

Terrengkalking som alternativ til silikatdosering i Litleåna, Lygna i Vest-Agder



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Terrengkalking som alternativ til silikatdosering i Litleåna, Lygna i Vest-Agder	Løpenr. (for bestilling) 6837-2015	Dato 18. mai 2015
	Prosjektnr. Undernr. 15138	Sider 14
Forfatter(e) Atle Hindar	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder		Oppdragsreferanse Oppdragsavtale av 9.3.2015

Sammendrag

Laksevassdraget Lygnas sidevassdrag Litleåna har vært avgiftet med silikatlut (vannglass) siden 2011. Basert på en del tekniske utfordringer og ikke minst høye priser på silikatlut, vil man vurdere om terrengkalking kan være et alternativ. Sammenlikning er gjort på faglig, teknisk og økonomisk grunnlag. Mens silikatlut brukes for rask avgiftning av aluminium ved dosering av flytende silikatlut direkte til elv, gir terrengkalking en effektiv tilbakeholdelse av aluminium i bakken slik at aluminium i liten grad kommer ut i vassdraget. Silikatlut doseres kontinuerlig nær eller i anadrom elvestrekning og styres etter både pH og vannføring, mens terrengkalking gjennomføres fra helikopter som en engangsdosering for å gi en varighet over et lengre tidsrom, i denne rapporten satt til 20 år. Terrengkalking krever at det tas hensyn til vegetasjon (særlig lav og moser) og diverse bruksarealer. Basert på gjennomførte forskningsprosjekter er det gitt råd til forvaltningen om å bruke grovdolomitt der finfraksjonen er fjernet (partikkelstørrelse på 0,2-2 mm). Det vil være vesentlig lavere kostnader knyttet til terrengkalking enn silikatbehandling, i størrelsesorden halvparten, om man erstatter silikatbehandling med terrengkalking og legger forutsetningene i denne rapporten til grunn.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Terrengkalking	1. Catchment liming
2. Laks	2. Atlantic salmon
3. Silikatlut	3. Sodium silicate
4. Aluminium	4. Aluminium



Atle Hindar
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Terrengkalking som alternativ til silikatdosering i
Litleåna, Lygna i Vest-Agder**

Forord

Fylkesmannen i Vest-Agder ønsket en utredning om terrengkalking som alternativ til silikatlut for avgifting av et surt sidevassdrag til Lygna, og tok i den forbindelse kontakt med NIVA. Utredningen skulle gi svar på om og med hvilke kostnader terrengkalking kunne erstatte silikatlut i hele eller nedre deler av sidevassdraget.

NIVA leverte prosjektforslag den 28.1.2015 og kontrakt ble mottatt og signert 9.3.2015.

Kontaktperson hos fylkesmannen har vært Birgit Solberg.

Grimstad, 18. mai 2015

Atle Hindar

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Litleåna og silikatdosering	8
3. Terrengkalking	10
3.1 Kunnskapsgrunnlaget	10
3.2 Egnethet i Litleåna	11
3.3 Kalk og kalkdoser	13
4. Konklusjon	13
5. Referanser	14

Sammendrag

Laksevassdraget Lygnas sidevassdrag Litleåna har vært avgiftet med silikatlut siden nytt doseringsanlegg kom i drift i 2011. Basert på en del tekniske utfordringer og ikke minst høye priser på silikatlut, ville man vurdere om terrengkalking kunne være et mulig alternativ. To alternativer er utredet i denne rapporten:

- terrengkalking som supplement til silikatlut ved at nedbørfeltet nedstrøms silikatanlegget terrengkalkes
- terrengkalking som erstatning for silikatlut ved at hele nedbørfeltet til Litleåna terrengkalkes.

Sammenlikning er gjort på faglig, teknisk og økonomisk grunnlag. Mens silikatlut brukes for rask avgifting av aluminium ved dosering av flytende silikatlut direkte til elv, gir terrengkalking en effektiv tilbakeholdelse av aluminium i bakken slik at aluminium i liten grad kommer ut i vassdraget. Slik sett står metodene likt. Tilstrekkelig effekt forutsetter riktige doser, og det er på grunnlag av beregnede doser og mengder den økonomiske sammenlikningen er gjort.

Rent teknisk er det stor forskjell på de to metodene. Silikatlut doseres kontinuerlig nær eller i anadrom elvestrekning og styres etter både pH og vannføring, mens terrengkalking gjennomføres fra helikopter som en engangsdosering for å gi en varighet over et lengre tidsrom, i denne rapporten satt til 20 år. Effektene av terrengkalking kommer hele nedbørfeltet til gode i form av en moderat økning i pH og kalsiumkonsentrasjon i rennende vann.

Terrengkalking krever at det tas hensyn til vegetasjon, særlig lav og moser, og diverse bruksarealer. Det må derfor utarbeides et forholdsvis detaljert spredkart, noe som ikke har vært del av dette arbeidet. Det er imidlertid identifisert terrengetyper som bør unntas av hensyn til mulige skadeeffekter (bart fjell og antatte nedbørmyster) og også diverse andre arealer som må holdes utenom. I tillegg bør det brukes en kalkkvalitet som i minst mulig grad har negativ innvirkning på vegetasjon.

Basert på gjennomførte forskningsprosjekter er det tidligere gitt råd til forvaltningen om å unngå kalkspredning på spesifiserte, sårbare terrengetyper, og det er gitt råd om å bruke grovdolomitt der finfraksjonen er fjernet (partikkelstørrelse på 0,2-2 mm).

Forbruket av og kostnaden for silikatlut i Litleåna er innhentet for perioden 2011-2014. I tillegg er forventet forbruk beregnet basert på avrenning, målt pH og den doseringskurven (forholdet mellom pH og tilstrekkelig dose) som brukes i Litleåna. For terrengkalking er det tatt utgangspunkt i nedbørfeltarealer, de erfaringer som er gjort med effekten av ulike doser i forskningsprosjekter og en antatt kostnad for helikopterspreading.

Det vil være vesentlig lavere kostnader knyttet til terrengkalking enn silikatbehandling, i størrelsesorden halvparten, om man erstatter silikatbehandling med terrengkalking og legger forutsetningene i denne rapporten til grunn.

Summary

Title: Catchment liming as alternative to use of liquid sodium silicate in the tributary Litleåna, River Lygna, Vest-Agder County

Year: 2015

Author: Atle Hindar

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6572-9

The salmon river Lygna in southern Norway is acidified, and has been deacidified with calciumcarbonate by use of dosing equipment since 1991. In the tributary Litleåna, which enters Lygna in the anadromous part, liquid sodium silicate has been used for rapid detoxification of inorganic aluminium (Al) since 2011. Due to technical challenges and high costs catchment liming will be considered as alternative to silicate in the future.

In this report the scientific, technical and economic aspects of both methods have been evaluated. Whereas silicate binds rapidly with inorganic Al, catchment liming results in retention of Al in the soil and prevents it from leaching to surface waters. Liquid silicate is continuously added from dosing equipment regulated by both upstream pH and water flow. Catchment liming on the other hand is carried out as a onetime operation for an effect over several years, e.g. 20 years. Liming on land, rather than in surface waters, demands careful spreading to avoid liming on areas of barren rocks and certain sensitive marsh types. Use of coarse-grained dolomite with the particle size distribution of 0.2-2 mm is recommended.

Based on the assumptions made in this report catchment liming will be significantly less expensive than use of liquid silicate and also significantly less demanding when it comes to technical and administrative issues.

1. Bakgrunn

Til tross for store reduksjoner i utslipp av forsurende forbindelser i Europa de siste tiårene, rammes Sør-Norge fortsatt av sur nedbør. Kombinasjonen av denne påvirkningen og tungt nedbrytbare bergarter med liten bufferkapasitet gir biologiske effekter i vann og vassdrag. Laksen i sørlandsvassdrag kan fortsatt ikke leve og reproducere uten at tiltak gjennomføres for å øke pH og redusere konsentrasjonen av giftig aluminium (Al).

Lygnavassdraget i Vest-Agder har vært kalket siden 1991, og vassdraget inngår i Miljødirektoratets tiltaksovervåking i laksevassdrag. Årlige rapporter utgis av direktoratet.

Avsyringsstrategier i laksevassdrag kan være en kombinasjon av innsjøkalking, kontinuerlig avsyring i elv og terrengkalking. Den siste teknikken er imidlertid ikke tatt i bruk i Norge, men har vært gjenstand for omfattende uttesting, først i Kalkingsprosjektet (Traaen mfl. 1997), deretter i forskningsprogrammet Miljøtiltak i skog (Eilertsen mfl. 1998; Hindar og Norgaard 1998) og videreført i Terrengkalkingsprosjektet i perioden 1993-2003 (Hindar mfl. 2012).

Avsyringsmidler for innsjøer og vassdrag i Norge er hovedsakelig forholdsvis finmalt kalk (partikkeldiameter 0-0,2 mm) som kalsiumkarbonat (CaCO_3). Karbonater er bufferstoffer som stabiliserer pH på akseptable nivåer selv ved overdosering. Oksider, hydroksider og lut er ikke anbefalt fordi pH kan bli for høy ved overdosering og feildosering.

Når kalk løses opp nøytraliseres syre slik at pH øker og giftige Al-forbindelser avgiftes. Denne effekten kan gå forholdsvis raskt ved bruk av svært lettøselig kalk i tilstrekkelige konsentrasjoner. Men det har vist seg at silikatlut reduserer konsentrasjonen av den uorganiske, monomere fraksjonen av Al, som inneholder de giftige Al-formene, enda raskere (Teien mfl. 2006). Dette kan være en fordel når doseringen skjer i eller rett oppstrøms viktige deler av anadrom strekning. Rask fjerning av giftig Al vil også redusere faren for at det oppstår blandsoner mellom surt og mindre surt vann. I slike blandsoner dannes det aluminiumsformer som festes effektivt på fiskens gjeller slik at skader kan oppstå (Rosseland mfl. 1992).

Terrengkalking innebærer at kalken spres på land. For å ha en avgiftningseffekt i vann og vassdrag må dosen være tilstrekkelig høy til at pH økes til området 5,5-6,0 (Hindar mfl. 2003; Hindar 2005; Hindar og Wright 2005). Hvis en først oppnår dette, vil vannkvaliteten være stabil og aluminium holdes tilbake i nedbørfeltet og dermed ikke komme ut i overflatevannet i særlig grad. Effekten vil dessuten kunne vare i flere tiår (Traaen mfl. 19997; Hindar mfl. 2003), slik at en kan unngå både teknisk og administrativt arbeid i en lang periode.

Lygnas sidevassdrag Litleåna har vært avsyret med silikatlut siden nytt doseringsanlegg kom i drift i 2011. Basert på en del tekniske utfordringer og ikke minst høye priser på silikatlut, vil man vurdere om terrengkalking kan være et mulig alternativ. To alternativer er utredet i denne rapporten;

- terrengkalking som supplement til silikatlut ved at nedbørfeltet nedstrøms silikatanlegget terrengkalles
- terrengkalking som erstatning for silikatlut ved at hele nedbørfeltet til Litleåna terrengkalles

2. Litleåna og silikatdosering

Lygnavassdraget inngår i Miljødirektoratets program for overvåking av kalkede laksevassdrag. Det utarbeides en årsrapport hvert år med vannkjemiske og biologiske resultater. Data for vassdraget i Tabell 1 er hentet fra siste årsrapport. Etter etablering av laksetrapp i Kvåsfossen i 2014, kan imidlertid laksen nå vandre helt opp i innsjøen Lygne og videre oppstrøms. Som det framgår av tabellen, ble silikatanlegget på Bjodland i Litleåna satt i drift i 2011.

Tabell 1. Data for Lygnavssdraget (fra Miljødirektoratets årsrapport). Se tekst for kommentar om lakseførende strekning.

Fakta om Lygnavassdraget	
Vassdragsnr.:	024
Fylke:	Vest-Agder
Nedbørfeltareal:	663,5 km ² (inkl. Møska, 124,6 km ²)
Vassdragsregulering:	Ingen
Spesifikk avrenning:	54 l/s/km ²
Middelvannføring:	30 m ³ /s
Lakseførende strekning:	Ca 20 km, til Kvåsfossen
Bakgrunn for tiltak:	Laksestammen i Lygna var før kalking utdødd og sjøauren var truet av forsurening. Det har hele tiden vært rester av de naturlige aurebestandene i Lygne og i hovedelva nedstrøms.
Tiltaksplan:	Vikøyr <i>et al.</i> (1989)
Biologisk mål:	1) Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet til at aure kan leve i Lygne og kalkede innsjøer i nærområdet. 2) Å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette vil samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsureningsfølsomme vannorganismer.
Vannkvalitetsmål:	Lakseførende strekning: 15/2-31/3: pH 6,2, 1/4-31/5: pH 6,4, 1/6-14/2: pH 6,0
Kalkingsstrategi:	Kombinasjon av innsjø- og doserererkalking. 2-7 innsjøer kalkes. En kalkdoserer ved Rossevatn, oppstrøms innsjøen Lygne (fra 1991) og en ved Gysland oppstrøms lakseførende strekning (fra 2000). Birkelanddosereren oppstrøms Kvåsfossen kom i drift i 2011. Litleåna ble tidligere kalket med grovdolomitt, men i 2011 ble det satt i drift et silikatanlegg på Bjodland.

Natriumsilikat eller vannglass (Na₂SiO₃) er en vandig blanding av silikat (SiO₂) og natriumoksid (Na₂O). Den silikatholdige væsken har pH 11,2 i middel i følge produktdatabladet for Miljøsilikat 335 fra Franzefoss Miljøkalk. I denne rapporten velger vi å bruke ordene silikatlut om produktet og silikatanlegg om doseringsanlegget.

Silikatanlegget på Bjodland ligger omlag midt i nedbørfeltet til Litleåna (NVE; 024.B1Z), se Figur 1. Hele arealet er 37,65 km², mens arealet nedstrøms doserereren er 19,1 km², dvs. om lag halvparten. Anlegget styres etter pH oppstrøms og vannføring. Det doseres med en fast dose ved pH mellom pH-målet for vassdraget (6,4) og pH 5,6. Ved pH 5,5 eller lavere økes doseringen i henhold til kurven i Figur 2. Dosen er nær firedoblet ved pH 5,1.

Dosen skal i tillegg være stor nok til også å avgifte avrenningen fra nedbørfeltet nedstrøms anlegget og fram til samløpet med Lygna. Det vil si at dosen ved anlegget må doubles. Måten dette er gjort på er imidlertid å styre etter en modifisert vannføringskurve slik at pH ved kryssing av E39 er om lag 5,9 (Åge Tveiten, pers. medd.). Her må det skytes inn at pH-målet for kalkede vassdrag ikke bør gjelde hvis det doseres med silikatlut, og pH 5,9 kan være et riktig satt pH-mål for Litleåna. Men hvis pH da avtar til under 5,9 nedstrøms E39 er det fare for at vannet ikke er tilstrekkelig avgiftet ved samløpet med Lygna.

Dette vil også si at dosen ikke er doblet, men økt med en faktor på 1,5 fordi nedbørfeltet fra dosererer og ned til E39 er om lag halvparten av hele arealet nedstrøms doserereren.



Figur 1. Plasseringen av silikatdoserer ved Bjodland (trekant) i nedbørfeltet til Litleåna. Nedbørfeltgrensa i sør for feltet oppstrøms doseringspunktet er indikert med stiplet linje. Hovedveiene E39 (øst-vest) og FV 544 (nord-sør) krysser nedbørfeltet.

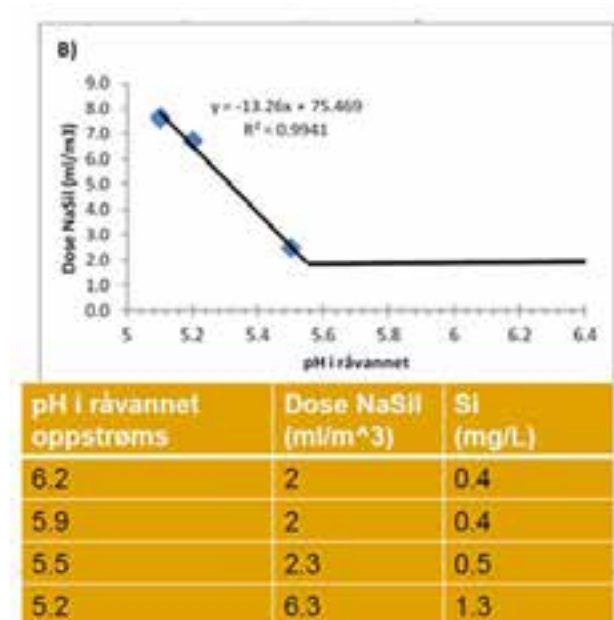
Vi har brukt de opplysninger vi har om vassdrag, silikatlut og silikatdosering til å sammenlikne oppgitt dosering med teoretisk behov.

Midlere årlig avrenning i Litleåna er 51,88 mill m³ vann. Silikatluten har en egenvekt på 1,36 og inneholder 27 % SiO₂, dvs 12,6 % Si. Det blir 0,17 kg Si/L. Ved en dosering på 2 ml silikatlut per kubikkmeter elvevann skulle det bli en dose på 0,34 mg Si/L.

Hvis alt elvevann i hele Litleåna avgiftes med en dose på 5 ml/m³ ved pH 5,3 (beregnet middelværdi for pH basert på data fra MikaCom), blir det 350 tonn/år. Med den gjennomførte korrigeringen med en faktor 1,5 som det er referert til over, blir det 530 tonn/år. Med en dobling av dosen for å avgifte hele sidefeltet, blir årsforbruket 700 tonn. Dette siste tallet er utgangspunktet for sammenlikning med terrengkalking av hele nedbørfeltet til Litleåna.

Forbruket av silikatlut i 2011-2013 var i området 300-360 tonn, mens det var 650 tonn i 2014. Beregningen over kan tyde på at doseringen i 2011-2013 var for lav og at doseringen i 2014 har vært omlag det den bør være. Men årsnedbøren i 2014 var 140 % av normalen, og silikatforbruket burde vært tilsvarende høyt (nærmere 1000 tonn).

Med den oppgitte kostnaden på NOK 2150 eks mva/tonn silikatlut, var årskostnaden ved silikatdosering hhv. NOK 0,7 mill. og 1,4 mill. for årene 2011-2013 og for 2014. Med et forventet årsforbruk på 700 tonn blir kostnaden 1,5 mill. Driftsutgifter for øvrig anses som marginale. Kostnaden ved dosering med silikat er generelt langt høyere enn ved bruk av kalk. Hindar (2013) beregnet at silikatlut-kostnaden for Modalselva i Hordaland var i størrelsesorden 5-10 ganger høyere enn for kalkmel og kalkslurry.



Figur 2. Doseringskurve for silikatlut for å oppnå avgiftning av aluminium (etter Hans-Christian Teien, NMBU). Høyere dosering pga nedstrøms tilrenning er blitt gjort ved å endre vannføringskurven.

3. Terrengkalking

3.1 Kunnskapsgrunnlaget

Det vises til sluttrapporten fra Terrengkalkingsprosjektet (Hindar mfl. 2012) for oversikt over diverse prosjektarbeid med denne kalkingsteknikken. Der er erfaringene oppsummert, og det er gitt råd om kalkkvaliteter og kalkdoser. Det er også anbefalt å unngå å spre kalken på spesifikke arealtyper, der skadeeffekter er vanskelig å unngå. Kort oppsummert er det anbefalt å bruke grovdolomitt uten finfraksjon, dvs. en kornfordeling som beskrives som 0,2-2 mm. Dette er korn som i mindre grad enn kalkmel gir sviskader på vegetasjon og som lettere vaskes vekk fra bart fjell. Det er anbefalt å unngå spredning av kalk på bart fjell av hensyn til mangfoldet av lavarter. Det er også anbefalt å ikke kalke nedbørmyster for å redusere negative effekter på sårbare torvmoser og andre arter.

Terrengkalking med en tilstrekkelig dolomittkalk-dose til at pH-målet nås vil gi en stabil vannkvalitet over flere år med lave konsentrasjoner av aluminium. Et forsøksfelt i Gjerstad, Aust-Agder ble kalket med en middeldose på 2,85 tonn/ha (Hindar mfl. 2003) og resultatene var svært gode. pH og konsentrasjonen av Ca, Mg og ANC økte klart, mens konsentrasjonen av labilt Al (LAl) ble markert redusert. Effekten var stabil i den undersøkte 6-årsperioden og modellering viste stabil vannkvalitet i flere tiår. Hindar (2005) viste at stabil effekt også gjaldt ved sjosaltepisoder i to felt på Vestlandet. I Brommelandsfeltet i Suldal ble det brukt en middeldose på 2 tonn/ha, og effekten på pH og LAl var markant. I Flekke-Guddalvassdraget ble Hovlandsdalen kalket med en forholdsvis lav middeldose (1 tonn/ha). Det ga bare en liten effekt på

pH og Ca-konsentrasjon over året, men det viste seg at mobiliseringen av Al under sjøsaltepisoder ble redusert. Samme middeldose ble brukt på Store Hovvatn i 1999. Også her ble pH-økningen svært moderat, men LAI-konsentrasjonene ble sterkt redusert (Hindar og Wright 2005). En dose på 1-2 tonn/ha kan derfor være egnet til å avgifte avrenningsvannet.

3.2 Egnethet i Litleåna

Terrengkalking i Litleåna, om det nå skal skje i feltet nedstrøms silikatdosereren eller i hele nedbørfeltet, bør følge retningslinjer anbefalt i Terrengkalkingsprosjektets sluttrapport (Hindar mfl. 2012).

De høyeste partiene i nedbørfeltet er i det området som ligger oppstrøms silikatdosereren. Men ingen områder ligger høyere enn 400 meter over havet, høyest er Dovreheia i nord med 386 moh. Det vil si at typiske fjellområder, dvs. arealer over 800 meter, ikke finnes her. Det er likevel områder med bart fjell i og med at løsmassedekket er lite utviklet. Vi har anslått at det er et areal på ca. 4 km² i nordøstre del og oppstrøms dosererer (Figur 3) som ikke bør kalkes av hensyn til sårbarhet i områder med bart fjell. I området nedstrøms doserereren er disse arealene så pass små at vi ikke har beregnet et areal.

Det er i tillegg myrområder i forsenkninger i landskapet og gjerne i tilknytning til innsjøer som ikke bør kalkes, se eksempler i Figur 4. Vi anslår det totale arealet i hele nedbørfeltet til 1 km², mest i øvre del, men anbefaler nærmere vurderinger av arealene.

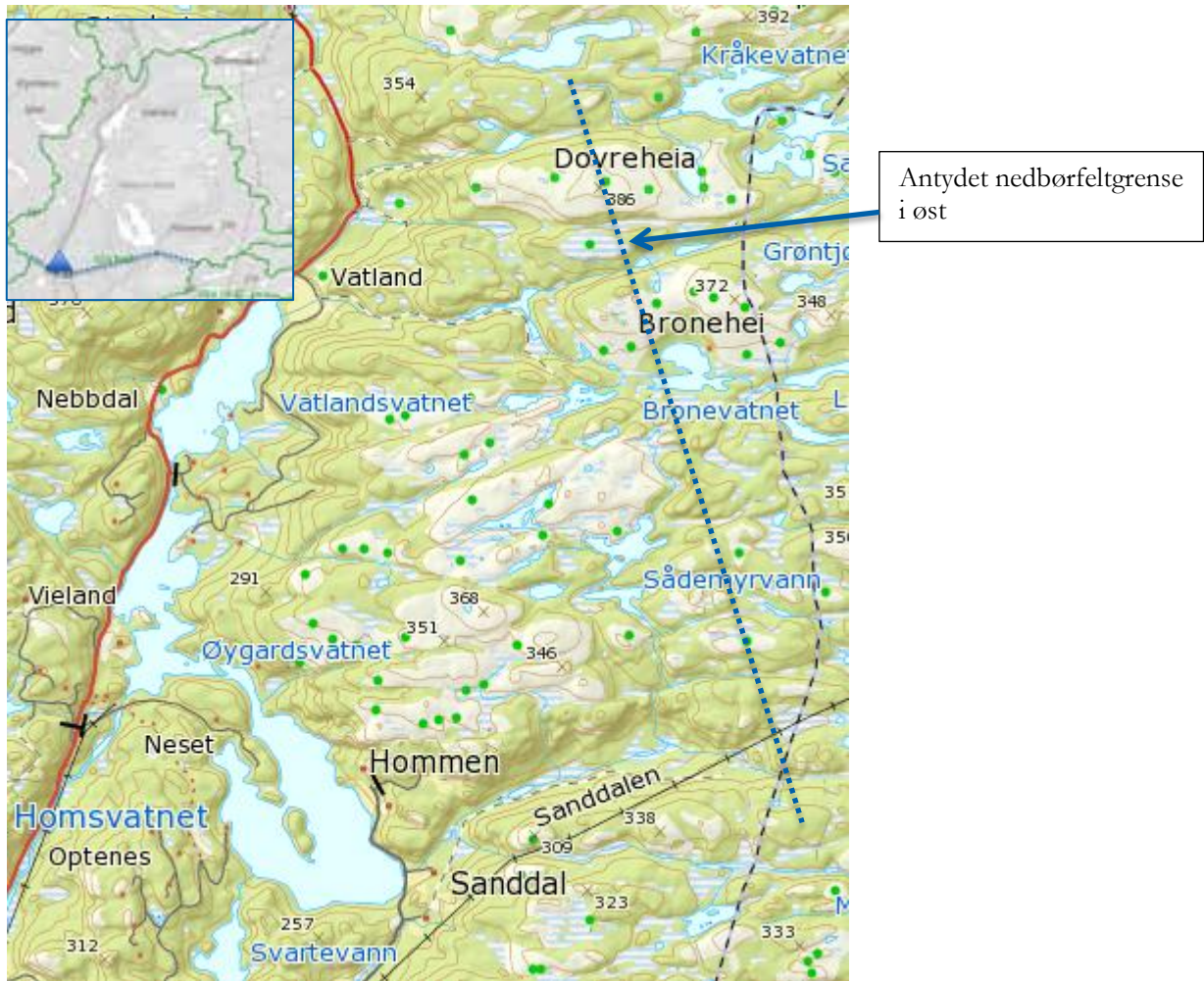
Innsjøarealer skal ikke kalkes. Det er for å unngå at en del av kalken vaskes ut av vassdraget etter forholdsvis kort tid. De tre innsjøene sentralt plassert i øvre del er Vatlandsvatnet, Øygardsvatnet og Homsvatnet. Samlet areal er 1,1 km². I tillegg kommer en del mindre innsjøer, slik at det totalt kan være nær 2 km² (ca. 10 %) innsjøoverflate i øvre del. I nedre del er det noen mindre vann med samlet areal på mindre enn 0,5 km², dvs. mindre enn 3 % av arealet nedstrøms dosererer.

Boligområder og hytteområder må selvsagt også unntas fra kalking. Boligfeltene i Rom-området i nedre del er om lag 2 km² stort, mens øvrige arealer av denne typen kan være i størrelsesorden 1 km².

En kunne tenke seg at det ville være en positiv effekt av å kalke aktive jordbruksarealer, men gevinsten ved dette i vassdrag er ikke kartlagt og kalking av slike arealer bør unntas. Arealene er ikke kartlagt nøyte, men er små. Utmarksbeiter derimot kan betraktes som annet utmarksareal, og kan med fordel være del av kalkingsplanen hvis det gjøres avtale om dette med grunneier.

Hovedveier og annen infrastruktur må skjermes fra kalking. Arealer for disse arealtypene er ikke beregnet nøyte, men total veilengde for hovedveier kan være om lag 20 km. Med en sikkerhetssone på 100 meter må 2 km² unntas for kalking hvis hele nedbørfeltet kalkes.

Når man eventuelt lager en detaljert plan for terrengkalkingen må det tas med i betraktningen at det kan være betydelig avdrift av finstøv. Tilstrekkelige sikkerhetssoner mot arealer og annet som skal unntas fra og unngås ved kalking må derfor innarbeides.



Figur 3. Områder i nordøst med bart fjell (lys farge) som bør unntas fra terrengkalking, se også Figur 1.



Figur 4. Eksempler på myrflater i forsenkninger som trolig bør unntas fra terrengkalking. Utsnittet er fra nedre høyre del i Figur 3.

3.3 Kalk og kalkdoser

Det er brukt forskjellige kalkkvaliteter i de terrengkalkingsprosjektene som det er referert til over. Det anbefales å bruke grovdolomitt der finfraksjonen er fjernet, dvs. kornfordelingen 0,2-2 mm. Måten kalkmengden for et helt nedbørfelt beregnes på er først å bestemme gjennomsnittsdosen for arealet og så multiplisere med hele arealet. Erfaringen er at 1-2 tonn/ha kan gi en tilstrekkelig pH-heving og tilbakeholdelse av aluminium. Det kan tenkes at 3 tonn/ha ville gitt et sikrere nivå, mens 1 tonn/ha kan være for lite. Vi anbefaler derfor 2 tonn/ha som en midlere dose for hele nedbørfelt.

Den effektive dosen, dvs. den dosen som reelt brukes ved spredning, blir da høyere enn 2 tonn/ha hvis enkelte arealer skal unntas fra kalking. Regnestykket blir å dele den beregnede totalmengden, se over, på det arealet som skal kalkes. Hvis vi tar utgangspunkt i at 12-13 km² i hele nedbørfeltet må unntas fra kalking og at 4 km² av disse befinner seg i nedre del, blir den effektive arealdosen hhv. 3 og 2,5 tonn/ha.

For Litleåna nedstrøms silikatanlegget og for hele nedbørfeltet blir totalt kalkbehov hhv. 3800 og 7500 tonn dolomittkalk. Spredkostnaden er vanskelig å forutsi, men vi kan ta utgangspunkt i at det er rask atkomst til alle deler av feltet med helikopter. Med denne tonnasjen kan det være at kostnaden vil ligge på NOK 2000/tonn eks mva, som blir hhv. NOK 7,6 mill. og 15 mill. for de to alternativene.

Hvis vannkjemien i de kalkede feltene som inngikk i Terrengkalkingsprosjektet hadde vært fulgt opp eller undersøkt nå 20 år etter, ville vi hatt mer informasjon om varigheten. Modellering av framtidig utvikling etter kalking av skogsområdet i Gjerstad, Aust-Agder, antyder imidlertid en varighet på flere tiår.

Hvis vi tar utgangspunkt i at terrengkalkingen har en varighet på 20 år og at det i hele denne perioden er nødvendig å avsyre/avgifte avrenningen fra disse feltene av hensyn til laks, kan vi fordele kostnaden på disse årene. Dette forenklete regnestykket viser at årlig kostnad for terrengkalking i nedre del og i hele nedbørfeltet da blir hhv. NOK 0,38 og 0,75 mill.

Disse to summene kan sammenliknes og sammenstilles med dagens forventede utgifter på 1,5 mill./år til silikatdosering av hele nedbørfeltet og det halve for halve nedbørfeltet. Kostnaden ved silikatdosering for øvre halvdel og terrengkalking i nedre halvdel av nedbørfeltet til Litleåna vil kunne være 0,75+0,38 mill./år, totalt 1,13 mill./år. Begge deler har en lavere kostnad enn kun silikatdosering. Kostnaden ved kun terrengkalking i hele nedbørfeltet til Litleåna vil kunne være 0,75 mill./år. Ved terrengkalking vil det ikke være andre indirekte kostnader enn vannkjemisk og biologisk overvåking, mens det ved fortsatt bruk av silikat vil være flere direkte og indirekte kostnader.

4. Konklusjon

Det faglige grunnlaget tilsier at terrengkalking vil være et fullgodt alternativ til silikatbehandling hvis hensikten er stabilt lave konsentrasjoner av giftig aluminium på anadrom strekning i Litleåna. Vi har redegjort for aktuell kalkkvalitet, areal typer som bør unntas fra kalking og hvordan doser og mengder beregnes. Tilstrekkelig effekt på pH og giftig aluminium antas å ha en varighet på 20 år.

Med de forventede kostnadene som er knyttet til silikatdosering (1,5 mill./år) og med de forutsetningene som er lagt til grunn for terrengkalking, er kostnaden ved kun terrengkalking (0,75 mill./år) vesentlig lavere. Selv med en kostnad for terrengkalking på NOK 4000/tonn vil terrengkalking være et konkurransedyktig alternativ.

Som vi har vært inne på innledningsvis, er det ingen kostnader knyttet til tekniske eller administrative forhold etter at terrengkalking er gjennomført. Men effekten bør dokumenteres over tid. Det kan gjøres ved en forholdsvis tett prøvetaking i ett år og deretter et mer begrenset prøvetakingsprogram.

5. Referanser

Eilertsen, O., Stabbetorp, O. E., Aarrestad, P. A. og Bakkestuen, V. 1998. Skogkalking med grovdolomitt – effekter på vegetasjon, s. 35-44. I: Nilsen, P. (red.) FoU-programmet "Miljøtiltak i skog". Sluttrapport. Aktuelt fra skogforskningen 2/98, NISK-NLH, Ås.

Hindar, A. 2005. Whole-catchment application of dolomite to mitigate episodic acidification of streams induced by sea-salt deposition. *Sci. Total Environ.* 343: 35-49.

Hindar, A. 2013. Avsyring av Modalsvassdraget, Hordaland. Notat til Miljødirektoratet. 6 s.

Hindar, A. og Norgaard, E. 1998. Skogkalking med grovdolomitt - effekter på avrenningsvann og jordvann, s. 30-34. I: Nilsen, P. (red.) FoU-programmet "Miljøtiltak i skog". Sluttrapport. Aktuelt fra skogforskningen 2/98. NISK-NLH, Ås.

Hindar, A., Tørseth, K., Aas, W., Heier, L.S., Salbu, B., Standring, W., Teien, H.-C., Bakkestuen, V., Brandrud, T.E., Aarrestad, P.A., Kroglund, F., Larssen, T., Nilsen, P. og Krokan, P.S. 2012. Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Terrengkalkingsprosjektets oppsummeringsrapport. DN-utredning 5-2012. 152 s.

Hindar, A. and Wright, R.F. 2005. Long-term records and modeling of acidification, recovery and liming at Lake Hovvatn, Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 2620-2631.

Hindar, A., Wright, R.F., Nilsen, P., Larssen, T. and Høgberget, R. 2003. Effects on stream water chemistry and forest vitality after whole-catchment application of dolomite to a forest ecosystem in southern Norway. *Forest Ecol. Manage.* 180: 509-525.

Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D. H., Salbu, B., Staurnes, M. and Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters; Complex Al chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environ. Pollut.* 78: 3-8.

Teien, H.-C., Kroglund, F., Åtland, Å., Rosseland, B.O. and Salbu, B. 2006. Sodium silicate as alternative to liming-reduced aluminium toxicity for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in unstable mixing zones. *Sci. Tot. Environ.* 358: 151-163.

Traaen, T.S., Frogner, T., Hindar, A., Kleiven, E., Lande, A. and Wright, R.F. 1997. Whole-catchment liming at Tjønnestrand, Norway: An 11-year record. *Water Air Soil Pollut.* 94: 163-180.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no