen. Selv pH-verdier på 5,54, som om våren ble målt nedenfor den faste målestasjonen, var i laveste laget. Bekken burde derfor fått tilført mer korallgrus.

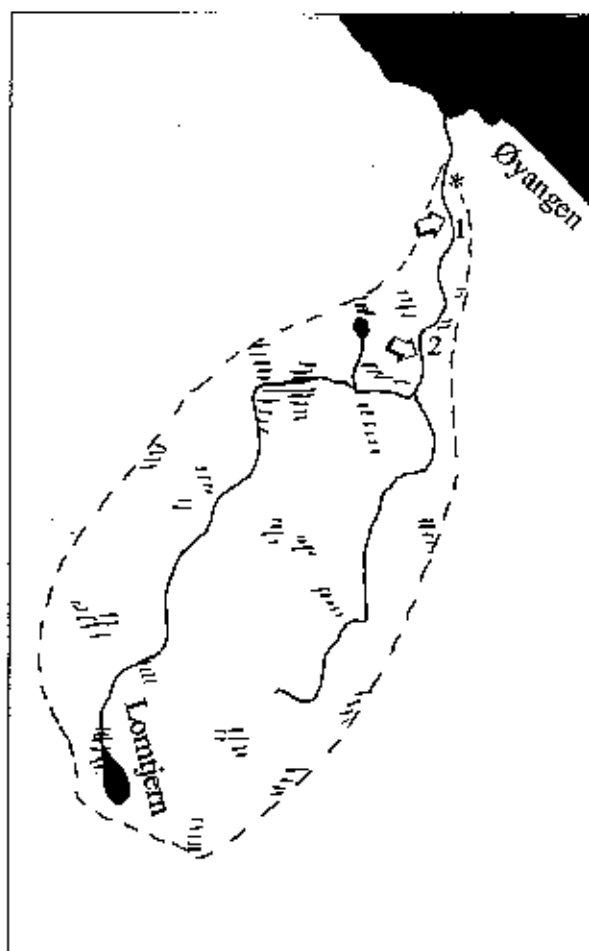


Fig. 10. Skisse av Svartbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus: 1: ca. 5 tonn i 1989 og 5 tonn i 1990, og 2: ca. 5 tonn i 1989 og 5 tonn i 1990. → viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.10. LANGSELVA

Opplysninger om bekken.

Tabell 24. Karakteristikk av Langselva.

| | |
|--|----------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Sandbotntjern |
| | Langen |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.) A): | 11300 |
| Nedslagsfelt (daa.) B): | 14800 |
| Årlig middelavrenning (mm/år): | 700 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) A): | 7910000 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) B): | 10360000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 5,5 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 10 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn (1989): | 10 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

pH-målinger

Tabell 25. Tidligere pH-verdier om høsten.

| | |
|----------------------|------|
| Før kalking (1988) | 4,67 |
| Etter kalking (1989) | 5,89 |

Tabell 26. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,21 | 6,57 | 0,36 |
| Vinter | 6,40 | 6,43 | 0,03 |
| Vår | 5,51 | 5,64 | 0,13 |
| Sommer | 6,0 | 6,3 | 0,3 |
| Alkalitet | 0,05 | 0,05 | 0 |
| Kalsium | 1,2 | 1,3 | 0,1 |

Annet

Kalken er plassert på to steder i elva, med ca. 1,5 km mellom. Området over det øverste kalkingsstedet betegnes A, og hele vassdraget som B. De faste målingene ble gjort over og under øverste kalkingssted (dvs. for A). pH ble også målt ved nedre kalkingssted, for å dekke område B. Det ble kun gjort om våren, og pH var like over kalkingsstedet 5,63 og under 5,71. Lengre nede ble pH målt til 5,73.

Diskusjon/konklusjon

Langselva er tilført for lite korallgrus. De faste målestasjonene som dekker området A, viser at det er svært liten effekt denne kalkingen gir. Også for hele vassdraget (område B) viser målingene at doseringen har vært altfor liten.

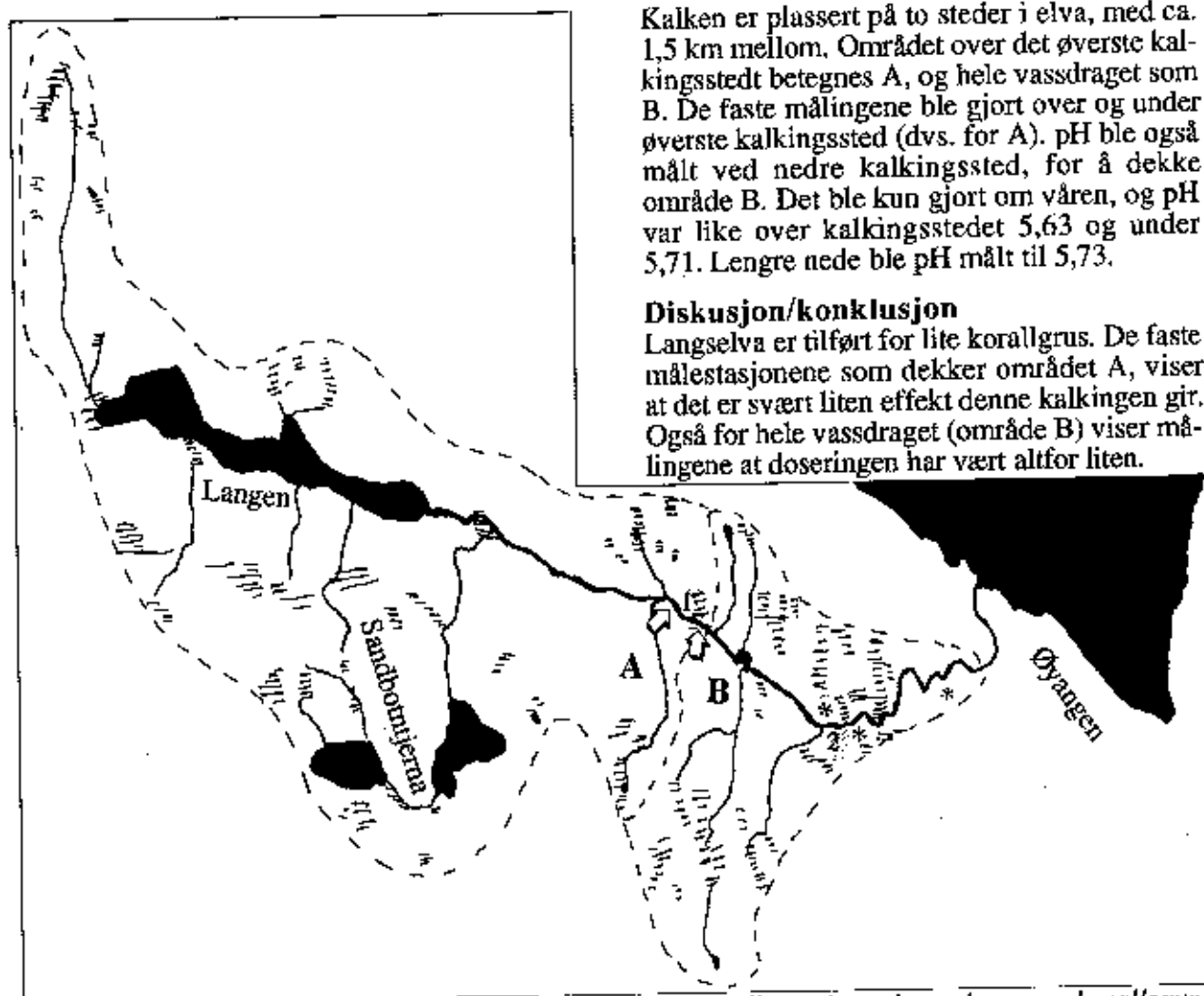


Fig. 11. Skisse av Langselva med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus: 1: ca. 5 tonn i 1989 og 5 tonn i 1990, og 2: ca. 5 tonn i 1989 og 5 tonn i 1990. □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.11. TOLLEFTJERNBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 27. Karakteristikk av Tolleftjernbekken.

| | |
|--|-------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Tolleftjern |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Ja |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1000 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 600 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 600000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 4,7 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 0 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1988) | 18 |
| (1989) | 14,2 |
| Stigningsgrad: | Middels |

Merknader: Tolleftjern ble kalket i 1987, 88 og 89 med 2,5 tonn kalksteinsmel pr. år, og i 1990 med 2,0 tonn. Tolleftjernsbekken ble ikke kalket i 1990, langtidseffektene ønskes belyst.

pH-målinger

Tabell 28. Tidligere pH-verdier om høsten.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted |
|------|---------------|----------------|
| 1986 | 5,10 | - |
| 1986 | 4,60 | - |
| 1988 | 4,48 | - |
| 1989 | 6,15 | 7,31 |
| 1990 | 5,00 | 6,12 |

Tabell 29. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 6,22 | 6,39 | 0,17 |
| Vinter | 5,51 | 6,13 | 0,61 |
| Vår | 4,74 | 4,96 | 0,22 |
| Sommer | 5,3 | 6,2 | 0,9 |
| Alkalitet | <0,01 | 0,02 | 0,01 |
| Kalsium | 1,0 | 1,1 | 0,1 |

Diskusjon/konklusjon

Bekken kommer fra et kalkpåvirket vann. Når pH under vårflommen falt til under 5, synes

bufferoppbygningen i bekken å være for liten. Hvorvidt dette skyldtes at effekten av kalkingen var redusert, at kvantiteten i seg selv var for liten, eller at det var en feilmåling, er ikke mulig å si sikkert. Det kan også være mulig at vannprøven ble påvirket av et planeringsarbeid som pågikk like ved. Uansett kan ikke resultatene fra denne bekken benyttes ukritisk.

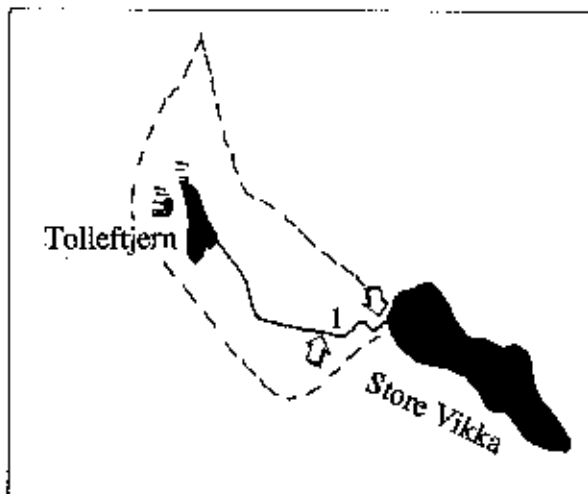


Fig. 12. Skisse av Tolleftjernbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus. 18 tonn i 1988, og 14,2 tonn i 1989. ↗ viser faste målestasjoner.

4.1.12. LUSTJERNBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 30. Karakteristikk av Lustjernbekken.

| | |
|---|----------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Lustjern |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1200 |
| Årlig middelvrenning (mm/år): | 600 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år): | 720000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 4,5 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 0 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1988) | 15 |
| Stigningsgrad: | Relativt liten |

Merknader: Ikke kalket i 1989 eller i 1990. Langtidseffekter skal belyses.

pH-målinger

Tabell 31. Tidligere pH-verdier om høsten.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted |
|------|---------------|----------------|
| 1987 | 4,24 | - |
| 1988 | 4,26 | 5,11 |
| 1989 | 4,43 | 5,40 |
| 1990 | 4,44 | 5,04 |

Tabell 32. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 4,54 | 4,77 | 0,23 |
| Vinter | 4,77 | 5,36 | 0,59 |
| Vår | 4,57 | 4,77 | 0,20 |
| Sommer | 4,6 | 4,8 | 0,2 |
| Alkalitet | <0,01 | <0,01 | 0 |
| Kalsium | 0,8 | 1,4 | 0,4 |

Annet

pH ble også målt like ved utløp til Store Vikka, ca. 50 m fra kalkingsstedet. pH om våren var da 4,65.

Diskusjon/konklusjon

Både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjon viste åpenbart lavere verdier enn ønsket. Hvorvidt dette skyldtes at effekten av kalkingen var redusert, eller at kvantiteten i seg selv

var for små, gjenstår å vurdere. Som det går fram av tabell 31, har forøvrig pH heller ikke i tidligere år vært tilstrekkelig høy.

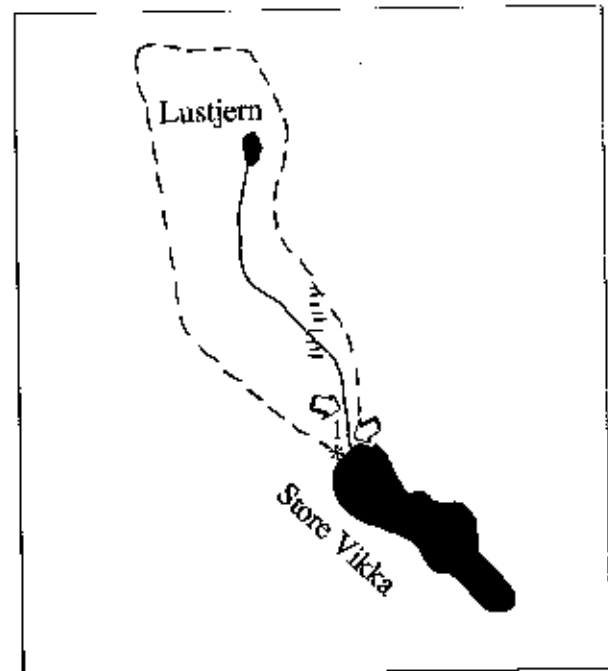


Fig. 13. Skisse av Lustjernbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus, 15 tonn i 1988. □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.13. KJØNSTADSETERBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 33. Karakteristikk av Kjønstadseterbekken.

| | |
|---|---------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Ingen |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1050 |
| Årlig middelavrenning (mm/år): | 600 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år): | 630000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 4,69 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 31 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1988) | 18 |
| (1989) | 18 |
| Stigningsgrad: | Relativt stor |

pH-målinger

Tabell 34. Tidligere pH-verdier om høsten.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted |
|------|---------------|----------------|
| 1986 | 4,43 | - |
| 1988 | 4,60 | 6,18 |
| 1989 | 4,75 | 6,35 |
| 1990 | 4,81 | 6,65 |

Tabell 34. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 4,84 | 7,45 | 2,61 |
| Vinter | 5,01 | 7,22 | 2,21 |
| Vår | 4,69 | 6,09 | 1,4 |
| Sommer | 5,0 | 7,0 | 2,0 |
| Alkalitet | <0,01 | 0,08 | 0,08 |
| Kalsium | 1,0 | 2,5 | 1,5 |

Annet

pH ble om våren målt ca. 100 meter nedenfor kalkingsstedet til 5,36. Den faste målestasjonen lå ca. 350 meter nedenfor kalkingsstedet. Her var pH om våren 6,09. pH ved utløpet til Hornsjøen, ca. 600 meter nedenfor kalkingsstedet ble målt til 6,42. Det innebærer at en del av korallgrusen var transportert forholdsvis langt nedover bekken, og lengre enn den faste målestasjonen.

Diskusjon/konklusjon

Både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjonen tyder på at bekken er tilført store nok mengder korallgrus. En del av kalken var under vårflommen, transportert nedenfor den faste målestasjonen. pH ble nederst i bekken målt til 6,42 under vårflommen. Det gir en pH-økning på 1,73. Det er sannsynlig at en tilstrekkelig bufferoppbygning ville funnet sted selv ved mindre mengder tilført kalk.

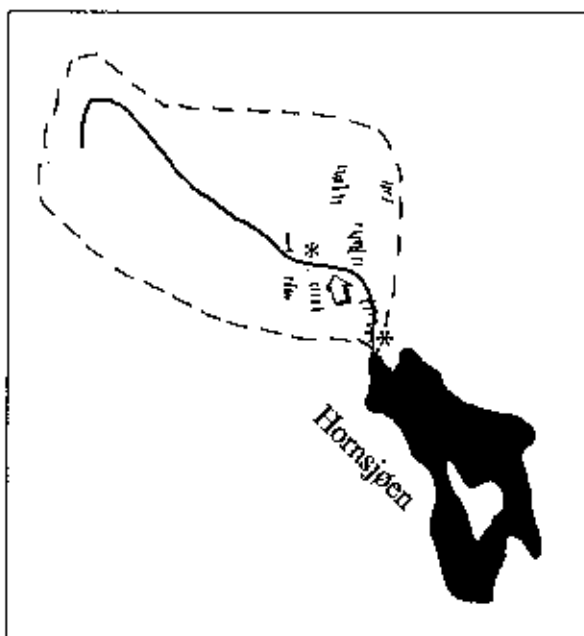


Fig. 14. Skisse av Kjønstadseterbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallet viser plasseringen av korallgrus. 18 tonn i 1988, 18 tonn i 1989, og 31 tonn i 1990. ◻ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.14. SÆTERBEKKEN

Opplysninger om bekken.

Tabell 38. Karakteristikk av Sæterbekken.

| | |
|--|---------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Ingen |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Nei |
| Nedslagsfelt (daa.): | 1600 |
| Årlig middelavrenning (mm/år) | 750 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) | 1200000 |
| Aktuell pH over kalksted: | 4,89 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn): | 0 |
| Tidligere kalkinger (år) tonn: (1988) | 32 |
| (1989) | 32 |
| Stigningsgrad: | Relativt stor |

Merknader: Ikke kalket i 1990. Langtidseffekter skal belyses.

pH-målinger

Tabell 39. Tidligere pH-verdier om høsten.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted |
|------|---------------|----------------|
| 1988 | 4,71 | 6,62 |
| 1989 | 4,67 | 6,94 |

Tabell 40. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 4,96 | 6,90 | 1,94 |
| Vinter | 5,33 | 7,16 | 1,83 |
| Vår | 4,89 | 6,30 | 1,41 |
| Sommer | 5,0 | 6,2 | 1,2 |
| Alkalitet | <0,01 | 0,05 | 0,06 |
| Kalsium | 0,6 | 2,6 | 2,0 |

Annet

Kalken er plassert på tre steder i bekken. Øvre kalking er ca. 1,3 km fra utløpet, andre kalking ca. 500 meter, og siste kalking like før utløpet til Kvernsjøen. pH om våren henholdsvis over og under de tre kalkingsstedene var: 4,89/5,72 (øverst), 5,72/6,10 (midten) og 6,10/6,30 (nederst).

Det ble observert ørret i bekken, som bekrefter at pH har vært tilstrekkelig høy hele året.

Diskusjon/konklusjon

Både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjonen indikerer at det er tilført tilstrekkelige mengder korallgrus. Målingene viser også at selv om det ikke er tilført kalk i 1990, så bevares langtidseffekten godt selv 2 år etter kalking, så fremt kalkmengden er stor nok. Det er mulig at den gode effekten kunne vært opprettholdt selv med mindre mengder korallgrus.

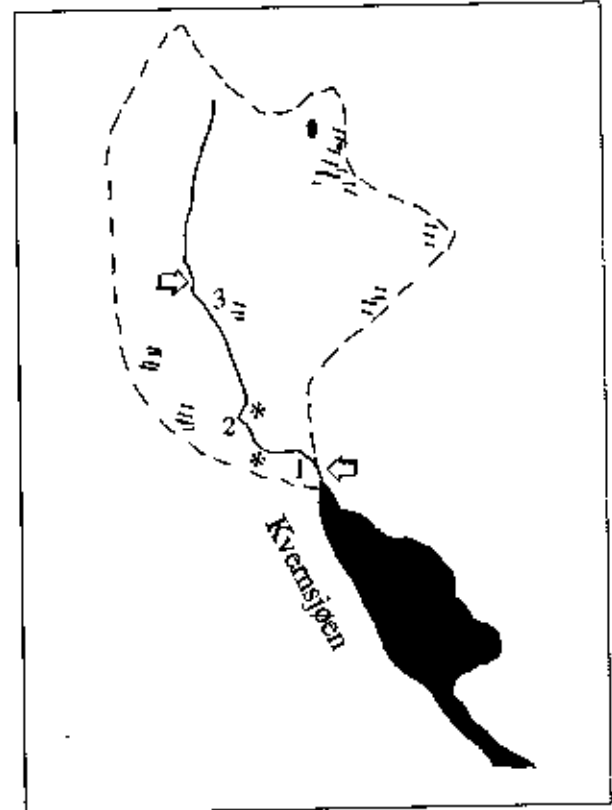


Fig. 16. Skisse av Sæterbekken med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus. 1: 20 tonn i 1988, 2: 24 tonn i 1989 og 3: 12 tonn i 1988 og 8 tonn i 1989. ⇨ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.1.15. KVERNSJØELVA

Opplysninger om bekken.

Tabell 35. Karakteristikk av Kvernsjøelva.

| | |
|--|------------------------------|
| Navn på ovenforliggende vann: | Kroktjern, Kvernsjøputten |
| Kommer fra kalkpåvirket vann: | Delvis |
| Nedslagsfelt (daa.) A): | 2750 |
| Nedslagsfelt (daa.) B): | 8400 |
| Årlig middelavrenning (mm/år): | 750 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) A): | 2062500 |
| Total årlig avrenning (m ³ /år) B): | 6300000 |
| Aktuell pH over kalksted A): | 5,17 |
| Aktuell pH over kalksted B): | ca. 4,9 |
| Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn) A): | 70 |
| Tilførte mengder kalk i 1988 (tonn) B): | 7 |
| Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn) B): | 74 |
| Stigningsgrad: | Middels |

Merknader: De øvre deler av bekken betegnes som område A. Innen dette området er det i bekken lagt korallgrus på to steder. Vannet over korallgruskalkingene er påvirket av kalkinger i 1988, da 7 tonn kalksteinsmel ble tilført ovenforliggende vann. Område B er betegnelsen på hele vassdraget. To tilløpselver til Kvernsjøelva ble kalket i 1989. Til sammen er det i hele vassdraget kalket med 151 tonn kalk.

pH-målinger

Tabell 36. Tidligere pH-verdier.

| | |
|--------------------------|------|
| Kvernsjøputten (1988) | 4,40 |
| Hattmyrbekken (1989) | 4,91 |
| Innløp Kvernsjøen (1989) | 4,98 |
| Innløp Kvernsjøen (1990) | 6,20 |

Tabell 37. pH-verdi, alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra denne undersøkelsen. Målingene er fra de faste målestasjonene.

| Tid | Over kalksted | Under kalksted | Forskjell |
|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Høst | 5,73 | 7,24 | 1,51 |
| Vinter | 6,51 | 7,00 | 0,49 |
| Vår | 5,17 | 6,28 | 1,11 |
| Sommer | 5,8 | 6,5 | 0,7 |
| Alkalitet | <0,01 | 0,11 | 0,11 |
| Kalsium | 0,8 | 2,1 | 1,3 |

Annet

pH ca. 100 meter nedenfor øvre kalkingssted (5) var om våren 5,35, ca. 400 meter nedenfor var den økt til 5,84. Avstanden mellom kalkingsstedene 4 og 5 var ca. 500 meter. Ca. 100 meter under andre kalkingssted var pH økt til 6,28. pH ved utløp til Kvernsjøen var 6,00. Avstanden fra øvre kalkingssted var da ca. 2 km, men elva ble tilført vann fra kalkete sidebekker.

Diskusjon/konklusjon

For område A, viste både pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjon høye verdier, selv under vårflommen. Det er godt mulig at en tilfredsstillende effekt også ville vært oppnådd med noe mindre mengder korallgrus for område A. Når det gjelder hele vassdraget (område B) synes det som om mengden korallgrus er tilført i passende mengder.

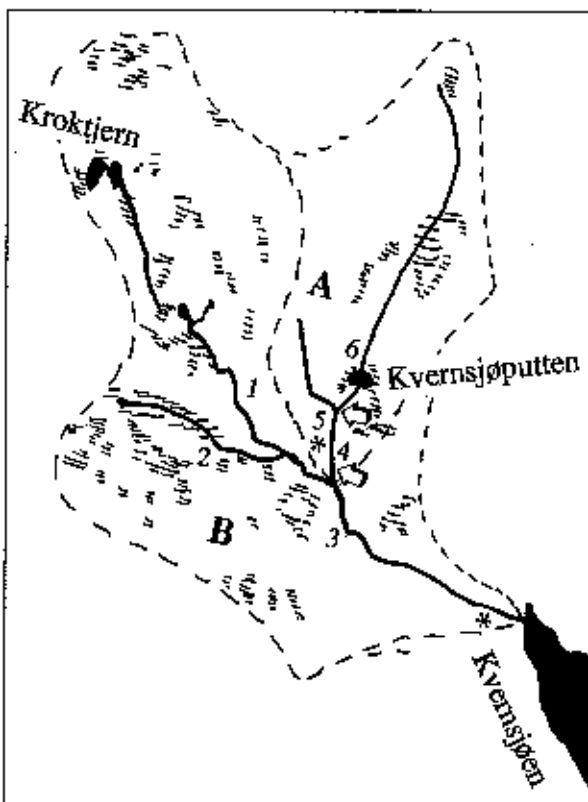


Fig. 15. Skisse av Kvernsjøelva med tilhørende nedslagsfelt. Tallene viser plasseringen av korallgrus: 1: 41 tonn i 1989, 2: 23 tonn i 1989, 3: 10 tonn i 1990, 4: 55 tonn i 1990, 5: 15 tonn i 1990 og 6: 7 tonn i 1988. □ viser faste målestasjoner, og * øvrige pH-målinger tatt om våren.

4.2. SAMLET PRESENTASJON

Nedenfor er de mest sentrale opplysningene om de ulike bekkene samlet (tabell 41). Dette for å lette oversikten, og gi muligheter til enkelt å kunne sammenligne resultatene fra de ulike bekkene. Det må presiseres at det ikke er tilstrekkelig å sammenligne antall tonn korallgrus tilført og anbefalt uten videre. Det kan være andre faktorer som også kan tenkes å påvirke resultatene. Dette er nærmere beskrevet under de enkelte bekkene. Spesielt kan bekkene der vurderingskoden står avmerket i parentes være påvirket av spesielle faktorer som influerer på vannkjemien. I tillegg er "antall tonn korallgrus" tilført angitt som totalmengde. Ofte vil en stor del av denne kalken være lagt ut i tidligere år.

Tabell 41. En samlet oversikt over enkelte data for de respektive bekkene som inngikk i undersøkelsen. Under "vurdering" er følgende kode benyttet: - bekken har fått for lite kalk, - - bekken har fått alt for lite kalk, * bekken har fått tilstrekkelig kalk, * * bekken har fått mer enn nok kalk. Punktet "Tonn korallgrus anbefalt" er en vurdering foretatt på bakgrunn av denne undersøkelsen (figur 17).

| Bekkens navn | Total årlig avrenning (m ³) | Tonn korallgrus tilført | Tonn korallgrus anbefalt | pH | Antall tonn kalk/km ² nedslagsfelt tilført | Antall gram kalk pr.m ³ avrenning tilført | Vurdering |
|--------------------|---|-------------------------|--------------------------|-----|---|--|-----------|
| Fjellhammarbekken | 1820.000 | 24 | 27 | 5,4 | 8,6 | 12 | */- |
| Bergebekken | 975.000 | 3 | 13 | 5,6 | 2,0 | 3,1 | - |
| Osttjernsbekken | 1950.000 | 30 | 34 | 5,2 | 10,0 | 15,4 | * |
| Våterudsbekken | 1020.000 | 12,5 | 14 | 5,5 | 12,3 | 12,3 | - |
| Tomtebekken | 516.000 | 17,5 | 7 | 5,6 | 20,3 | 33,9 | * * |
| Abborputtbekken | 1190.000 | 20 | 14 | 5,4 | 11,8 | 16,8 | (-) |
| Lomtjernselva | 3535.000 | 20 | 61 | 5,4 | 4,0 | 5,7 | - |
| Hekjentjernsbekken | 1645.000 | 20 | 21 | 6,0 | 8,5 | 12,2 | * |
| Svartbekken | 1950.000 | 20 | 34 | 5,2 | 6,7 | 10,3 | - |
| Langselva A) | 7910.000 | 10 | 111 | 5,5 | 0,9 | 1,3 | -- |
| Langselva B) | 10360.000 | 20 | 145 | 5,5 | 1,4 | 1,9 | -- |
| Tolleftjernsbekken | 600.000 | 32,2 | 20 | 4,7 | 32,2 | 53,7 | (-) |
| Lustjernbekken | 720.000 | 15 | 31 | 4,5 | 12,5 | 20,8 | - |
| Kjønstadseterbkn. | 630.000 | 67 | 21 | 4,7 | 63,8 | 106,3 | * * |
| Sæterbekken | 1200.000 | 64 | 30 | 4,9 | 40 | 53,3 | * * |
| Kvernsjøelva A) | 2062.000 | 70 | 36 | 5,2 | 25,5 | 33,9 | * * |
| Kvernsjøelva B) | 6300.000 | 151 | 158 | 4,9 | 18 | 24,0 | * |

4.3. LOKALE pH-VARIASJONER OG LANGTIDS-EFFEKTER

I de ulike bekkene ble det foretatt enkelte pH-målinger for å belyse effekten av lokale pH-variasjoner, og om "kalklommer" vil dannes under flomperioder. Fiskeynglen vil i så fall kunne overleve "syrestøt" i noe større grad, enn om hele vannmassene har tilnærmet samme pH. Det er innlysende at pH nær korallgrusen, der vannmassene møter kalkingsstedet, vil være høyere enn i bekkens øvre vannlag. Det er en konsekvens av kalkingen at pH rundt korallgrusen er høyere enn i de øvrige vannmassene. Det som ønskes belyst var om pH vil kunne holdes høyere i høyder som fisken oppholder seg i (5-10 cm over bunnen), eller om pH utjevner seg tilnærmet umiddelbart over korallgrusen også i kulper og bakvejer. Alle målingene ble tatt i områder som lå nedenfor kalkingsstedene, men likevel slik at det lå korallgrus i bunnen av kulpene. Vannprøvene i kulpene er tatt fra lokaliteter i bekkene der man kunne forvente å finne en pH-forskjell.

Tabell 42. pH-målinger tatt om våren i kulper (ca. 5 cm fra bunnen) og fra bekkens øvre vannlag. Prøvene er tatt parvis, slik at avstanden mellom prøvene ikke oversteg 2 meter.

| Bekkens navn | pH høyt i bekken | pH i kulp | pH-forskjell |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| Fjellhammarbk. | 5,91 | 5,99 | 0,08 |
| Bergebekken | 5,78 | 5,9 | 0,12 |
| Osttjernsbkn. | 5,93 | 5,95 | 0,02 |
| Osttjernsbkn. | 6,06 | 6,07 | 0,01 |
| Våterudsbekken | 5,82 | 5,80 | -0,02 |
| Hekkenbj. bk. | 6,10 | 6,11 | 0,01 |
| Abborputtbkn. | 5,24 | 5,55 | 0,31 |
| Svartbekken | 5,23 | 5,29 | 0,06 |
| Svartbekken | 5,38 | 5,36 | -0,02 |
| Langselva | 5,64 | 5,94 | 0,30 |
| Langselva | 5,58 | 5,71 | 0,13 |
| Tolleftjernsbkn. | 4,77 | 4,78 | 0,01 |
| Kj.stadseterbkn. | 6,09 | 6,28 | 0,19 |
| Kj.stadseterbkn. | 6,53 | 6,49 | -0,04 |
| Kj.stadseterbkn. | 5,31 | 5,36 | 0,05 |
| Kvernsjøelva | 5,16 | 5,14 | -0,02 |
| Kvernsjøelva | 5,35 | 6,83 | 1,48 |
| Kvernsjøelva | 5,51 | 5,64 | 0,13 |
| Sæterbekken | 6,07 | 6,10 | 0,03 |
| Sæterbekken | 6,24 | 6,30 | 0,06 |

Gode opplysninger om lokale pH-variasjoner, betinger kontrollerte feltstudier med omfattende vannkjemiske analyser, i tillegg til parallelle laboratorieforsøk. I våre tall foreligger det en rekke usikkerhetsmomenter. Det gir derfor liten mening i å utføre statistiske tester for å undersøke hvorvidt forskjellene er reelle. Og resultatene må vurderes deretter. I tabell 42 har bare 6 av 20 målinger en pH-forskjell større enn 0,1. Og bare i to av tilfellene var pH-økningen mer enn 0,3.

På bakgrunn av tabellen, får man klare indikasjoner om tendensene. Det er lite aktuelt å regne med at "kalklommer" vil fungere som fiskens redning ved syrestøt. Resultatene tyder riktignok på at dette kan skje, da under meget gunstige fysiske forhold. Men når en bekk skal kalkes, må man ta utgangspunkt i at hele vannmassen nedenfor kalkingspunktet må ha tilstrekkelig høy pH til at fisken kan overleve.

På bakgrunn av de tre bekkene som var tidligere kalket, men som ikke fikk tilført korallgrus inneværende år, er det vanskelig å få entydige signaler om korallgrusens langtids-effekter. Da kalkingene ble utført både i 1988 og i 1989 kompliseres bildet ytterligere. En bekk med et nedslagsfelt på 3 km², en årlig avrenning på 1.800.000 m³ og en gjennomsnittlig oppløsning av kalsium på 0,5 mg/l vil løse opp 0,9 tonn kalsium, og følgelig 2,5 tonn korallgrus pr. år. Kalkbehovet for 1. gangs kalking i en slik bekk kan være 10-20 ganger så stort. Hvorvidt kalken har ligget ett eller to år skulle dermed være av noe mindre betydning.

De bekkene som kunne gi signaler om langtids-effekter var Lustjernbekken, Tolleftjernbekken og Sæterbekken. Lustjernbekken er tilført for små mengder kalk i de tidligere årene. Selv like etter kalkingen i 1988 og 1989 var pH for lav. Effekten synes forøvrig å være ytterligere redusert i 1990. Tolleftjernbekken er muligens tilført store nok mengder kalk tidligere. Kalkingseffekten var svært dårlig i 1990. Men på grunn av spesielle forhold omkring bekkene er resultatene vanskelige å tolke. Sæterbekken er tilført relativt store mengder kalk. Tidligere pH-målinger i 1988 og 1989 viser god avsyringseffekt etter disse kalkingene. Også i løpet av 1990/91 var effekten god. Selv nær 2 og 3 år etter kalkingene var effekten meget god.

Resultatene synes å gi indikasjoner om at kalking med korallgrus vil kunne gi gode langtids-effekter om doseringen er stor nok. Det kan likevel ikke trekkes noen konklusjoner om hvor ofte bekkene bør rekalkes, annet enn at effekten synes å holde seg bra i minst ett år, ved stor nok dosering.

4.4. ANBEFALT DOSERING

Oppløsningshastigheten til en kalkpartikkel er i praksis proporsjonal med H^+ -konsentrasjonen ved pH under 5,5 (Jensen & Pedersen 1977, Sverdrup & Warfinge 1984). pH blir følgelig den mest betydningsfulle parameteren. Men en bekk har en svært komplisert vannkjemi. Dette forsterkes ved at det er en rekke fysiske forhold en bekk utsettes for, og som sterkt vil påvirke bekkens kjemiske forhold. Det er med andre ord svært mange faktorer man må forholde seg til. pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjon som det her er analysert på, må betraktes som de viktigste indikatorene. Men mulighetene for feilkilder er store. For å kunne utarbeide gode retningslinjer for kalkdoseringer er det nødvendig både med inngående feltstudier, og kontrollerte kjemiske betingelser i laboratorier.

Erfaringene fra bekkedekkingene, viser også at den forventede effekt, på bakgrunn av mengde korallgrus pr. kubikkmeter avrenning og pH, ikke alltid gir de effektene man skulle forvente.

På bakgrunn av de 15 undersøkte bekkene er det utarbeidet et forslag til dosering ved bruk av korallgrus (fig. 17). Figuren viser anbefalt mengde første år bekken kalkes. Det må sterkt

påpekes at denne figuren må betraktes som veiledende, og som en foreløpig modell, inntil grundigere kalkyler utarbeides.

Videre rekalkinger må i første rekke basere seg på bekkens naturlige forutsetninger som kalkingsobjekt. Det vil si at pH-målinger, fortrinnsvis i flomperioder, må benyttes til å "kontrollere" og eventuelt korrigere for de foreslåtte kvanta. Likevel antas fig. 17 å gi gode "tommel-finger"-regler.

Fordi det i 1990/91 var ca. 20 prosent mindre nedbør enn normalt, er kurven i fig. 17 lagt på et høyere nivå enn om 1990/91 hadde vært et normalår.

For å bruke fig. 17 må man kjenne pH i bekken. Den må måles ved antatt laveste verdi. Det vil si under vår- eller høstflom. Nedslagsfeltets areal for bekken, helt ned til det punkt som man ønsker avsyret (oftest utløpet), må beregnes. Ved å multiplisere nedslagsfeltets areal med avrenningen for det aktuelle området finner man total årlig avrenning. Dette omregnes til kubikkmeter. På bakgrunn av denne verdien i tillegg til pH, vil man ut fra figuren finne anbefalt dosering.

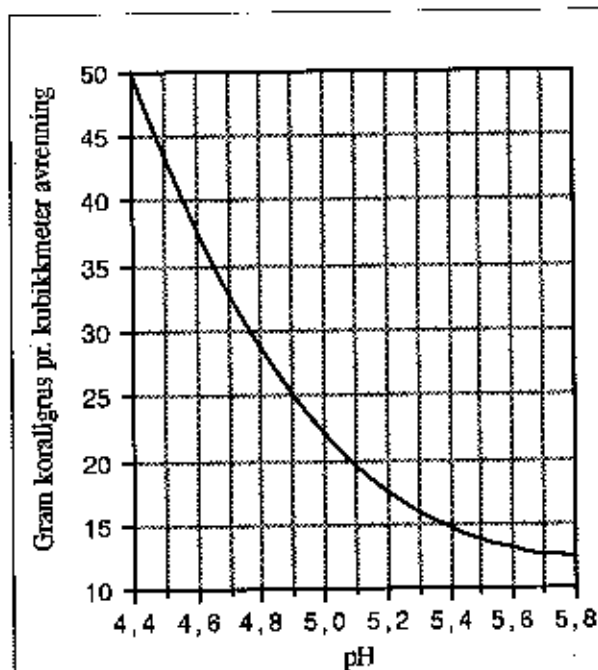


Fig. 17. Forslag til dosering ved bruk av korallgrus i bekker. Kurven er utarbeidet empirisk på bakgrunn av 15 bekker.

Et eksempel:

pH under vårflom: 5,0
Nedslagsfeltets areal: 3 km²
Avrenning: 600 mm/år

Av fig. 17 ser man at pH 5,0 gir en veilede dosering på 22 gram korallgrus pr. kubikkmeter avrenning.

Total årlig avrenning:
 $3.000.000 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m} = 1.800.000 \text{ m}^3$

Behov:
 $22 \text{ g/m}^3 \times 1.800.000 \text{ m}^3 = 39.600.000 \text{ g}$.

I denne bekken bør det følgelig legges ut 40 tonn korallgrus første gang bekken kalkes.

5. DISKUSJON/ KONKLUSJON

Undersøkelsen viser helt klart at korallgrus kan være effektiv når det gjelder å heve pH i sure bekker. Om den samme konklusjonen kan overføres til også å gjelde større elver, vites ikke.

Mengden korallgrus som er nødvendig, vil være høyere enn eksempelvis for kalksteinsmel (Kalkingsprosjektet 1985). Dette skyldes at store deler av kalken ikke løses opp, men blir liggende. Det er forøvrig dette forhold som gir korallgrus fordel framfor kalksteinsmel ved kalking i rennende vann. Ved at korallgrusen blir liggende, avsyres vannmassene kontinuerlig. Jo større overflate pr. volum av kalkpartiklene som er i kontakt med vannet, desto raskere løses kalken opp. Når korndiameteren halveres, dobles den spesifikke overflate. Det innebærer at små kalkpartikler relativt sett løses opp raskere enn store. På den annen side vil små kalkpartikler føres lengre med strømmen. Kalkens nøytraliserende virkning vil derfor være størst like etter at kalken er tilført vannmassene. Nøytraliseringseffekten vil forbedres der kalkpartiklene stadig brytes av i mindre elementer. Hvis korallgrusen dekkes med slam, blir nøytraliseringseffekten sterkt redusert. Det samme gjelder hvis korallgrusen blir liggende i for tykke lag. Med andre ord vil effekten forventes å være størst i bekker med relativt stor stigning, høy turbulens med små muligheter for tilslamning og der kalken er spredt utover. En bekk som er flat og bred der korallgrusen plasseres, vil være bedre egnet enn en som er dyp og smal.

En bekk med mange store steiner vil bremse vannhastigheten, og dermed redusere transporten av korallgrus. I tillegg vil korallgruspartikler i en slik bekk lettere kunne knekke til mindre enheter, og dermed løses bedre i vannmassene.

I vann med mye humus dannes raskt et brunt belegg utenpå kalkpartiklene som hemmer kalkopløsningen. Dette gjelder spesielt i vann der fargetallet er høyere enn 50 - 60 mg Pt/l (Direktoratet for naturforvaltning 1990).

Selv om disse forhold ikke er grundig kartlagt i denne undersøkelsen, synes likevel de praktiske erfaringer fra denne undersøkelsen å være i tråd med ovennevnte teorier.

De praktiske erfaringene viste at korallgrusen vil følge med strømmen, og kan transporteres over lange strekninger. Selv om noe også vil bli liggende. Dette forholdet må det tas hensyn til ved utplassering av korallgrusen. Konsekvensen blir at korallgrusen bør plasseres så høyt som mulig i bekken. I lange bekker der det trengs store mengder kalk, vil det være en fordel å fordele kalken på flere ulike steder i bekken. Forøvrig vil moderate kalkmengder i en ikke altfor lang bekk som regel bli fordelt nedover bekken på grunn av vannets hastighet. Videre er korte bekker mindre egnet til å benytte korallgrus enn lengre bekkestrekninger. Korallgrus vil da ofte vaskes ut i innsjøen.

Resultatene antyder at det bare unntaksvis dannes "kalklommer" der fisken kan overleve eventuelle syrestøt. Tilnærmet hele vannmassen i bekken har lik pH i samme avstand fra kalkingspunktet.

Da effekten av korallgrus som legges ut om høsten, viser seg å gi god avsyringseffekt også påfølgende vår og sommer, anbefales det at korallgrusen legges ut om høsten. For at gytefisk skal gå opp i bekkene om høsten, bør vannkvaliteten være god på dette tidspunkt. Det er en fordel at mye av korallgrusen er fordelt utover i bekken før fisken gyter. Tilføres store mengder grus senhøstes eller om våren, vil man i større grad tenkes å påvirke rogn og små yngel i negativ retning. Likevel kan det tenkes at det vil være en fordel å spre mindre mengder korallgrus i bekken like før, eller i de største flomperiodene om våren. Korallgrusen bør i så fall ikke legges ut i større mengder der det er rogn eller yngel som kan bli skadet.

Det er ikke foretatt undersøkelser som avdekker om ørreten kan benytte korallgrus som medium for gyting. Om de mikrokjemiske forholdene nede i korallgrusen vil være egnet for rogn er derfor usikkert. Inntil dette forholdet er avklart, kan det ikke anbefales at korallgrus benyttes som potensielt gytesubstrat. Hensikten med å tilføre korallgrus bør være å avsyre gytebekken så godt og effektivt som mulig. Likevel vil det neppe ha negative konsekvenser om noe av korallgrusen blandes med gytegrus. I et forsøk der noe skjellsand (5 - 10 kg pr. m³) ble blandet i gytegrusen i en forsuret bekk, var dødeligheten på yngelen relativt stor, men betraktelig lavere enn i den ukalkete gytegrusen (Rosseland & Skogheim 1984b).

Det er heller ikke foretatt noen grundigere un-

dersøkelser over evertebratfaunaen eller de botaniske endringer som korallgrusen eventuelt vil føre med seg. Den generelle flora og fauna i bekken vil direkte eller indirekte påvirke fiskens næring, skjulmuligheter, konkuransforhold m.m. Når en bekk kalkes med korallgrus, er det store mengder grus som benyttes. Både de kjemiske og fysiske forholdene i bekken vil forandres. Fordi man ikke kjenner til i hvor stor grad dette influerer på flora og fauna lokalt i bekken, anbefales det at man i de bekkene der muligheten finnes, i stedet overdoserer ovenforliggende innsjø, fremfor å tilføre gytebekken korallgrus. Det vil da bare være de kjemiske forholdene i bekken som endres. Og det er de man ønsker å gjøre noe med. De fysiske forholdene kan være gode, og muligheten til faktisk å forringe de fysiske forholdene ved å tilføre store mengder korallgrus foreligger også. I tillegg er det økonomisk gunstigere å overdosere innsjøer med kalksteinsmel, enn det er å benytte korallgrus for samme nedslagsfelt. Dette kan imidlertid bare gjøres der nedslagsfeltet til ovenforliggende innsjø er stort i forhold til det øvrige nedslagsfeltet som tilhører bekken, og innsjøens oppholdstid ikke er for stor.

De små kalkpartiklene løses raskere opp, og gir derfor bedre effekt enn de store. Effekten av kalkingene vil derfor være best like etter at kalken er lagt ut, og blir gradvis dårligere. Når en bekk er tilført korallgrus over en årrekke, vil det ligge større mengder med store kalkpartikler igjen som ikke er løst opp. Om også disse store kalkpartiklene gir god nok nøytraliseringseffekt eller om bekken kontinuerlig må tilføres kalk (mindre partikler) vites ikke. Dersom store kalkpartikler ikke gir tilstrekkelig effekt, vil bekken etter en del år nærmest "fylles igjen". I så fall vil det være en øvre grense for hvor mange år man kan benytte korallgrus som eneste måte å avsyre vannmassene på.

6. LITTERATUR

- Abrahamsen, H. og D. Matzow. 1984. Use of lime slurry for deacidification of running water. Verh. Internat. Verein Limnol. 22: 1981-1985.
- Baker, J.P. & C. L. Schofield. 1980. Aluminium toxicity to fish as related to acid precipitation and Adirondack surface water quality. s 292 - 293 I: D. Drabløs & A. Tollan (red.) Ecological Impact of Acid Precipitation. SNSF-projekt. 383 sider.
- Bjerle I., G.Rochelle, & H. Sverdrup. 1982. Limestone dissolution in acid lakes. Vatten 38. 156 - 163.
- Borgstrøm, R. & L.P. Hansen. 1987. Fisk i ferskvann. Landbruksforlaget. Oslo. 1987. 347 s.
- Direktoratet for naturforvaltning. 1990. Håndbok i kalking av surt vann. 2. utg. 52 s.
- Jensen K.W. & E. Snekvik. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout populations in southern Norway. Ambio 1:223-225.
- Jensen A.T. & M.B.Pedersen 1977. Om kalkvirkningens grundproces. En sammenlignende undersøgelse af reaktiviteten af en blød og en hård dansk jordbrukskalk og tre dolomitter. Ugeskr. f. Agron. Hort., Forst., og Lic. 31. 647 - 651. Ikke sett. Sitert etter Kalkingsprosjektet 1985.
- Jensen, K. W. & Snekvik E. 1972. Low pH levels wips out salmon and trout populations in southern Norway. Ambio 1: 223-225.
- Johansson N., P. Runn, & M. Sohtell. 1981. Perivitelline pH of salmonide eggs in relation to ambient pH. Water Resources Bulletin 17:6. 994 - 999.
- Hongve D. 1982. Titrimertriske bestemmelser av total CO₂ i surt vann, Limnol. 3. 3-6.
- Kalkingsprosjektet 1985. Kalking av surt vann. Rapp. fra Miljøverndepartementet og Direktoratet for naturforvaltning. 145s
- Gunn, J. M. & W. Keller. 1980. Enhancement of the survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) eggs and fry in and acid lake through incubation in limestone. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1522 - 1530.
- Oppegård B. 1988. Kalkingsplan for Akershus og Oslo. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 150 s.
- Overrein, L.N., H.M. Seip & A. Tollan. 1980. Acid precipitation - effects on forest and fish. Final rapport of the SNSF - project. 1972 - 1980. Oslo - Ås. 175 s.
- Pedersen H. B., B. Oppegård & J. H. Wilberg 1990. Aksjon 88 - Forsuringssituasjonen i Akershus. Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 84 s.
- Peterson, R. H., P.G. Daye & J. L. Metcalfe, 1980. The effects of low pH on hatching of atlantic salmon eggs. I: Drabløs D. & A. Tollan (red.) 1980. Ecological impact of acid precipitation. SNSF-projekt. Oslo - Ås. 383 s.
- Runn, P., N. Johansson & G. Milbrink, 1977. Some effects of low pH on the hatchability of eggs of perch, *Perca fluviatilis* L. Zoon 5:115-125.
- Rosseland, B.O. & Skogheim O.K. 1984a. Neutralization of acid water by shellsand filter and sea water additions. Effects on eggs, alevins and smolts of salmonids. Kalkingsprosjektets rapport 26.
- Rosseland, B.O. & Skogheim O.K. 1984b. Attempts to reduce effects of acidification on fishes in Norway by different mitigation techniques. Fisheries 9 (1): 10-16.
- Rosseland, B.O. Skogheim O.K., H.Abrahamsen & D. Matzow. 1984. Survival and reproduction of physiological stress of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in an acid river through slurry liming. Kalkingsprosjektets rapport 27.
- Rosseland B. O., I. Sevaldrud, D. Svalastog & I. P. Muniz. 1980. Studies of freshwater fish populations - effects of acidification on reproduction, population structure, growth and food selection I Drabløs & A. Tollan (red.) Ecological Impact of Acid Precipitation. SNSF-projekt. 383 sider.
- Skogheim O. K., B. O. Rosseland, E. Hoell & F. Kroglund. 1986. Effects on mortality and physiological stress on smolts of Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) in the pH-range 5 - 8 after addition of soda (Na₂CO₃) and limeslurry (CaCO₃) to aluminiumrich acid water. Water, Soil, Air Pollut. (i trykk), (Ikke sett referert etter Borgstrøm & Hansen 1987).
- Sverdrup, H. & P.Warfvinge. 1984. A reacidification model for limed lakes. Water Resources Research. Ikke sett. Sitert etter Kalkingsprosjektet 1985. Kalking av surt vann. Rapport fra Miljøverndepartementet og Direktoratet for naturforvaltning. 145s.
- Sømme, I.D. 1941. Ørretboka. Jacob Dybwads forlag. Oslo. 591 sider.