

Kalkingsplan for Bergen kommune 1995



Annie Elisabeth Bjørklund,
Geir Helge Johnsen
&
Steinar Kålås

Rådgivende Biologer AS
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 170, april 1996.



Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORTENS TITTEL:

Kalkingsplan for Bergen kommune, 1995.

FORFATTERE:

Cand.scient. Annie E. Bjørklund Dr.philos. Geir H. Johnsen Cand.scient. Steinar Kålås

OPPDRAKSGIVER:

Bergen kommune ved Tom Sandahl, kommunalavdeling fritid, kultur og kirke,
Møllendalsveien 2-4, 5009 Bergen.

OPPDRAGET GITT:

September 1994

ARBEIDET UTFØRT:

1994 - 1995

RAPPORT DATO:

16.april 1996

RAPPORT NR:

170

ANTALL SIDER:

32

ISBN NR:

ISBN 82-7658-085-8

RAPPORT SAMMENDRAG:

De østre deler av Bergen kommune er moderat påvirket av sur nedbør, mens byfjellene og et område i vest er stabilt og meget sure.

Fiskebestandene i Bergen er, - så langt en kjenner til, ikke særlig skadd av de sure forholdene. En må likevel kunne anta at flere av bestandene er truet av de sure forholdene.

Kalking er foreslått prioritert i Gjeddevatnvassdraget vest i Bergen, samt i flere innsjøer på byfjellene. Her er Langavatn og Munkebotsvatn høyt prioritert, og begge disse to har vært kalket i 1989. Det er også foreslått kalket i innsjøer som i dag er båndlagt i forbindelse med byens drikkevannsforsyning, men denne båndleggingen bør revurderes.

EMNEORD:

- Forsuringstilstand
- Fiskestatus
- Kalkingsplan
- Bergen kommune

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



FORORD

Rådgivende Biologer as. har utarbeidet en kalkingsplan for Bergen kommune. Gjennomføringen av arbeidet er utført i henhold til de krav som er gitt av Fylkesmannens miljøvernavdeling for dette arbeidet. Arbeidet er finansiert likelig fra Fylkesmannen og fra Bergen kommune, og planen er en direkte oppfølging av "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" som ble utgitt av Fylkesmannens miljøvernavdeling i 1995. Planen for Bergen inngår som en av 29 kommunale kalkingsplaner som er utarbeidet i Hordaland i løpet av 1995. Denne serien av kommunale kalkingsplaner utgjør derfor et sentralt grunnlag for den offentlige forvaltningen av de statlige kalkingsmidlene i Hordaland i årene som kommer.

Det er viktig å understreke at dette er en KALKINGSPLAN og ikke et KALKINGSPROGRAM for Bergen kommune. På grunnlag av den informasjon som her er framkommet, vil det være mulig å fremme søknad om aktuelle kalkingsprosjekter i Bergen. Ved tildeling av statlige kalkingsmidler vil disse prosjektene så bli prioritert i forhold til de øvrige aktuelle og pågående kalkingsprosjekter i hele Hordaland.

Planen er utarbeidet som et samarbeide mellom fylkesmannens miljøvernavdeling og Rådgivende Biologer as. Surhetsdelen er omarbeidet fra Rådgivende Biologers rapport nr. 110 (Bjørklund mfl. 1993) samt at det er samlet inn et par ekstra vannprøver. Fiskestatus i kommunen er hentet fra en spørreundersøkelsen som ble gjennomført i 1989 (NINA upubl), samt foreliggende informasjon og et elektrofiske i fire lokaliteter i forbindelse med denne kalkingsplanen. De utvidete vannkjemiske analysene er utført ved Hordaland Fylkeslaboratorium.

Rådgivende Biologer as. takker Bergen kommune, ved Tom Sandahl, for oppdraget.

Høringsutkastet er datert: Bergen, 22.august 1995.
Rapporten er datert: Bergen, 16.april 1996.



INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	3
INNHALDSFORTEGNELSE	4
Liste over figurer	5
Liste over tabeller	5
SAMMENDRAG	6
SURHET I VASSDRAG OG VILKÅR FOR KALKING	8
Surhet i vassdrag	8
Kalking og kalkingskriterier	13
SURHETSTILSTAND	16
Surhet i Bergen i 1995	16
Variasjon i surhet gjennom året	16
Oversikt over forsurede områder	17
Aluminiumsinnhold i vassdragene	18
Syrenøytraliserende kapasitet i vassdragene	19
BIOLOGISK TILSTANDSBESKRIVELSE	21
Status for innlandsfiskebestander	21
Status for anadrome bestander	22
Oversikt over forsurede bestander	23
Andre ferskvannsorganismer av særlig verdi	23
KALKINGSPLANLEGGING FOR BERGEN	24
Tidligere kalkingsprosjekt i Bergen kommune	24
Behov for kalking i Bergen kommune	24
Forslag til prioritering	25
Kalkingsstrategi for aktuelle prosjekt	26
Hvor bør en overvåke	27
LITTERATURREFERANSER	28
VEDLEGGSTABELLER	29
Kart over prøvetakingspunktene	29
Status for innlandsfiskebestandene	30



LISTE OVER FIGURER

FIGUR 1.1: Modell for sammenheng mellom buffersystem og variasjon i surhet	10
FIGUR 2.1: Årsvariasjon i surhet i 1993 i tre drikkevannskilder i Bergen	17
FIGUR 2.2: Oversikt over sure områder i Bergen kommune	18
FIGUR 2.3: Innhold av aluminium i innsjøer i Bergen kommune	19
FIGUR 3.1: Fangst av fisk på to steder i utløpet av Spåkevattnet	21
FIGUR 3.2: Fangst av fisk i utløpselven fra Bogetveitstemma	22

LISTE OVER TABELLER

TABELL 1.1: Tålegrenser med hensyn ANC-verdi for laks, ørret og røye	13
TABELL 1.2: DN's overordnede prioriteringskriterier for kalkingsmidler	14
TABELL 2.1: Arealfordeling av sure områder	17
TABELL 2.2: Skjematisk og teoretisk kalkbehov for hele kommunen	17
TABELL 2.3: Innhold av aluminium i tre vannprøver fra mai 1995	19
TABELL 2.4: Syrenøytraliserende kapasitet i vannprøver fra mai 1995	20
TABELL 4.1: Tidligere og pågående kalkingsprosjekter	24
TABELL 4.2: Prioritering av kalkingsprosjekter	26
TABELL 4.3: Hydrologiske og morfologiske forhold	27



SAMMENDRAG

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag fra Bergen kommune, utarbeidet et forslag til kalkingsplan for kommunen. Arbeidet er utført i løpet av 1994 og 1995 som en direkte oppfølging av Fylkesmannens miljøvernnavdelings arbeide med beskrivelse av surhetstilstanden i Hordaland (Johnsen & Kambestad 1994) og kalkingsplanlegging i fylket (Kambestad mfl. 1995).

NATURGRUNNLAGET

Bergen sentrum ligger sentralt i de geologiske strukturene som kalles Bergensbuene, et resultat av den kaledonske fjellkjedefoldingen. De lagvise bergartene ble satt på høykant og ligger i buer. Den "innerste" Bergensbuen utgjør selve Bergensdalen fra byfjorden og til Nordåsvatnet. Den domineres av fyllitt og glimmerskifer, og gir gode vannkvaliteter. Buen østenfor domineres av bergartene gneiss og granitt, som danner fjellkjeden fra Nattlandsfjellet via Ulriken og ut i de sentrale deler av Åsane. Også Lyderhorn og områdene helt vest mot Sotra består av disse bergartene. Her er bufferkapasiteten mot sur nedbør begrenset. Den tredje Bergensbuen består av anorthositt og mangeritt, og som dominerer de nordre deler av Åsane og går via Arnadalen til Nesttun og helt ut til Flesland. Øst for dette kommer igjen bergarter av typen gneiss og granitt, som går fra Osterfjorden via Osterøy over Gullfjellet og ender på begge sider av Fanafjorden.

SURHET

Det er spesielt to områder i Bergen som er sterkt preget av forsuring; byfjellene, og et noe mindre område helt vest i Bergen sør for Lyderhorn og Gravdalsfjellet. I de lavereliggende deler av kommunen, samt i områder preget av tett bebyggelse eller jordbruk, er surhetstilstanden i vassdragene god hele året. En stor del av kommunen er imidlertid moderat preget av forsuring, med store variasjoner i pH gjennom året. Dette gjelder de høyereliggende deler av Bergensbuene øst for byfjellene, samt i områdene rundt Bogtveitstemma, og fjellpartiet sør og øst for Arnadalen.

FISK

Bergen kommune har 315 innsjøer og av disse er 65 større enn 50 da. Det totale ferskvannsarealet er på 20,64 km². Aure, røye, stingsild og ål er arter som forekommer naturlig i innsjøer mens gjedde, karuss, karpe, vederbuk, regnbueaure og hork er innførte arter som forekommer i en eller flere innsjøer i Bergen kommune.

Over halvparten av de omtalte innsjøene har en god eller tett bestand av aure, mens omtrent en tredel har en tynn bestand. Kun et fåtall innsjøer er registrert som fisketomme ved at aurebestanden er utdødd. Årsaken til at flere av bestandene er tynne eller utdødde ligger også i at nærmere en tredel av alle innsjøene har dårlige gyteforhold. Forsuring er også årsak bak noen av de utdødde bestandene.



FISKE

Det finnes flere svært aktive sportsfiskelag i Bergen men deres hovedaktiviteter er rettet mot fiske etter anadrom laksefisk i vassdrag utenfor Bergen. Ferskvannsressursene i Bergen er relativt sett lite utnyttet. En del steder i Nordåsvannet og øverst i Osvassdraget foregår det mye fiske. I Kalandsvatnet er det også et aktivt fiske og her er en i gang med et utfiskingsprosjekt for å prøve å bedre kvaliteten på røya og auren.

KALKING

Vassdragskalking har bare vært utført i 1989 i de tre innsjøene Munkebottsvannet og Langavannet på Munkebotn og Skomakerdiket på Fløyen. Dette arbeidet har ikke vært fulgt opp siden.

I denne planen er det foreslått at Gjeddevatnvassdraget vest i Bergen kalkes ved oppkalking av Bjørndalsvatnet øverst i vassdraget, samtidig som en åpner opp mellom de to innsjøene. Videre er en oppfølging av de to tidligere kalkede innsjøene på Munkebotn foreslått prioritert høyt, samtidig som en vurderer både Storevatnet og Stordiket samt Øvre Jordalsvatnet og Tarlebovatnet på byfjellene. Disse fire sistnevnte innsjøene er i dag båndlagt i forbindelse med byens drikkevannsforsyning, men denne båndleggingen foreslås opphevet for å legge tilrette for sportsfiske i disse områdene. Da vil også vannkvalitetsforbedrende tiltak som kalking kunne være nødvendig.



1. Surhet i vassdrag og vilkår for kalking

Denne kalkingsplanen utfyller rapportene "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" (Kambestad mfl. 1995) og "Forsuringsstatus for vassdrag i Hordaland, 1993" (Johnsen og Kambestad 1994),- og inngår som en av 29 kommunale kalkingsplaner som er utarbeidet i Hordaland i løpet av 1995.

Grovt sett viser de foreliggende rapportene at det er fire områder i Hordaland som er **sterkt preget av forsuring**: 1) Høyfjellsområdene på grensen mot Rogaland, 2) deler av Bergensbuene i Bergen og Nordhordland, 3) enkelte av øyene langs kysten; Askøy, Sotra, Øygarden og Fedje og til slutt 4) grunnfjellsområdene i nord bestående av Masfjorden, Modalen og deler av Osterøy. Områdene som er **minst preget av forsuring** finnes i 1) Ytre Sunnhordland, 2) Midthordland med Tysnes, Fusa, deler av Samnanger og Kvam og 3) Indre Hardanger med Ullensvang, Granvin, Ulvik og Eidfjord med deler av Hardangervidda. I de andre områdene i fylket er surhetsnivået meget variabelt, både i tid og geografisk.

Surheten i innsjøer og vassdrag i fylket varierer altså mye, både innen relativt små geografiske områder og i løpet av korte perioder. Dette skyldes at surhet er resultatet av mange forhold. Vi skal innledningsvis prøve å belyse noen av de sentrale forhold som vil ligge til grunn for forståelsen av det videre innhold i denne kalkingsplanen. Den kjemiske sammensetningen av overflatevann i vassdrag er i hovedsak styrt av bidrag fra følgende fire kilder, der de tre første dominerer i vannforekomster uten særlig lokal forurensning:

- 1) **Naturgrunlaget**, - berggrunnen og jordsmonnet bestemmer hvilke stoffer som løses ut når nedbøren passerer nedbørfeltet. Dette gjelder viktige stoffer som kalsium, magnesium, bikarbonat og aluminium.
- 2) **Langtransportert forurensning** som kommer med nedbøren eller som tørravsetninger. Denne tilfører nedslagsfeltene og vassdragene betydelige mengder syre (hydrogenioner), forsurende stoffer som sulfat og nitrat, samt miljøgifter som kvikksølv og andre metaller. Slike tilførsler kan også komme fra lokale forhold som gruvedrift.
- 3) **Sjøsalter** som føres inn over landet med vind og nedbør. Dominerende stoffer her er klorid og natrium, men også sulfat og magnesium tilføres derfra. Veisalt og veisalting kan faktisk også gi påviselige effekter på vannkvalitet.
- 4) Lokale tilførsler fra **menneskelig aktivitet**, det være seg kloakk, industriutslipp eller avrenning og tilsig fra jordbruksaktiviteter. Dette gir særlig fosfor- og nitrogenforbindelser, organisk stoff og tarmbakterier av forskjellig slag. Dette er en type forurensning som ikke har direkte innvirkning på surhetsnivået, men et forhøyet ioneinnhold og bedre næringsgrunnlag for algevekst fører indirekte til bedret bufferevne og demper dermed både nivået og variasjonen i surheten. Utstrakt jordbrukskalking vil imidlertid kunne påvirke vannkvaliteten betydelig i perioder.

NATURGRUNLAGET I BERGEN

Bergen kommune ligger i et område som har en helt spesiell og meget variert berggrunn. Bergen sentrum ligger sentralt i de geologiske strukturene som kalles Bergensbuene, et resultat av den kaledonske fjellkjedefoldingen. De lagvise bergartene ble satt på høykant og ligger i buer. Den "innerste" Bergensbuen utgjør selve Bergensdalen fra byfjorden og til Nordåsvatnet. Den domineres av fyllitt og glimmerskifer, og er av kambrosilursk opprinnelse. Buen østenfor domineres av bergartene gneiss og granitt, som danner fjellkjeden fra Nattlandsfjellet via Ulriken og ut i de sentrale deler av Åsane. Også Lyderhorn og områdene helt vest mot Sotra består av disse bergartene. Den tredje Bergensbuen består av anorthositt og mangeritt, og som dominerer de nordre deler av Åsane og går via Arnadalen til Nesttun og helt ut til Flesland. Øst for dette kommer igjen bergarter av typen gneiss og granitt, som går fra Osterfjorden via



Osterøy over Gullfjellet og ender på begge sider av Fanafjorden. Helt øst i Bergen er det en ny smal bue med anorthositt som går over i en større bue med gabbro. Denne går helt til Os og Fusafjorden.

Løsmasseavsetninger og/eller marine sedimenter finnes i lavtliggende områder rundt innsjøene i sentrale deler av Åsane, i Arnadalen inn til Haukelandsvatn og Søylevatn, samt i områdene ut mot Flesland og rundt Kalandsvatnet. I disse regionene er det en del jordbruksdrift.

Berggrunn, jordsmonn, løsmasseavsetninger og marine avsetninger har avgjørende betydning for vannkvaliteten i et vassdrag. Ettersom lite av nedbøren faller direkte i vassdragene, vil det meste renne via jordsmonnet i nedslagsfeltet, der kjemisk forvitring og ionebytting derfor er viktige prosesser som endrer mengden og sammensetningen av ioner i avrenningsvannet. De viktigste ionene i denne sammenheng er basekationene kalsium, magnesium, kalium og natrium. Et nedslagsfelt med en berggrunn som forvitrer lett, et rikt jordsmonn, store løsmasseavsetninger eller marine avsetninger vil avgi store mengder basekationer. Disse kan buffre den sure nedbøren slik at avrenningsvannet er adskillig mindre surt når det når vassdraget. Et nedslagsfelt som domineres av en hard berggrunn, som forvitrer sakte, og et skrint jordsmonn vil derimot ha et lavt innhold av basekationer, og derfor liten evne til å endre ionesammensetningen i regnvannet. Avrenningsvannet fra slike områder vil derfor være omtrent like surt som nedbøren når det når vassdragene.

Ettersom berggrunnen er meget varierende i Bergen, samt at det stedvis er både løsmasseavsetninger og marine avsetninger, vil naturgrunnlaget i Bergen være meget variert. Områder med grunnfjellsbergartene gneiss og granitt er i hovedsak harde og lite forvitrelige, og områder der disse dominerer er generelt lite dekket av løsmasseavsetninger. Vassdragene i disse områdene er derfor ofte fattige på basekationer og har lave tålegrenser mot sure tilførsler. I Bergen dreier dette seg hovedsakelig om de høyreliggende områdene som Byfjellene, og et område helt i vest i Bergen ved Loddefjord og Fyllingsdalen.

Helt øst i kommunen samt i en bue øst for Byfjellene er berggrunnen dominert av anorthositt og mangeritt som er noe lettere forvitrelig og har et noe høyere innhold av basekationer. I deler av disse områdene som sentralt i Åsane er det i tillegg løsmasseavsetninger og noe jordbruksdrift. I disse områdene er naturgrunnlaget, og dermed tålegrensen for sure tilførsler, noe bedre enn i områdene med gneisser og granitter, men en kan ikke utelukke perioder med relativt sure forhold i disse områdene. En annen viktig faktor av betydning i disse områdene kan være at anorthositt har et spesielt høyt innhold av aluminium, noe som kan ha stor betydning ved sterk forsuring, da løseligheten av aluminium øker.

I de andre områdene i Bergen med mer lettforvitrelige bergarter som glimmerskifer, grønnstein og fyllitter vil jordsmonnet være både rikere og fyldigere. Lavtliggende områder, som har vært dekket av hav etter siste istid, kan ha marine sedimenter og skjellavsetninger i bunnen, noe som kan gi betydelig innhold av kalsium i innsjøene og dermed meget god bufferkapasitet mot forsuring.

VARIERENDE BUFFERSYSTEM

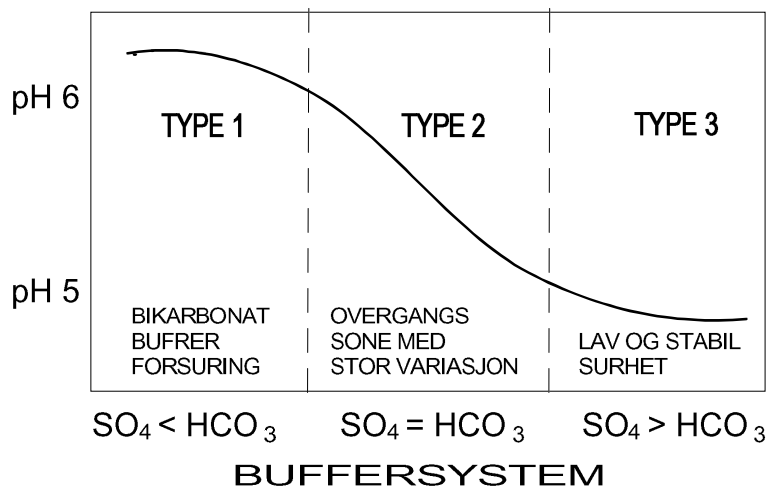
Ulikt naturgrunnlag i Bergen, fører altså til at det er stor variasjon i vassdragenes surhetsnivå fordi bufferevnen i jordsmonnet er forskjellig. På grunn av ulikt naturgrunnlag vil imidlertid selve vannet i vassdragene også få ulik bufferkapasitet. Denne bufferevnen er avhengig av vannets innhold av (hovedsakelig) bikarbonat, som for det meste tilføres fra nedslagsfeltet. Innholdet av bikarbonat har betydning for vannets evne til å motstå en ytterligere forsuring ved tilførsler av sur nedbør, og har derfor betydning for stabiliteten av surhetsnivået i vassdrag. Ulikt innhold av bikarbonat i vannet fører til at noen vassdrag kan ha en variasjon i surhetsnivået på opp til to pH-enheter fra det laveste til det høyeste, mens andre vassdrag kan være jevnt sure og andre igjen jevnt bra det meste av året.



I områder der tilførslene av sure stoffer er relativt moderate og innholdet av bikarbonat høyt, vil pH vanligvis være høy og stabil til tross for periodevise sure tilførsler (TYPE 1 i figur 1.1).

I områder der jordsmonnets bufferkapasitet er utarmet etter en langvarig påvirkning av sure tilførsler, vil innholdet av bikarbonat avta fordi tilførslene fra nedslagsfeltet helt eller delvis erstattes av sulfat. Sulfationene kan ikke virke som buffer, og derfor blir slike vann meget følsomme for sure tilførsler. I innsjøer der bikarbonat og sulfat begge finnes i omtrent like mengder, vil pH være lavere og variere mye, avhengig av mengde sure tilførsler (TYPE 2 i figur 1.1).

FIGUR 1.1: Teoretisk sammenheng mellom type av buffersystem i en innsjø og variasjonen i forsureningsnivå. I innsjøer med et høyt innhold av bikarbonat vil pH være god, og variasjonen liten (type 1). I et system der innholdet av bikarbonat og sulfat er omtrent likt vil pH være dårligere og svært variabel (type 2). Et sterkt forsuret system vil ha lite bikarbonat, aluminiumsforbindelsene har overtatt som buffersystem og pH vil være lav og stabil. Figuren er tilpasset fra Mason (1991).



I områder der tålegrensen for tilførsler av sure stoffer er langt overskredet, vil innholdet av bikarbonat være meget lavt, og aluminiumsforbindelser vil overta som buffersystem. Disse vassdragene vil ha en lav og stabil pH (TYPE 3 i figur 1.1).

LANGTRANSPORTERTE FORURENSNINGER

Årlig middelavrenning i Bergen er meget varierende, og det er mest nedbør i de høyestliggende områdene. Helt i vest ligger avrenningen på 50 liter pr. sekund pr. km², mens de høyereliggende områdene ved Gullfjellet øst i kommunen har en årlig middelavrenning rundt 100 (NVE 1987). Byfjellene ved Bergen har en årlig middelavrenning på 80 liter pr. sekund pr. km². Belastningen av forsurende stoffer vil dermed være størst i de høyestliggende områdene der tålegrensen for slike tilførsler er lavest.

De viktigste forsurende stoffer i nedbøren er svovel- og nitrogenforbindelser. Disse påvirker forsureningen i vassdragene både direkte ved at vassdragene tilføres sterk syre, og indirekte ved at jordsmonnet utarmes fordi lageret av basekationer reduseres. Den indirekte virkningen av sur nedbør har dermed betydning for den langsiktige utviklingen i vassdragene og for evnen til å komme tilbake til den opprinnelige tilstanden dersom de sure tilførslene reduseres.

Når sulfat-ioner, og enkelte steder også nitrat-ioner, passerer gjennom jordsmonnet vil de binde til seg like store mengder basekationer fra jordsmonnet og frakte dem ut i vassdraget. Dersom mengden av basekationer som på denne måten transporteres bort fra jordsmonnet er større enn mengden basekationer som tilføres jordsmonnet, vil jordsmonnet utarmes og evnen til å buffre de sure tilførslene avta. Når så



basekationene i jordsmonnet er borte, vil effekten av de sure tilførslene forsterkes ved at sulfat- og nitrat-ionene fraktes med seg hydrogenioner og aluminium i stedet, slik at avrenningsvannet i slike områder blir enda surere og i tillegg får et høyt innhold av aluminium.

Mengden av slike sure tilførsler vil imidlertid variere både fra år til år og i løpet av året, avhengig av mengden nedbør og hvor den kommer fra. Siden slutten av 1970-årene har svovelkonsentrasjonen i nedbør avtatt med omtrent 30%, men nitrogenkonsentrasjonen har endret seg lite og nedbørmengdene har økt (SFT 1994). Dette har ført til at de samlede sure tilførsler ikke er særlig redusert på Vestlandet de siste årene. Utviklingen i surhet i vassdragene vil likevel være ulik i de enkelte vassdrag avhengig av hvor utarmet nedslagsfeltene er.

Vassdragene i Bergen har de siste årene vært surest på vinteren og minst sure om sommeren (Bjørklund mfl. 1994). De siste årene har enkelte av vintrene vært særlig milde og nedbørrike, og dette har gitt meget lav pH i mange vassdrag i kommunen disse årene.

SJØSALTEPISODER

Kystnære områder som Bergen kommune mottar ofte sjøsalter med nedbøren,- særlig i perioder med kraftig vind. Store mengder sjøsaltpåvirket nedbør kan føre til at vannet i vassdragene blir enda surere enn tilførslene fra den vanlige nedbøren skulle tilsi. Dette skyldes at natrium-ioner fra sjøsaltene i nedbøren holdes igjen i nedbørfeltet ved ionebytting med hydrogen og aluminium. Store mengder surt og aluminiumsrikt avrenningsvann vil derfor kunne gi surstøtepisoder i vassdrag. Slike surstøtepisoder er vanligvis kortvarige, men det sure vannet kan imidlertid oppholde seg lenge i innsjøer og dermed gi surt vann til vassdrag over et noe lengre tidsrom. På grunn av lav pH og mye aluminium, som i slike tilfeller foreligger i store mengder i den labile formen som er giftig for fisk og bunndyr, vil slike perioder kunne føre til akutt dødelighet for vannlevende organismer.

En forutsetning for at dette skal skje er imidlertid at jordsmonnet allerede er helt eller delvis utarmet for basekationer på grunn av langvarig eksponering for sur nedbør. Surstøt vil derfor kun finne sted i de områdene i Bergen der det allerede er moderat eller kraftig surt, men kan ventes å ha størst effekt der forholdene er moderate. De siste årene har hatt ekstremperioder med mye nedbør og sterk vind om vinteren, og dette har ført til surstøtepisoder i flere vassdrag med slike utarmede nedslagsfelt (Hindar mfl. 1993; Kroglund mfl. 1993), og vinteren 1993 ble det registrert død fisk både i Spåkeelven i Åsane (Barlaup og Åtland, pers. medd.) og i de øvre deler av Osvasdraget (Hobæk 1994). Begge disse episodene ble registrert i områder med delvis utarmede nedslagsfelt, der det er store variasjoner i pH ved store tilførsler av sure stoffer eller ved sjøsaltepisoder.

ALUMINIUM OG GIFTIGHET FOR FISK

Innholdet av totalaluminium i overflatevannet i Bergen er meget høyt (Bjørklund mfl. 1994). Aluminium er meget vanlig i jordsmonnet, og stammer hovedsakelig fra forvitret berggrunn. Ved forsuring øker løseligheten av aluminium og konsentrasjonen i avrenningsvannet blir høyere.

Spesielt den labile fraksjonen av aluminium øker når vannet blir surere, og det er denne delen som utgjør det største problemet for fisken i forsurete vassdrag. Dette skyldes at aluminium legger seg på gjellene og kan i verste fall føre til akutt død. Konsentrasjoner over 40 : g pr. liter med labilt aluminium kan under gitte forhold være giftig for fisk (Rosseland mfl. 1992). For laksesmolt diskuteres for tiden om enda lavere konsentrasjoner kan medføre problemer ved utvandring. I humusrike vannforekomster, spesielt langs kysten, kan imidlertid innholdet av aluminium være ekstremt høyt (Johnsen & Kambestad 1994), uten å være et problem for fisken. I slike tilfeller er aluminiumet bundet til humuspartikler, og denne formen for organisk bundet aluminium er ikke giftig for fisk.



Innholdet av aluminium i overflatevannet varierer ikke bare mellom steder med forskjellig surhetsnivå og varierende berggrunnsforhold. Det varierer også over tid på hvert enkelt sted. I periodene med lavere pH-verdier vinterstid vil derfor aluminiumsinnholdet i vassdragene være høyere enn ellers i året. Også i spesielle surstøtepisoder vil aluminiumsinnholdet øke i vassdragene.

ALUMINIUM I BLANDSONER

I vassdragsområder der forskjellige vannkvaliteter møtes, vil en kunne oppleve særlige forhold knyttet til disse blandsonene. Der svært sure og aluminiumsrike vannmasser møter vesentlig mindre sure vannmasser, vil selve surhetsnivået relativt fort utjevnes, mens aluminiumsforbindelsene trenger noe lenger tid på å stabiliseres. I denne fasen kan det oppstå særlig giftige komplekser av aluminium, slik at det kan bli akutt giftige forhold for fisk i blandsonerområder (Rosseland mfl. 1992 b).

Dette er viktige forhold som må tas hensyn til i både forvaltning og direkte utnyttelse av vassdrag, og slike situasjoner finner en for eksempel:

- der sure sideelver møter større vassdrag med bedre vannkvalitet,
- der kalkede vassdragsdeler møter sure og ukalkede greiner,
- ved utslipp fra kraftverk
- i oppdrettsanlegg der en foretar en behandling av det sure råvannet før det slippes til fiskene, - men uten at vannet får modnet slik at aluminiumskompleksene har fått stabilisert seg.

TÅLEGRENSER OG SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET

Det er utarbeidet tålegrenser for mange ferskvannslevende organismer, - både for mange fiskearter og for evertebrater av forskjellig slag. Disse tålegrensene er basert på vannkvalitet, der de vannkjemiske målingene er sammenstilt i uttrykket **syrenøytraliserende kapasitet = ANC (Acid Neutralizing Capacity)**. Dette er et begrep som sammenstiller balansen mellom basekationer og sterke syrers anioner, altså forskjellen mellom mengde tilførte forsurende stoffer og jordsmonnets mengde av tilgjengelige basekationer.

$$\text{ANC} = \text{basekationer} - \text{sterke syrers anioner} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) - (\text{Cl}^{-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{-})$$

Selve beregningen av ANC inkluderer også en del omregninger, slik at en ikke uten videre kan foreta en summering av målte konsentrasjoner slik som vist over. Mange av stoffene angitt over stammer også fra sjøsaltilførsler til vassdragene (se side 10 foran), men disse tilførslene er kompensert for i beregningen av ANC, slik at det kun er tilførslene fra nedslagsfeltet og fra sur nedbør som inngår i beregningen.

Det er påvist betydelige forskjeller i tålegrenser for ulike fiskearter, der abbor er den fiskearten som tåler de laveste ANC-verdiene, mens laks synes å være mest følsom. Laks og ørret er derfor foreslått som indikatorarter for fisk på surt vann i Norge (Lien mfl. 1991). En ANC-verdi på 20 : ekv/l er foreslått som akseptabel tålegrense for fisk og evertebrater i Norge. Verdier under dette kan føre til skade på bestandene.

For laks skal ikke ANC-verdiene komme særlig under 0 før det er kritisk, mens ørret tåler noe dårligere vannkvalitet med lavere ANC-verdi. Allerede ved ANC=10 vil 25% av laksebestandene være redusert mens ved ANC=0 vil 50% være utdødd. Røye har omtrent tilsvarende toleranser som ørret (tabell 1.1)(Lien mfl. 1991).



TABELL 1.1: ANC-konsentrasjon (: ekv/l) for laks, ørret og røye hvor henholdsvis 25% og 50% av bestandene er redusert eller dødd ut. (fra Lien mfl. 1991).

ART	% REDUSERTE BESTANDER		% UTDØDDE BESTANDER		ANTALL BESTANDER
	25 %	50 %	25 %	50 %	
Laks	ANC = 10	ANC = 5	ANC = 5	ANC = 0	n = 30
Ørret	ANC = 10	ANC = 0	ANC = -10	ANC = -20	n = 827
Røye	ANC = 10	ANC = -5	ANC = -10	ANC = -15	n = 169

Årsaken til at laks og ørret er særlig sårbare arter, ligger i at de gyter i elver der yngelen og ungfisken også lever de første årene av livet sitt. Vannkvaliteten varierer mer og er periodevis mer ekstrem i elver enn i innsjøer. For innlandsørret er det derfor oftest rekrutteringen som først lider under forsuring, slik at kalking av gytebekker ofte er viktigere enn kalking av innsjøer der den voksne fisken lever. Røye er innsjøgytende, og røyeungelen er derfor ikke like utsatt for varierende vannkvalitet og dermed surstøteepisoder som ørretyngelen.

De vannkjemiske målingene som danner grunnlaget for beregning av ANC, gir også grunnlag for utarbeidelse av naturens tålegrenser for tilførsler av forsurende stoffer (Henriksen mfl. 1992). Denne tålegrensen avhenger av områdets evne til å "produsere" basekationer som kan motvirke de sure tilførselene. På grunnlag av kjennskap til dagens tilførsler av forsurende stoffer, kan en dermed beregne hvorvidt tålegrensene for slike tilførsler i dag er overskredet. Med framtidige utslippsreduksjoner og dermed reduksjon i sure tilførsler, kan en også beregne hvor store reduksjoner i overskridelsene dette da vil føre til. Tålegrensekart og slike overskridelseskart for Hordaland er seinest presentert i "Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland" (Kambestad mfl. 1995).

KALKING OG KALKINGSKRITERIER

Sur nedbør er hovedårsaken til den forsuringssprosessen landet vårt har opplevd. Den industrielle revolusjon førte til en kraftig økning i utslipp av svovel- og nitrogenforbindelser fra ulike menneskelige aktiviteter som industri, kraftproduksjon og samferdsel, og allerede før århundreskiftet gav dette seg utslag på Sørlandet, men også de naturlig sure områdene i Hordaland opplevde sannsynlig en økt forsuring allerede rundt århundreskiftet.

Kalking har av flere grunner vist seg som det beste "reparerende" tiltaket for å hindre at sur nedbør ødelegger økosystemer i ferskvann. Kalken øker pH i vannet, samtidig som giftvirkningen av aluminium reduseres. Det er imidlertid viktig å være klar over at kalking aldri vil kunne reversere utviklingen og føre oss tilbake til den tilstanden man hadde i økosystemet før forsuringen. Målet ved valg av kalkingsstrategi er imidlertid å komme så nær den opprinnelige tilstanden som mulig.

MÅLSETTING MED VASSDRAGSKALKING

Direktoratet for Naturforvaltning har definert følgende to hovedmålsettinger for den statlig finansierte kalkingen i vassdrag i Norge:

- Å REDDE FORSURINGSTRUJEDE ORGANISMER
- Å LEGGE TIL RETTE FOR FRITIDSFISKE I FORSURINGSRAMMETE OMRÅDER.



Videre er det i stadig større grad fokusert på bevaring av det biologiske mangfoldet også i forbindelse med kalking de siste årene, og det er høyst sannsynlig at dette vil bli mer framtreddende også i framtiden.

PRIORITERING AV OFFENTLIGE KALKINGSMIDLER

For at kalkingsprosjekter skal få statlig støtte må forskjellige vilkår oppfylles. Fordi hvert kalkingsprosjekt vil binde opp midler helt til forsuringssituasjonen har bedret seg, er det viktig å ikke sette i gang kalkingen før det er gjort grundige vurderinger. I "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" er det gitt en oversikt over hva slags lokaliteter staten vil prioritere i årene framover, og det er også listet opp krav som må oppfylles for å få statlig støtte til kalkingstiltak.

Direktoratet for Naturforvaltning har utarbeidet et sett med overordnede kriterier for prioritering av kalkingslokaliteter. Prioriteringskriteriene tar delvis hensyn til at vi i visse deler av Norge må leve med et tilnærmet evig forsuringssituasjon. Enkelte områder vil fremdeles være forsuret etter de utslippsreduksjoner som ble avtalt våren 1994. Ved plassering av lokaliteter i prioritet 3 og nedover tar man hensyn til en slik framtidig forsuringssituasjon ved å nedprioritere områder som vil være forsuret i overskuelig framtid. Inntil videre har man valgt ikke å gjøre dette innenfor de to øverste prioriteringene. Vi må i årene framover vente en politisk diskusjon om skjebnen til de "evig" forsurede områdene.

TABELL 1.2: Direktoratet for Naturforvaltning sine overordnede prioriteringskriterier for tildeling av kalkingsmidler. Prioriteringen går fra 1 til 6, avhengig av om det er forbundet store interesser til området, hvorvidt området vil oppleve en reduksjon i forsuringen ved framtidig reduksjon i sure tilførsler og hvorvidt de forsuringstruede organismene allerede er utdødd.

		FISKEINTERESSER		TILSTEDE	FORSURINGS- TRUETE ORGANISMER
		STORE	MINDRE		
TILSTAND ETTER UTSLIPPS- REDUKSJON	LIKEGYLDIG	PRI = 1	PRI = 2	ALLEREDE UTDØDD	
	BEDRET	PRI = 3	PRI = 5		
	FORSURET	PRI = 4	PRI = 6		

Det gis bare statlig støtte til kalking i lokaliteter der det er dokumentert at forsuring har medført, eller vil medføre, endringer i det biologiske mangfoldet. Dette betyr at forsuringsskade eller reell forsuringstrussel må kunne dokumenteres.

Videre er det mange andre forhold som også inngår i en samlet vurdering fram mot den endelige prioritering av aktuelle kalkingsprosjekter. Disse er detaljert gjennomgått i "Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland". Et sentralt forhold her er almenhetens tilgang til fisket,- noe som vil være bortimot et krav for å bli prioritert ved tildeling av offentlige kalkingsmidler.

KOST / NYTTE - VURDERING

For å kunne vurdere effekten av de forskjellige prosjektene opp mot hverandre, er det benyttet et enkelt kost / nytte forhold. Dette er skjønnsmessig vurdert i denne sammenhengen, mens det i andre sammenhenger kan benyttes vitenskapelige metoder der elementene i detalj er gjort rede for.

Kostnadene for et kalkingsprosjekt vil i hovedsak være styrt av hvor store vannmengder som skal kalkes opp og hvor sure disse er. I tillegg vil transport- og spredningskostnadene være viktige. Helikopteralking er dyrere enn kalking av innsjøer som ligger langs vei, og elvekalking med doseringsanlegg er mer kostbare enn innsjøalking der en kan spre kalken ut i en enklere operasjon. Kalking av gytebekker med skjellsand eller kalksteinsgrus kan være billig.



Nytteverdien til et kalkingsprosjekt kan beregnes på mange detaljerte måter, men i denne sammenheng er det ikke foretatt noen vitenskapelig vurdering av hvert enkelt prosjekt. Her er det i hovedsak snakk om hvor mange som kan ha nytte av og eventuelt vil benytte seg av tilgangen til fisket, samtidig som kalking av en truet lakse-bestand gir mer "nytte" enn kalking av en truet sjøaure-bestand, som gir mer "nytte" enn kalking av en truet innlandsaure-bestand.

Kost/nytte-effekten vil således kunne være høy for både enkle prosjekt med begrenset nytteverdi og for mer omfattende og kostbare prosjekt der nytteverdien er meget høy. Og til tross for at små prosjekter kan oppnå en fordelaktig kost/nytte-effekt, kan en likevel oppleve at disse blir prioritert lavt. Dette vil være tilfellet der den generelle "nytte-verdien" er svært begrenset i forhold til større prosjekter med "større verdi".

FORBEDRING I FRAMTIDEN ?

Siden utslippene av forsurende stoffer i stor grad passerer landegrensene med vær og vind, er det inngått internasjonale avtaler for å redusere disse utslippene betraktelig innen år 2010. De siste årene har en som et resultat av dette, opplevd en reduksjon i svoveltilførslene til Norge på nærmere 30%. Men selv med disse utslippsreduksjonene vil deler av Hordaland sannsynligvis fortsatt ha forsurede vassdrag også etter år 2010.

Statiske teoretiske modeller kan enkelt beregne tilstanden i vassdragene etter utslippsreduksjoner i henhold til de inngåtte avtaler. Dette baserer seg på at naturen er i stand til å reagere umiddelbart på reduksjoner i sure tilførsler, og at dette kan spores i vannkvaliteten direkte. Rammeplanen for kalkingsvirksomheten i Hordaland (Kambestad mfl. 1995) viser en oversikt over hvordan områdene i Hordaland vil fortone seg i år 2010 basert på en slik teoretisk beregning av tålegrenseoverskridelser ved avtalte reduserte utslipp.

Men både kjemiske og biologiske forhold virker forsinkende inn på tiden det tar før reduserte utslipp gir positive utslag på miljøet. Det er derfor utarbeidet dynamiske teoretiske modeller som tar hensyn til dette i beregningene (Wright 1994). Her er en kommet fram til at nylig forsurede områder vil kunne ta seg igjen raskere enn gamle forsurete området. I områder med stor grad av forsurening vil det imidlertid kunne ta fra 10-100 år før jordsmonnets evne til å buffre sure tilførsler er fullt restituert selv om tilførslene opphører.

Overvåkingen av utviklingen i vassdrag i Norge synes å indikere at forholdene i enkelte slike forsurede områder faktisk er på bedringens vei, i tråd med det de statiske teoretisk modellene antar. Men det gjenstår mye videre arbeide for å slå fast om dette faktisk er tilfellet. I de områdene der surheten i dag varierer mye (type II, se side 10) vil en eventuelt forvente den raskeste bedringen.

KALKING,- BARE ETT LEDD I KULTIVERINGEN

Kalking er et egnet virkemiddel der forsurening er årsaken til reduksjonene i fiskebestandene. I de innsjøer der også andre forhold skaper problemer for fiskebestandene, vil ikke kalking nødvendigvis være løsningen. I mange innsjøsystem kan det være oppvandringshindre som demninger eller veibygging, som har ødelagt for rekrutteringsmulighetene. Dessuten observeres tilbakegang i anadrome bestander av laks og sjøaure også i ikke-sure vassdrag.

På den annen side vil kalking i et tidligere "tusen-brødre" system, der fisken har gått tilbake, kunne gi det resultat at en får tilbake tusenbrødre-systemet med liten fisk med dårlig kvalitet. Kalking i innsjøer der gyteforholdene er gode vil således kunne resultere i en reduksjon i fiskens kvalitet. En må derfor være klar over at kalking ikke alltid er eneste medisin for å bøte på skrantende forhold.



2. Surhetstilstand i Bergen kommune

GEOGRAFISK VARIASJON I SURHET

Det er spesielt to områder i Bergen som er sterkt preget av forsurening. Det største området finner en på Byfjellene, og et noe mindre område finnes helt vest i Bergen, sør for Lyderhorn og Gravdalsfjellet. På begge disse stedene finner en innsjøer som har stabilt lave pH-verdier, hovedsakelig rundt og under 5,0, hele året.

Gode forhold med hensyn på forsurening finnes i de lavereliggende deler av kommunen, samt i områder preget av tett bebyggelse eller jordbruk. Deler av Åsane, Grimseidvassdraget samt de tett bebygde områdene fra Bergen sentrum til Fjøsanger har alle høye pH-verdier gjennom hele året. Det samme gjelder de høyereliggende områder helt vest i Bergen rundt Løvstakken og Lyderhorn, og områdene rundt Kalandsvatnet.

En stor del av Bergen kommune er imidlertid moderat preget av forsurening. Dette gir seg utslag i at en har gode forhold i perioder med små tilførsler av forsurende stoffer, mens en kan oppleve svært lave pH-verdier i perioder med store tilførsler av sur nedbør. Hele området sør og øst for Arna helt ned mot Kalandsvatnet synes å tilhøre denne kategorien, og det samme gjelder området øst for Byfjellene i de sentrale deler av Åsane, samt fjellpartiet lengst nord i Åsane. De lavereliggende deler har ofte noe bedre forhold på grunn av løsmasseavsetninger og marine sedimenter, men store deler av disse vassdragene er ofte preget av vannet fra de høyereliggende deler slik at en også her kan ha perioder med relativt sure forhold.

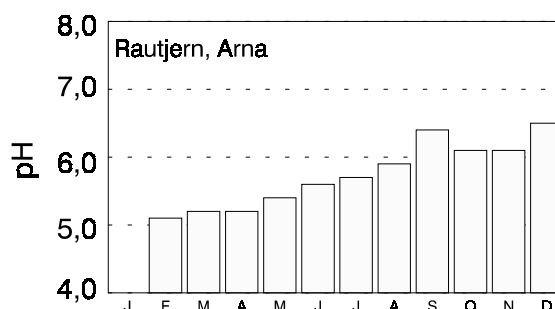
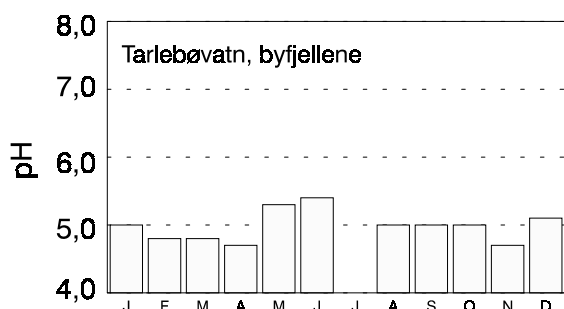
VARIASJON I SURHET GJENNOM ÅRET

I områdene som er moderat preget av forsurening, vil surheten i vassdragene variere gjennom året avhengig av mengdene sure tilførsler. Generelt sett er forholdene best på seinsommeren og høsten, mens de sureste periodene vanligvis forekommer om vinteren. I vassdragene i de meget sure eller gode områdene vil sure tilførsler gi mindre utslag i surhetsvariasjoner i vassdragene, og disse vil ha en mere stabil pH hele året.

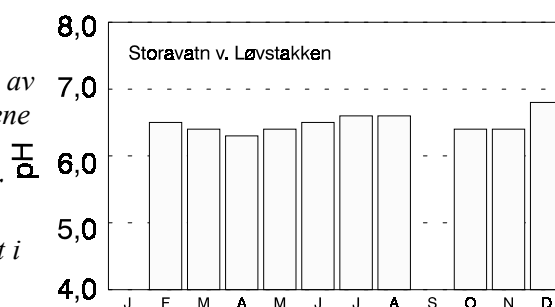
Tre drikkevannskilder i Bergen, fra hvert av de tre tidligere omtalte geografiske regionene, viser disse ulike reaksjonsmønstre på de sure tilførsleene i 1993. Tarlebøvatnet ligger i byfjellene, i det røde området på kartet i figur 2.2. Her er bikarbonatbufferen i innsjøen erstattet av aluminiumsbuffer-systemet, og forholdene er stabilt sure, med pH-verdier rundt 5,0 (figur 2.1, oppe til venstre).

Rautjernet i Arna ligger i et område med variable pH-verdier. Der vil surheten i større grad variere (figur 2.1, oppe til høyre) fordi det fremdeles er noe bikarbonatbuffer i vannet, men i perioder med store sure tilførsler vil bikarbonat-bufferkapasiteten være for liten, og det kan bli store fall i pH. I slike perioder kan surhetsnivået i disse områdene bli så lavt at forholdene kan bli problematiske for fisk. Sjøsaltepisoder vil også kunne gi store utslag i surheten i vassdrag i dette området. Ved sjøsaltepisoden i 1993 ble det registrert fiskedød i Spåkeelven i Åsane, og pH ble målt til 5,1. Vanligvis ligger pH adskillig høyere i denne elven, både ved prøvetakinger et halvt - og ett år seinere (Barlaup og Åtland, pers. medd.), og ved våre målinger i 1995 lå pH rundt 6,5 i vassdraget.

Storavatnet ved Løvstakken ligger i et område med generelt sett gode pH-verdier gjennom året (figur 2.1, nederst til høyre). Her er buffersystemet fremdeles i stand til å møte selv de sureste tilførsleene, slik at variasjonen i pH blir liten til tross for at de sure tilførsleene er like store som i andre steder i kommunen.



FIGUR 2.1. Månedlige surhetsmålinger i 1993 for tre av drikkevannskildene i Bergen. Tarlebøvatnet på byfjellene har stabilt lave pH-verdier, Risneselva i Arna har variable pH-verdier og Storavatn ved Løvsstakken har stabilt høye pH-verdier. Målingene er rutinemessige målinger av råvannet, utført av Næringsmiddeltilsynet i Bergen og omland.



OVERSIKT OVER FORSURINGSTRUEDE OMRÅDER

Av kommunens totalareal er det i underkant av 20 % som er sterkt preget av forsurening (tabell 2.1). 36 % er moderat sure, mens hele 44 % av kommunen ikke har vassdrag som er vesentlig påvirket av den sure nedbøren.

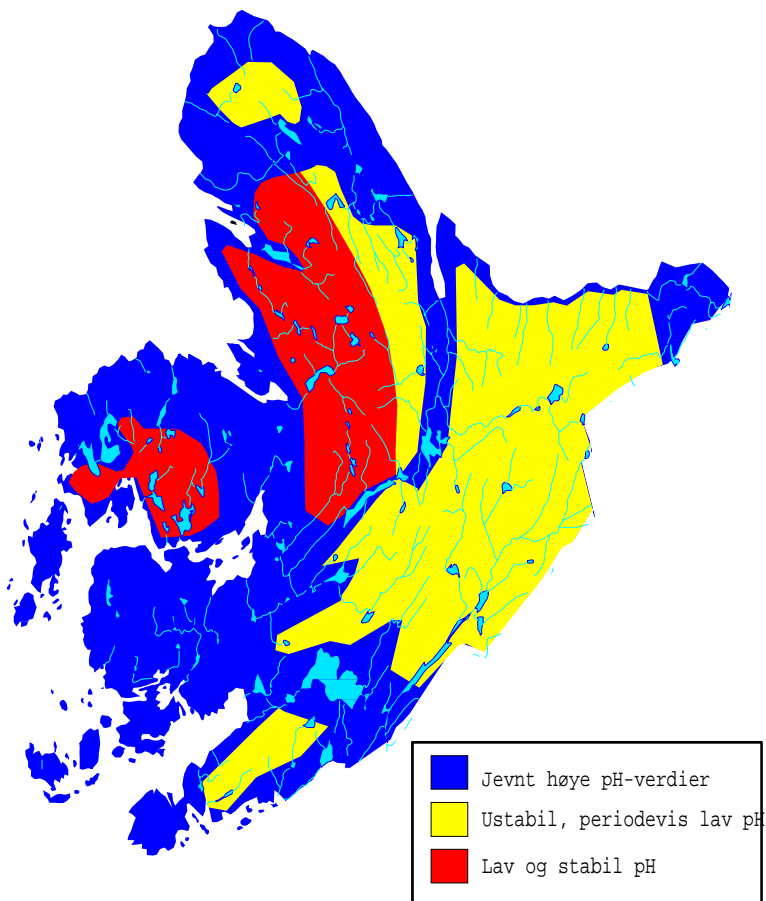
TABELL 2.1: Arealfordelingen av sure områder i Bergen kommune,- basert på kartet i figur 2.4.

TOTALT AREAL	IKKE SURT	MODERAT SURT	STERKT SURT
456 km ²	200 km ²	166 km ²	90 km ²

Tabell 2.1 og kartet i figur 2.4 viser hvor store områder i kommunen som er preget av forsurening. Tabell 2.2 viser det teoretiske kalkbehovet dersom en skal avsyre alt avrenningsvannet i de sure områdene, mens det reelle behovet for kalk til de aktuelle kalkingsprosjektene selvsagt vil være vesentlig mindre.

TABELL 2.2: Skjematisk og teoretisk beregning av kalkbehov med grove behov for Bergen kommune, basert på arealfordelingen i tabell 2.1 og figur 2.4. Kalkbehovet er hentet fra "Kalkingshåndboka".

FORSURET AREAL (km ²)	AVRENNING (l/s/km ²)	SNITT pH	KALKBEHOV (g CaCO ₃ / m ³)	TONN CaCO ₃
Sterkt forsuret: 90 km ²	70	5,0	4,0	800
Moderat forsuret: 166 km ²	70	5,3	2,9	1060



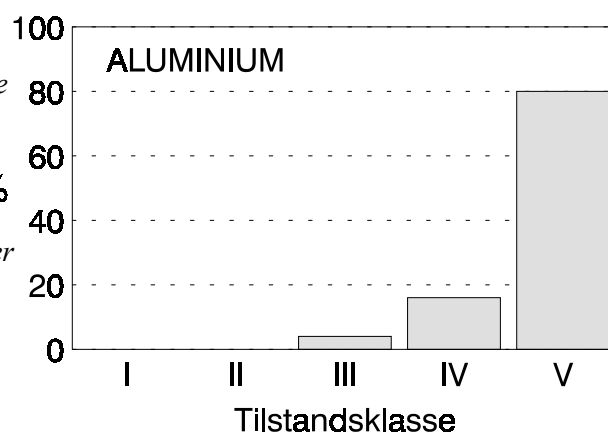
FIGUR 2.2: Oversikt over surhetstilstanden i Bergen kommune i 1994. De blå områdene har stabilt høye pH-verdier over 6.0, de gule områdene har variable pH-verdier vanligvis i området 5.3 - 6.0 men av og til ned i 5.0, mens det røde området har pH-verdier stabilt rundt og under 5.0. Kartet baserer seg på målingene i figur 2.2 og en generell forståelse av naturgrunnlaget i kommunen. Kartet er hentet fra Bjørklund mfl. (1994).

ALUMINIUMSINNHOOLD I SURE VASSDRAG

Innholdet av totalaluminium i sure innsjøer i Bergen er meget høyt, og i de aller fleste er det over 100 : g Al/l. Samtlige av de undersøkte innsjøene, unntatt Storavatnet i Loddefjord, tilhører de to nest høyeste tilstandsklassene i SFT sitt vurderingssystem (SFT 1992) (figur 2.3). Aluminiumsinnholdet er høyest i de to sureste områdene i kommunen, og i Svartatjønn vest i Bergen, sør for Lyderhorn og Løvstaken, ble det målt 300 : g Al/l. I innsjøene i byfjellene ligger innholdet av totalaluminium rundt 200 : g Al/l.



FIGUR 2.3: Prosentvis andel av de 25 undersøkte innsjøene i Bergen som tilhører de forskjellige tilstandsklasser (SFT 1992) med hensyn på innhold av totalaluminium. For målserier er benyttet høyeste observerte verdi som klassifikasjonsgrunnlag, mens enkelt-målingene er klassifisert direkte. Data er hentet fra NMT i Hordaland sine drikkevannsundersøkelser og fra en hovedfagsoppgave ved Universitetet i Bergen (Jakobsen 1991).



I områdene med moderat forsurening vil innholdet av aluminium i vassdragene variere med variasjonen i surhet, og i perioder med lav pH vil innholdet av aluminium øke sterkt. I Spåkeelven var innholdet av aluminium på 39 : ekv/l under sjøsaltepisoden i 1993, men ved prøvetakinger et halvt og ett år seinere lå innholdet av aluminium på bare 2 : ekv/l (Barlaup og Åtland, pers. medd.).

Ved prøvetakingen i mai 1995 var innholdet av labilt aluminium i Tarlebøvatnet, som ligger i et område som er sterkt forsuret, såpass høyt at en kan frykte problemer for fisk. I Spåkeelven, som ligger i et område som er moderat forsuret, var imidlertid innholdet av labilt aluminium meget lavt (tabell 2.3). Disse målingene ble imidlertid gjort i en periode på året da vassdragene er minst sure, og viser at i sterkt forsurede innsjøer som Tarlebøvatnet, er innholdet av labilt aluminium relativt høyt også i denne perioden. I innsjøer som er moderat forsuret som Spåkevatnet, er imidlertid innholdet av labilt aluminium lavt i denne perioden. Mengden reaktivt aluminium var imidlertid såpass høyt i begge innsjøer at en kan frykte problemer for fisk i periodene med lavere pH-verdier.

TABELL 2.3: Innhold av aluminium i nyere vannprøver fra Bergen kommune. Prøvene er tatt 2 og 3 mai 1995 av Rådgivende Biologer i forbindelse med utarbeidelsen av kalkingsplanen.

PRØVETAKINGSSTED	Surhet pH	Fargetall mg Pt/l	Reaktivt Al : g Al / l	Illabilt Al : g Al / l	Labilt Al : g Al / l
Tarlebøvatnet	5,17	20	95	55	40
Spåkevatnet	6,53	14	80	65	15

SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET I SURE VASSDRAG

Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) ble målt i en stabilt sur sone, i Tarlebøvatnet i Byfjellene. Her var ANC lav og var på bare -8,1 : ekv/l (tabell 2.4). Det ble heller ikke målt alkalitet i innsjøen, noe som viser at innsjøen ikke har evne til å motstå ytterligere forsurening ved sure tilførsler. Generelt antas det at ørret trives best når den syrenøytraliserende kapasiteten er over 20, mens fisken kan få problemer når den er rundt 0 eller lavere.



Det ble også målt syrenøytraliserende kapasitet i et moderat surt område. I Spåkeelva var ANC på 31,4 våren 1995, men ANC-verdiene der varierer mye. I en periode rundt sjøsaltepisoden i 1993 ble det for eksempel målt ANC-verdier mellom 157 : ekv/l og 60 : ekv/l (tabell 2.4). Denne elva hadde imidlertid også lav alkalitet (tabell 2.4), slik at evnen til å motstå ytterligere forsurening er relativt dårlig også i dette vassdraget.

TABELL 2.4: Innhold av forskjellige stoff i vannprøver fra Bergen kommune. Prøvene fra 1995 er samlet inn av Rådgivende Biologer i forbindelse med utarbeidelsen av kalkingsplanen, de andre er fra Barlaup og Åtland pers. medd.

STED	Alkalitet mmol/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	NO3 : g N/l	ANC : ekv/l
Tarlebøv. 2.5.95	< 0,02	0	0,3	2,73	0,35	1,95	4,6	105	-8,1
Spåkeelv 3.5.95	0,03	1	0,42	4,2	0,43	1,95	7,4	125	31,4
Spåkeelv, 18.2.93		3	1,57	12,5	0,55	2,21	22,58	56	157,1
Spåkeelv, 15.3.93		3	1,26	11,1	0,63	2,74	18,61	56	140,6
Spåkeelv, 9.7.93		3	0,05	7,22	1,41	3,98	12,19	196	60,4
Spåkeelv, 21.4.94		2	0,55	7,2	0,63	2,3	11,98	42	70,5



3: Biologisk tilstand i Bergen i 1995

STATUS INNLANDSFISKEBESTANDER

Bergen kommune har 315 innsjøer og av disse er 65 større enn 50 da. Det totale ferskvannsarealet er på 20,64 km². Aure, røye, stingsild og ål er arter som forekommer naturlig i innsjøer mens gjedde, karuss, karpe, vederbuk, regnbueaure og hork er innførte arter som forekommer i en eller flere innsjøer i Bergen kommune.

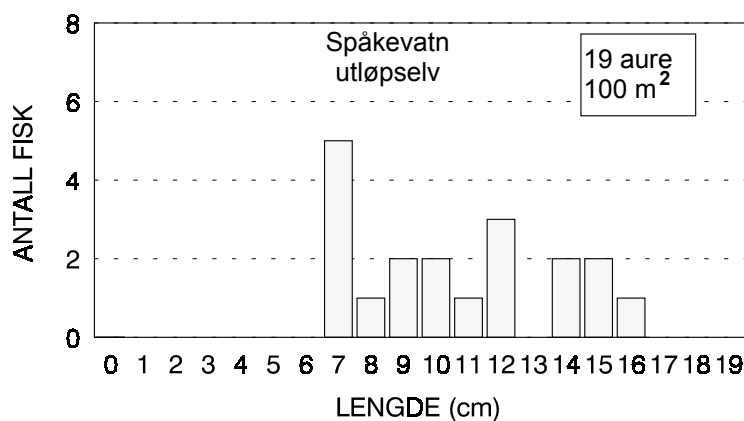
Fiskestatusen i 63 innsjøer i Bergen kommunen er kartlagt gjennom en spørreundersøkelse utført av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og 1991. Deres undersøkelse er i noen få tilfeller supplert og utvidet med nyere opplysninger i forbindelse med dette arbeidet (vedleggstabell 2).

I følge spørreundersøkelsen har 37 av innsjøene har en god eller tett bestand av aure, i 20 innsjøer er det en tynn bestand og 5 innsjøer er trolig fisketomme. Statusen til aure er ukjent i Nordvikvatnet. I 13 av innsjøene finnes det røye og i 16 av innsjøene finnes det gjedde. Det finnes trolig ål og stingsild i langt flere av innsjøene enn det er rapportert om.

Tre av aurebestandene har hatt en økning, 45 har vært stabile, 3 har hatt en nedgang og 2 er trolig tapt. Utviklingen er ukjent i 7 innsjøer og 3 innsjøer har trolig ikke hatt noen aurebestand. Gyteforholdene for aure er oppgitt å være gode eller brukbare i 35 innsjøer, dårlige i 19 innsjøer, og er ukjente i 8 innsjøer.

REKRUTTERING

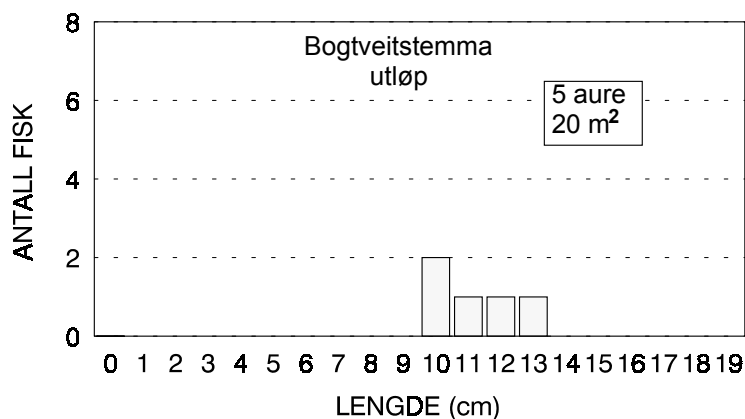
I forbindelse med denne kalkingsplanen er gyteområder for aure undersøkt i fire innsjøer i Bergen kommune. I Spåkevatn ble utløpsbekken undersøkt 9. mai 1995. Tettheten av fisk var middels og ingen årsyngel ble funnet. Grunnen til dette var trolig at disse ennå ikke hadde kommet opp av grusen. I forbindelse med elektrofisket ble det observert en sportsfisker som på en kort stund tok opp ca 10 aure i størrelsesområdet 15- 20 cm. Dette indikerer at tettheten av aure er høy.



FIGUR 3.1: Samlet fangst ved elektrofiske på to steder i utløpselven fra Spåkevatn. UTM koordinat for stasjonene er LN 035069 og LN 032 075. Ingen aure større enn 20 cm ble fanget.



I utløpselva fra Bogtveitstemma ble et lite område undersøkt. Noen få fisk ble funnet. Dette er individ fra en bekkepopulasjon som verken kan vandre opp i innsjøen eller ut i sjøen. Bogtveitstemma er oppdemmet og aure har ikke muligheter for å gyte der.



FIGUR 3.2: Fangst ved elektrofiske i utløpselva frå Bogtveitstemma nær sjøen. UTM koordinat for stasjonen er KN 947 122. Ingen aure større enn 20 cm ble fanget.

I Bjørndalsvatn ble to innløpsbekker overfisket (UTM KN 935 965, KN 935 962) og i Gjeddevatn ble innløpsbekken (UTM KN 933 956) overfisket. Utløpsbekken av Gjeddevatn var gjengrodd, forurenset og ikke egnet for fisk. Forholdene var gode for gyting og oppvekst for aure, men det ble ikke funnet fisk i noen av de undersøkte bekkene.

FISKE

Det finnes flere svært aktive sportsfiskelag i Bergen men deres hovedaktiviteter er rettet mot fiske etter anadrom laksefisk i vassdrag utenfor Bergen. Ferskvannsressursene i Bergen er relativt sett lite utnyttet. En del steder i Nordåsvannet og øverst i Osvassdraget foregår det mye fiske. I Kalandsvatnet er det også et aktivt fiske og her er Bergen kommune i gang med et utfiskingsprosjekt for å prøve å bedre kvaliteten på røya og auren i innsjøen. Vassdragskalking har bare vært prøvd i Munkebottsvannet, Langavannet og Skomakerdiket. Utsettinger av aure har skjedd i Kalandsvatnet rundt 1970.

FISKESTATUS ANADROME BESTANDER

Anadrom fisk forekommer i Bergen kommune i Arnaelven, øvre deler av Osvassdraget og noe fiske foregår også i Nordåsvannet eksempelvis ved Hopsfossen. Det finnes også en del mindre elver der sjøaure går opp, bla. i Dalaelva, Hylkjelva, Grimseidbekken og Sælenbekken. Arnaelven har tidligere vært sterkt forurenset og nærmest uevelig for fisk, men Arna sportsfiskerlag har de senere år lagt ned et stort arbeide for å forbedre denne elven. I følge den offisielle laksestatistikken er det i 1993 og 1994 fanget 223 og 240 kg laks i elven. Osvassdraget er blant de beste lakse- og sjøaureelvene i Hordaland, men det finnes ikke oppgaver over hvor mye fisk som tas i delen som ligger i Bergen. For andre elver i Bergen finnes ikke oppgaver over mengder fisk som fanges.



OVERSIKT OVER FORSURINGSTRUEDE BESTANDER

Ved elektrofiske i Gjeddevannet og Bjørndalsvannet i Tjørevikvassdraget ble det ikke påvist fisk i tilløpsbekker. Ved prøvefiske i 1988 (Sandahl 1989) ble det ikke fanget fisk i Bjørndalsvatnet og kun få større fisk i Gjeddevannet. Innsjøene er meget sure og tilbakegangen i bestander skyldes trolig forsuring.

På Byfjellene er det ikke rapportert tilbakegang i fiskebestandene, men det er sannsynlig at de meget sure forholdene utgjør en trussel for rekrutteringen i flere av disse fiskebestandene. Så godt som alle innsjøene på byfjellene er båndlagt i forbindelse med byens drikkevannsforsyning, og alt fiske er forbudt. Langevatnet og Munkebottsvatnet er imidlertid friggitt og fiske er her tillatt. Selv om disse innsjøene er meget sure skal det være tette bestander med aure i denne innsjøen.

ANDRE FERSKVANNSORGANISMER AV SÆRLIG VERDI

Det er ikke kjent at bestander av andre vannlevende virveldyr som frosk og padde er redusert de senere år. Det finnes vassdrag og myrområder der forekomster av frosk og padde er gode. Stor salamander er registrert i kommunen på femtitallet, men det er ikke kjent om denne arten fortsatt forekommer. Ferskvannsasellen (*Asellus aquaticus*) er registrert i 20 innsjøer i kommunen. Det finnes en registrering av elveperlemusling fra Haukåsvassdraget fra 1931, og blodigle er registrert i Grimevatnet relativt nylig. Ellers finnes det arter av hoppekreps, vannlopper og ferskvannssnegl som er sjeldne sårbare eller truede i flere innsjøer i Bergen kommune (Kambestad m.fl 1995). Disse artene finnes i innsjøer som har god bufferkapasitet og er ikke truet av forsuring. Grunnen til at det er en opphoping av funn av disse artene i Bergen er at det finnes fagmiljø med kunnskaper og interesse for disse dyregruppene i Bergen, og at personer herfra har undersøkt vassdrag i kommunen.



4: Kalkingsplanlegging i Bergen

TIDLIGERE KALKINGSPROSJEKT

Det er ingen pågående kalkingsprosjekt i Bergen kommune som får offentlig tilskudd, men det har foregått kalking på Munkebotn og i Skomakerdiket i 1989. Tidligere kalkingsprosjekter i Bergen er vist i tabell 4.1.

TABELL 4.1: Tidligere og pågående kalkingsaktivitet i Bergen kommune. Opplysningene er hentet fra fylkesmannens miljøvernnavdelings register.

LOKALITET	UTM	PERIODE	MENGDE	METODE
Munkebottsvatnet/Langavatnet	KN 977 044	1989	?	Innsjø
Skomakerdiket	KN 992 012	1989	?	Innsjø

BOHOV FOR KALKING I BERGEN

I Bergen kommune er det i hovedsak to sterkt sure områder, - byfjellene og et noe mindre område vest i Bergen sør for Lyderhorn og Gravdalsfjellet. I det førstnevnte området er det surt, men fiskebestandene skal, - i følge de sparsomme opplysningene som finnes, tross dette være gode. En må likevel kunne slå fast at bestandene er truet av forsurening i dette området. Disse innsjøene er i dag båndlagt som drikkevannskilder. Blant disse er:

STOREVATNET (67) og STOREDIKET (68)

Her er det fisk, men innsjøene er sure, og begge er båndlagt som drikkevann

TINDEVATNENE (58)

Her er det usikkert om det er fisk, - gyteforholdene er nok ikke gode.

TARLEBØVATNET (60) og ØVRE JORDALSVATNET (59)

Her skal det være stor fisk, innsjøene er meget sure, og de har begrensede gyteforhold.

I området vest i kommunen er fisken nesten eller helt utdødd. Innsjøene er også her båndlagt, men disse er vurdert frigitt. Blant disse er:

BJØRNDALSVATNET (49)

Meget surt, gode gyteforhold, men ikke fisk, verken prøvefiske 1989 eller i 1995 eller ved elektrofiske i 1995, utløpet renner til Gjeddevatnet

GJEDDEVATNET (50)

Meget surt, dårlige gyteforhold, få men fin fisk både i 1989 og 1995, stor, med tydelig manglende rekruttering (Sandahl 1989), utløpet elendig forfatning, og det er ikke særlig gytemuligheter i innløpselvene.

TENNEBEKKTJØNN (54)

Meget surt, ikke fisk i 1989, tilrettelagt for bading og etablert skjellsandstrenger 1995.

Videre er det helt øst i Bergen moderat sure områder i Gulffjellstraktene og i øvre deler av Osvassdraget. Øverst i Bjørndalen er innsjøene båndlagt i forbindelse med byens nye drikkevannsforsyning, og øverst



i Osvassdraget er det fremdeles god rekruttering av fisk. Det er derfor ikke aktuelt å velge ut kalkingsobjekter i disse områdene i første omgang.

NOEN OMRÅDER BØR IKKE KALKES

Kalking vil ikke være ønskelig eller tillatt i flere verneområder, foreslått vernede områder eller i de fleste referanseområder i kommunen. Bakgrunnen for dette er nærmere beskrevet i "Vassdragskalking i Hordaland.- Rammeplan 1995-2005" (Kambestad mfl. 1995). I tabell 4.2 er mulige slike konflikter markert. Dette betyr imidlertid ikke at kalking er utelukket disse stedene, men at Fylkesmannen må foreta en overordnet og nøyere vurdering før kalking eventuelt kan iverksettes.

FORSLAG TIL PRIORITERING

I Bergen kommune vil den generelle nærhet til byens store befolkningskonsentrasjoner gi et stort potensiale for utnytting av fiskeressursene i innsjøene. Det medfører at "kost/nytte-effekten" ved kalkingsprosjekter i Bergen generelt sett vil være svært god, også i de tilfeller der prosjektene i utgangspunktet kan synes marginale.

Basert på gjeldende prioriteringskriterier vil kalking av Gjeddevatnvassdraget komme høyest på listen i Bergen. Dette vassdraget blir også framhevet i arbeidet med en samlet forvaltningsplan for ferksvannsfisk i kommunen.

De to tidligere kalkede innsjøene på Munkebotten vil også komme høyt, men disse to innsjøene skal ha vært overbefolket med tette aurebestander før kalking. En må likevel anta at bestandene er truet av forsuring i dette området, slik at videre sikring av vannkvalitet på gyte- og oppvekstområdene i hvert fall må prioriteres. Det samme gjelder for de øvrige innsjøene med fiskebestander på byfjellene. Innsjøene vest i Bergen er sannsynligvis fisketomme både grunnet forsuring og dårlige rekrutteringsforhold.



TABELL 4.2: Prioritering av kalkingsprosjekter i Bergen med oversikt over prioriteringsgrunnlaget. SURHETSSTATUS er klassifisert som 1=stabilt surt (rødt område på kartet i figur 2.4), 2 =variabelt og periodevist surt (gult område på kartet i figur 2.4) og 3=lite surt (blått område på kartet i figur 2.4). FISKESTATUS er klassifisert som 1=redusert bestand, 2=utdødd bestand og 3=god bestand. ANTATT BRUK antyder potensiale for framtidig utnyttelse som antall fiskedøgn årlig, , 1= over 100 døgn, 2 = opp til 100 døgn, 3= opp til 50 døgn og 4= 10 døgn eller mindre. DN prioriteringene går fra 1-6 (se side 15). KONFLIKT dekker opp både verneinteresser, drikkevannskilde, og eventuelt andre bruks- eller eierinteresser. KOST/NYTTE-EFFEKT er klassifisert fra 1 = meget høy til 5 = meget lav.

STED	Kalket før	Surhet status	Fiske status	Antatt bruk	DN-prioriter	Konflikt	Kost / nytte	TOTAL PRIOR.
Gjeddevatnet vassdr	Nei	1	1	1	2	Nei	2	1
Munkebotvatn (68)	Ja	1	3	1	2	Nei	1	2
Langavatnet (69)	Ja	1	3	1	2	Nei	1	2
Storevatnet (67)	Nei	1	3	1	2	Ja 1)	2	3
Storediket (68)	Nei	1	3	1	2	Ja 1)	2	3
Ø. Jordalsvatn (59)	Nei	1	3	2	2	Ja 1)	2	4
Tarlebøvatnet (60)	Nei	1	3	2	2	Ja 1)	2	4

1) Drikkevatn. Dessuten verneverdig område Bergen 201-0

Med dagens prioriteringskriterier for bruk av offentlige kalkingsmidler vil det ikke være aktuelt å prioritere kalking av innsjøer der fiskebestandene i utgangspunktet er tapt. Disse innsjøene er derfor ikke med i den videre prioritering eller prosjektering i denne planen. Det må imidlertid understrekes at kalking i lokal regi i forbindelse med fiskeutsetting ofte kan være av stor nytte for bedring av de lokale fiskemulighetene. En må derfor vurdere de her omtalte prioriteringene på dette grunnlaget, slik at en ikke uten videre utelukker tiltak i innsjøer som er omtalt men lavt prioritert. Tennebekktjønn er en slik innsjø.

KALKINGSSTRATEGI FOR NYE PROSJEKT

PROSJEKT 1: GJEDDEVATNVASSDRAGET

Gjeddevatnet ligger nedstrøms Bjørndalsvatnet, og det meste av tilrenningen kommer derfra. Begge innsjøene er regulert og forbindelsen mellom de to innsjøene er i dag fysisk sperret med en demning i utløpet av Bjørndalsvatnet. Denne kan med fordel fjernes dersom innsjøen ikke lenger skal tjene som drikkevannskilde. Bjørndalsvatnet er fisketomt, men har meget gode gytemuligheter i bekken fra Kroatjern. Dersom dette vassdraget skal kalkes, vil innsjøkalking i Bjørndalsvatnet være det riktige, samtidig som en sikrer vannkvalitet i innløpsbekken slik at denne kan tjene som gytebekk. I tillegg bør en fjerne i utløpet og eventuelt sette ut fisk i starten.



PROSJEKT 2: MUNKEBOTSVATNET OG LANGAVATNET

Munkebotvatnet har i dag et begrenset nedslagsfelt fordi de ovenforliggende innsjøene er regulerte. Dersom vannet fra Storevatnet ikke tappes, men får renne til Munkebotvatnet, vil kalking av Storevatnet være mest ideelt for dette vassdraget, fordi Munkebotvatnet da vil ha en for stor vannutskiftingshastighet. I tillegg vil en da sikre vannkvalitet i gytebekken til denne innsjøen. Langavatnet har også et begrenset nedslagsfelt, og har derfor en moderat vannutskiftingshastighet. Denne innsjøen bør kalkes. En bør da eventuelt sikre forholdene i eventuelle gytebekker i tillegg.

I tabell 4.3 er det foretatt grove kalkberegninger basert på anslag over innsjøvolum og tilrenning, med benyttet kalkdosering i henhold til kalkingshåndboken (DN 1990). Ved eventuell iverksetting av kalking må en derfor foreta nærmere og mer nøyaktige beregninger. Kalkbehovet er beregnet i tonn CaCO_3 basert på et behov på $4,0 \text{ gram CaCO}_3 / \text{m}^3$ for tilrenning og førstegangskalking av innsjøen, mens det for gjenkalking av innsjøvolumet er regnet $1,0 \text{ gram CaCO}_3 / \text{m}^3$. Gjenkalkingsmengdene er fordelt på årlige mengder, slik at innsjøer som kalkes sjeldnere er ført opp med sin årlige andel av kalkingsmengden.

TABELL 4.3. Hydrologiske og morfologiske forhold knyttet til innsjøer i de aktuelle vassdragene. Areal og nedslagsfelt er hentet fra kartverkets nye turkart for Bergen i målestokk 1:25.000, gjennomsnittsdyp er anslått, mens avrenning er hentet fra NVEs avrenningskart (NVE 1987). Beregning av kalkbehov er utført i henhold til kalkingshåndboken (DN 1990), - se for øvrig teksten. Første tallet er behov ved førstegangskalking mens det andre er for gjenkalking. Innsjøene må her kalkes årlig

STED	Areal km^2	Snittdyp meter	Volum mill. m^3	Nedslagsfelt km^2	Avrenning l / s / km^2	Tilrenning mill. $\text{m}^3 / \text{år}$	Kalkbehov tonn
Gjeddevatnet (50)	0,3	10	3	2,5	60	4,7	-
Munkebotsvatn (68)	0,03	6	0,2	0,8	60	1,5	7 / 6
Langavatnet (69)	0,06	6	0,4	1,6	60	3,0	14 / 12
Tennebekktj. (54)	0,12	6	0,7	0,6	60	1,1	7 / 5
Bjørndalsvatn (49)	0,25	10	2,5	2	60	3,8	25 / 18

HVOR BØR EN OVERVÅKE

Generelt sett bør en overvåke tilstanden i de områder der forholdene i dag gjør at kalking ikke er umiddelbart aktuelt, men der forholdene "ligger på vippen" og der det KAN bli aktuelt dersom bedre kunnskap eller en videre negativ utvikling tilsier det. Dette kan gjelde i områder der: 1) det har vært enkeltstående episoder med fiskedød som kan tilskrives ekstreme surstøt, 2) der det er surt, men fisken ennå ikke har store problemer, og 3) der det er surt, fisken har vært skadd men det synes å foregå en bedring i forholdene.

I Bergen kommune vil det være svært interessant å få en nærmere oversikt over tilstanden i innsjøene på Byfjellene. Her er det meget surt, og en kan forvente forsuringsskadede fiskebestander selv om det etter sigende er fine bestander av aure i disse innsjøene.

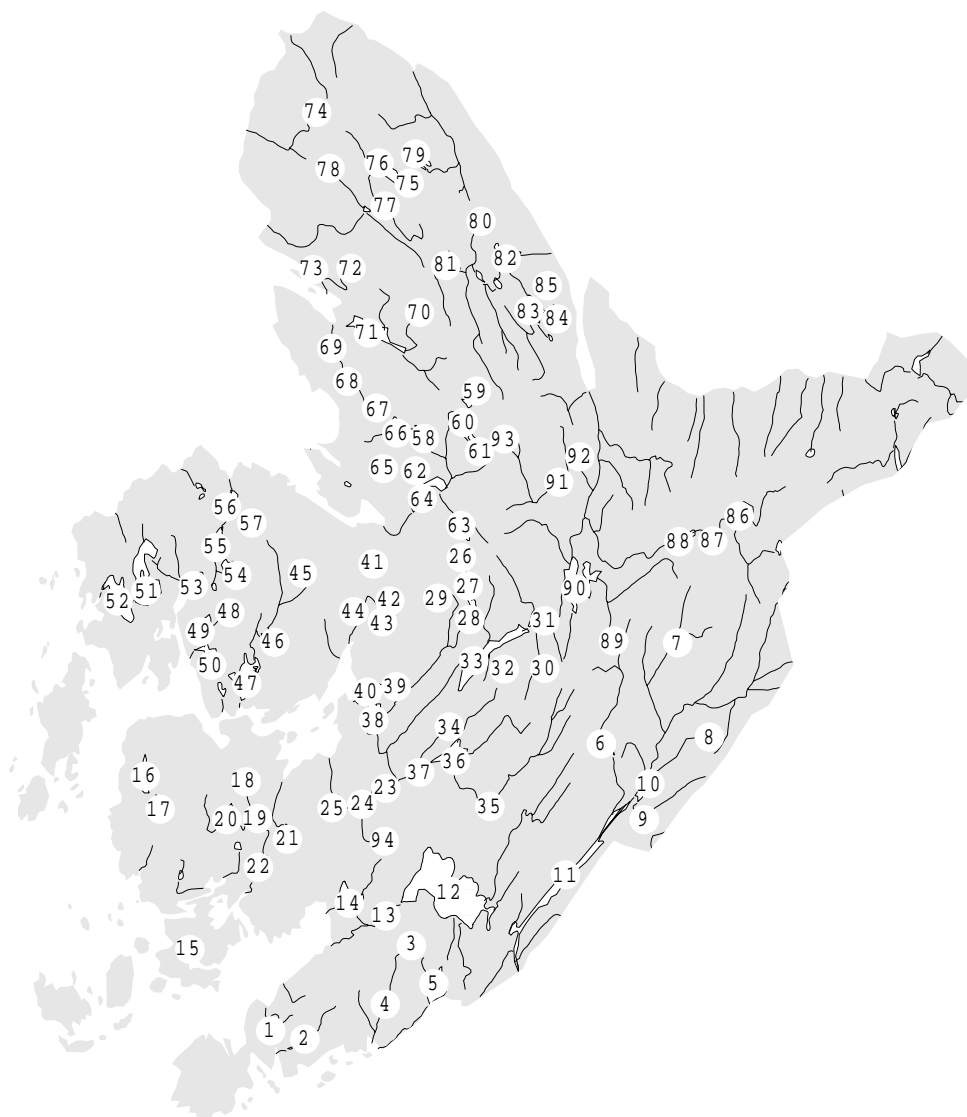


LITTERATURREFERANSER

- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN & A.KAMBESTAD 1994 Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993. Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider, ISBN 82-7658-024-6
- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN, A.KAMBESTAD & Å.ÅTLAND 1992. Vannkvalitet og vannforsyning. Konsekvensutredninger for Saudautbyggingen. Rådgivende Biologer rapport nr. 72, 228 sider.
- HENRIKSEN, A., L.LIEN, T.S.TRAAEN & S.TAUBØLL 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. NIVA-rapport nr 2819, 29 sider.
- HENRIKSEN, A., K.TØRSETH, E.JORANGER, E.LYDERSEN, T.HESTHAGEN, A.FJELLHEIM & G.G.RADDUM 1993. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 533/93, 296 sider.
- HINDAR, K., A.HENRIKSEN, K.TØRSETH & L.LIEN 1993. Betydningen av sjøsaltanrikt nedbør i vassdrag og mindre nedbørsfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA-rapport nr. 2917, 42 sider.
- JOHNSEN, G.H. & A.BJØRKLUND 1993. Naturressurskartlegging i kommunene Sund, Fjell og Øygarden: Miljøkvalitet i vassdrag. Rådgivende Biologer, rapport 93, 75 sider.
- JOHNSEN, G.H. & A.KAMBESTAD 1994 Forsuringsstatus i Hordaland 1993. Rådgivende Biologer, rapport 105, 54 sider, ISBN 82-7658-018-1
- KAMBESTAD, A., V.BJERKNES, T.E.BRANDRUD, A.FJELLHEIM, K.HEGNA, A. HENRIKSEN, A.HOBÆK, G.H.JOHNSEN, G.G.RADDUM, Ø.VASSHAUG & P.VIKSE 1995. Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland 1994-2005. Fylkesmannens miljøvernnavdeling, ikke ferdigstilt ennå.
- KROGLUND, F., M. BERNTSSEN, Å. ÅTLAND & B.O. ROSSELAND. 1993. Er laksen truet selv ved moderat forsuring? Eksempler fra Vosso, Hordaland, 1993. NIVA-rapport Inr. 2947.
- LIEN, L., RADDUM, G. G. & FJELLHEIM, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann - Fisk og evertebrater II. NIVA-rapport nr O-89185-2.
- MASON, C.F. 1991. Biology of fresh water pollution. Longman Scientific & Technical, N.Y. 351 sider.
- NVE 1987. Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1.9.1930 - 31.8.1960. NVE. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling, Kartblad nr. 1.
- ROSSELAND, B.O., P.JACOBSEN & M.GRANDE 1992. Miljørelaterte tilstander. Side 279-287 i: T.T.Poppe (red.): Fiskehelse, sykdommer, behandling, forebygging. John Grieg Forlag, 422 sider
- ROSSELAND, B.O., I.A.BLAKAR, A.BULGER, F.KROGLUND, A.KVELLESTAD, E.LYDERSEN, D.OUGHTON, B.SALBU, M.STAURNES & R.VOGT 1992. The mixing zone between limed and acid waters: Complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. Environmental pollutin: 78.
- WRIGHT, R.F. 1994 Bruk av dynamiske modeller for vurdering av vann- og jordforsuring som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. NIVA-rapport 3148, 13 sider, ISBN 82-577-2622-2



Vedleggstabeller fiskestatus



VEDLEGGSKART 1: Oversikt over innsjønummereringen benyttet i vedleggstabell 1 på de neste tre sidene



VEDLEGGSTABELL 1: Status for ferskvannsfiskeressuresene i Bergen kommune. **Status:** 1=god/overbefolka, 2=tynn bestand, 3=fisketom, 5=ukjent. **Endring:** 1=øket bestand, 2=uendret bestand, 3=redusert bestand, 4=tapt bestand, 5=ukjent. **Gyte=** Gyteforhold for aure: G=gode, B=brukbare, D=dårlige, I=ingen, U = ukjent. **Fiske=** antall personer som fisker pr år, U = ukjent. **Arter:** Å=ål, S=stingsild, RB=regnbueørret, KB=kanadisk bekkerøye, H=hork, K=karuss, KA=Karpe, G=gjedde. **Grunnlag:** Data: 1=spørreundersøkelse, 2=prøvefiske. **Ref:** 1=samlet inn i samband med denne kalkingsplanen, 2= samlet inn av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og 1991. Tabellen fortsetter på neste side.

NR	STED	UTM	AURE		RØYE		GYTE	FISKE	ANDRE ARTER	GRUNNLAG	
			Status	Endring	Status	Endring				DATA	REF
28	S.Gløvrevatnet	LM017965	1	2			B			1	2
28	N.Gløvrevatnet	LM 018 968	1	2			B			1	2
46	Ortuvatnet	KM 952 957	2	5			D		G	1	2
50	Gjeddevatnet	KM 935 953	1	2			D			1	2
52	Alvøyvatnet	KM 905 970	2	2			D		G	1	2
51	Storavatnet	KM 910 980	3	4	1	2	D		Å	1	2
56	Gravdalsvatnet	KN 940 006	2	5			D		G	1	2
55	Liavatnet	KM 937 990	1	2			B		Å	1	2
43	Tveitavatnet	KM 990 967	2	5			D		G,Å	1	2
64	Svartediket	KM 998 998	1	2			B			1	2
60	Tarlebøvatnet	LN 012 029	1	2			B			1	2
59	Øvre Jordalsvatnet	LN 016 033	1	2			B			1	2
61	Langelivatnet	LN 018 020	1	2			U			1	2
66	Storediket	KN 994 025	1	2			B			1	2
67	Storevatnet	KN 986 031	1	2			B			1	2
71	Jordalsvatnet	KN 985 056	1	2	1	2	B		G,Å	1	2
70	Sætervatnet	KN 997 060								1	2
77	Liavatnet	KN 990 098	1	3	1	3	D			1	2
76	Langavatnet	KN 990 107	2	2	2	2	D		Å	1	2
74	Bogtveitsvatnet	KN 968 128			1	2				1	2
79	Haukåsvatnet	LN 001 111	2	3	2	2	D			1	2
82	Gaupåsvatnet	LN 033 082	2	2			B		G	1	2
80	Hetlebakkstemma	LN 020 093	1	1			D			1	2
81	Hjortlandstemma	LN 010 080	2	2			D		Å	1	2



VEDLEGGSTABELL 1 fortsetter: Status for ferskvannsfiskeressuresene i Bergen kommune. **Status:** 1=god/overbefolka, 2=tynn bestand, 3=fisketom, 5=ukjent. **Endring:** 1=øket bestand, 2=uendret bestand, 3=redusert bestand, 4=tapt bestand, 5=ukjent. **Gyte=** Gyteforhold for aure: G=gode, B=brukbare, D=dårlige, I=ingen, U = ukjent. **Fiske=** antall personer som fisker pr år, U = ukjent. **Arter:** Å=ål, S=stingsild, RB=regnbueørret, KB=kanadisk bekkerøye, H=hork, K=karuss, KA=Karpe,G=gjedde.Grunnlag: Data: 1=spørreundersøkelse, 2=prøvefiske. **Ref:** 1=samlet inn i samband med denne kalkingsplanen, 2= samlet inn av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og 1991. Tabellen fortsetter på neste side.

NR	STED	UTM	AURE		RØYE		GYTE	FISKE	ANDRE ARTER	GRUNNLAG	
			Status	Endring	Status	Endring				DATA	REF
83	Spåkevatnet	LN 037 065	1	2			B		K	1	1,2
84	Stemmevatnet	LN 045 060	1	2			B			1	2
	Haugelandstjønnna	LN 025 073	2	2			B		G	1	2
	Røykenesvatnet	LM 040 874	1	2			G			1	2
6	Frotveitvatnet	LM 060 924	1	2			G			1	1,2
	Fjelltveitvatnet	LM 062 900	1	2	1	2	B			1	2
10	Samdalsvatnet	LM 072 910	1	1	1	2	U	150	G	1	2
	Skulstadvatnet	LN 157 044	2	5			U			1	2
9	Ulvvatnet	LM 070 900	1	2			G			1	2
7	Dyrdalsvatnet	LM 083 958	1	1			U			1	2
5	Svartavatnet	LM 005 845	1	2			B			1	2
4	Nordvikvatnet	KM 990 840	5	5			U			1	2
3	Jordavatnet	KM 997 857	1	2			B			1	2
2	Hisdalsvatnet	KM 964 828	1	2			B			1	2
1	Storavatnet	KM 952 832	2	2			D			1	2
14	Stendavatnet	KM 975 875	1	2			B			1	2
13	Klokkarvatnet	KM 990 868	1	2	1	1	B		Å	1	2
12	Kalandsvatnet	LM 010 875	1	2	1	3	B	200	K,Å	1	1,2
22	Grimseidvatnet	KM 950 883	2	2			D		G,Å	1	2
21	Skeisvatnet	KM 960 895	2	2			D		G,Å	1	2
20	Byrkjelandsvatnet	KM 941 900	2	2			D		G	1	2
18	Skranevatnet	KM 945 910	2	2			B		G	1	2
17	Skjenavatnet	KM 915 904	1	2			B			1	2
16	Langavatnet	KM 913 915	1	2			B		RB	1	2



VEDLEGGSTABELL 1 fortsetter: Status for ferskvannsfiskeressuresene i Bergen kommune. **Status:** 1=god/overbefolka, 2=tynn bestand, 3=fisketom, 5=ukjent. **Endring:** 1=øket bestand, 2=uendret bestand, 3=redusert bestand, 4=tapt bestand, 5=ukjent. **Gyte=** Gyteforhold for aure: G=gode, B=brukbare, D=dårlige, I=ingen, U = ukjent. **Fiske=** antall personer som fisker pr år, U =ukjent. **Arter:** Å=ål, S=stingsild, RB=regnbueørret, KB=kanadisk bekkerøye, H=hork, K=karuss, KA=Karpe,G=gjedde.Grunnlag: Data: 1=spørreundersøkelse, 2=prøvefiske. **Ref:** 1=samlet inn i samband med denne kalkingsplanen, 2= samlet inn av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og 1991.

NR	STED	UTM	AURE		RØYE		GYTE	FISKE	ANDRE ARTER	GRUNNLAG	
			Status	Endring	Status	Endring				DATA	REF
25	Apeltunvatnet	KM 975 904	1	2			B			1	2
39	Myrvatnet	KM 990 942						G		1	2
38	Nestunvatnet	KM 987 934	2	2			D		G,Å	1	2
37	Byrkjelandsvatnet	LM 997 915	1	2			G			1	2
36	Myrdalsvatnet	LM 010 920	1	2	1	2	G			1	2
94	Bjørnevatnet	KM 998 893	1	2			D			1	2
29	Nubbevatnet	LM 009 973	1	2			G			1	2
27	Stemmevatnet	LM 016 973	1	2			G			1	2
63	Skomakervatnet	LM 015 990	2	5			D			1	2
68	Munkebottsvatnet	KN 978 042	1	2			D		Å	1	2
69	Langevatnet	KN 974 052	1	2			B		Å	1	2
15	Mildevatnet	KM 932 852	2	2			B		H,K,KA, S,Å	1	1
11	Hauglandsvatnet	LM 031 859	1	2	1	2	G	700	G	1	1
90	Haukelandsvatnet	LM 049 983	2	5	2	5	B	U	G	1	1