

Utredning av aktuelle kalkingstiltak i 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 Utredning av aktuelle kalkingstiltak i Agder	Løpenummer 7110-2017	Dato Januar 2017
Forfatter(e) Tormod Haraldstad, Atle Hindar, Rolf Høgberget, Øyvind Kaste, Hans-Christian Teien (NMBU)	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder	Oppdragsreferanse Birgit Solberg
--------------------------------------------------------	-------------------------------------

Sammendrag

De fleste store vassdragene i Vest-Agder kalkes i dag for å sikre god nok vannkvalitet for laks og sjørret. Blant disse er Audna, som er blitt dosererkalket siden 1985, og Mandalselva hvor det ble satt i gang storstilt kalking for laks i 1996. I Otra er det foreløpig ikke gjennomført storskala kalking med doserer. I både Audna og Mandalselva er det også iverksatt tiltak i utvalgte sidevassdrag for å bedre gyte- og oppvekstforholdene for laks og sjørret. Disse tiltaksstrategiene har ikke virket tilfredsstillende i enkelte av sidevassdragene. Det er i tillegg også enkelte viktige sidevassdrag hvor forsuring fortsatt representerer et problem og hvor tiltak ikke er iverksatt. Dette danner bakgrunnen for at Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder har bestilt: (1) En vurdering av alternativ kalkingsstrategi i Spillingsbekken i Audna og Logåna i Mandalselva, (2) Vurdering av terrengkalking av Songåna, som er et sidevassdrag til Mandalselva, og (3) Kalkingsplaner for Høiebekken i Otra og Erseidbekken i Audna. De tre delutredningene er samlet i denne rapporten, i form av tre selvstendige hovedkapitler som inneholder problembeskrivelser, gjennomgang av mulige tiltaksstrategier og anbefalinger om valg av tiltaksløsninger.

Fire emneord 1. Vassdrag 2. Forsuring 3. Kalking 4. Laks	Four keywords 1. Water course 2. Acidification 3. Liming 4. Salmon
----------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------



Øyvind Kaste
Prosjektleder



Elisabeth Lie
Forskningsleder

Utredning av aktuelle kalkingstiltak i Agder

Forord

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder sendte den 1. september 2016 ut en prisforespørsel til 5 aktuelle tilbydere på en utredning av aktuelle kalkingstiltak i Agder. Oppdraget var splittet opp i tre delutredninger: (1) Vurdering av alternativ kalkingsstrategi i Spillingsbekken og Logåna, (2) Vurdering av terrengkalking av Songåna, og (3) Kalkingsplan for Høiebekken og Erseidbekken. NIVA og NMBU sendte tilbud på alle delutredningene den 16. september 2016 og fikk beskjed fra Fylkesmannen den 21. september om at tilbudet var akseptert. Rolf Høgberget har ledet delutredning 1, Atle Hindar delutredning 2 og Tormod Haraldstad delutredning 3. Hans-Christian Teien har bidratt på delutredning 1. Kontaktperson hos Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder har vært Birgit Solberg.

Oslo/Grimstad, 10. januar 2017

Øyvind Kaste

Innholdsfortegnelse

1	Vurdering av alternative kalkingsstrategier i Spillingsbekken og Logåna	6
1.1	Vurdering av alternative kalkingsstrategier i Spillingsbekken.....	6
1.1.1	Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket.....	6
1.1.2	Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne	7
1.1.3	Oppdraget fra Fylkesmannen.....	8
1.1.4	Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier.....	8
	Alternativ 1	9
	Alternativ 2	9
	Alternativ 3	10
	Alternativ 4	10
1.1.5	Anbefaling om valg av tiltaksstrategi	10
1.1.6	Etablering og drift av alternativ løsning	10
1.2	Vurdering av alternativ kalkingsstrategi i Logåna	12
1.2.1	Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket.....	12
1.2.2	Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne	13
1.2.3	Oppdraget fra Fylkesmannen.....	13
1.2.4	Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier.....	13
	Alternativ 1	14
	Alternativ 2	14
1.2.1	Anbefaling om valg av tiltaksstrategi	14
2	Vurdering av terrengkalking i Songåna.....	17
2.1	Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket.....	17
2.2	Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne	17
2.3	Oppdraget fra Fylkesmannen.....	19
2.4	Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier.....	20
2.4.1	Alternativ 1 – kombinasjonskalking.....	20
2.4.2	Alternativ 2 – kun terrengkalking, nedre del.....	20
2.4.3	Alternativ 3 – kun terrengkalking, hele Songåna.....	21
2.5	Anbefaling om valg av tiltaksstrategi	21
3	Kalkingsplan for Høiebekken og Erseidbekken	22
3.1	Høiebekken.....	22
3.1.1	Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket.....	22
3.1.2	Oppdraget fra Fylkesmannen.....	25
3.1.3	Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier.....	25
3.2	Kalkingsplan for Erseidbekken.....	27
3.2.1	Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket.....	27
3.2.2	Oppdraget fra Fylkesmannen.....	29
3.2.3	Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier.....	29
4	Referanser	32

Sammendrag

De fleste store vassdragene i Vest-Agder kalkes i dag for å sikre god nok vannkvalitet for laks og sjørret. Blant disse er Audna som er blitt dosererkalket siden 1985 og Mandalselva hvor det ble satt i gang storstilt kalking for laks i 1996. I er det foreløpig ikke gjennomført storskala kalking med doserer. I både Audna og Mandalselva er det også iverksatt tiltak i utvalgte sidevassdrag, for å bedre gyte- og oppvekstforholdene for laks og sjørret. I noen av sidevassdragene har tiltaksstrategiene vist seg å ikke virke tilfredsstillende og det gjenstår også viktige sidevassdrag hvor forsuring fortsatt representerer et problem og tiltak ikke ennå er iverksatt.

Dette danner bakgrunnen for at Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder nå ønsker:

1. En vurdering av alternativ kalkingsstrategi i Spillingsbekken i Audna og Logåna i Mandalselva
2. Vurdering av terrengkalking av Songåna, som er et sidevassdrag til Mandalselva, og
3. Kalkingsplaner for Høiebekken i Otra og Erseidbekken i Audna.

De tre del-utredningene er samlet i denne rapporten, i form av tre selvstendige hovedkapitler som inneholder problembeskrivelser, gjennomgang av mulige tiltaksstrategier og som munner ut i anbefalinger om valg av tiltaksløsninger.

1 Vurdering av alternative kalkingsstrategier i Spillingsbekken og Logåna

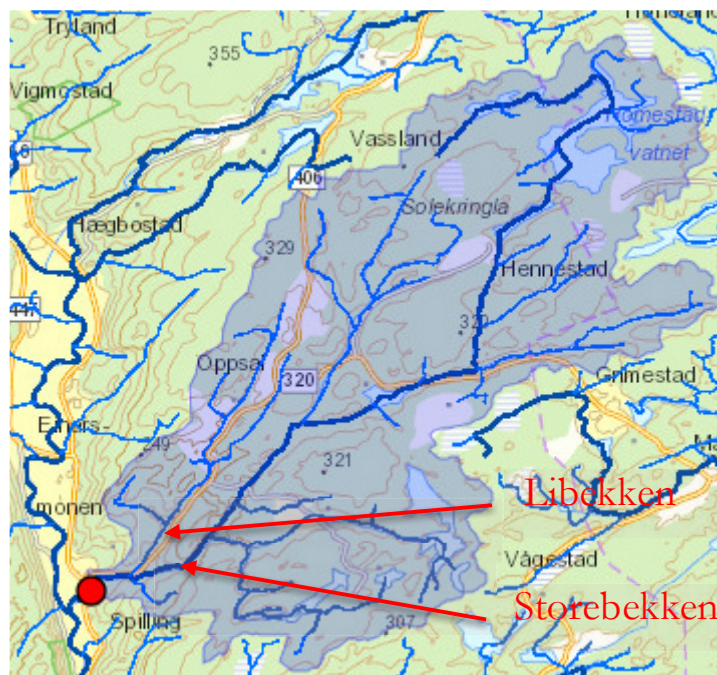
1.1 Vurdering av alternative kalkingsstrategier i Spillingsbekken

1.1.1 Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket

Spillingsbekken (Figur 1, Spillingsbekken er en periodisk sur elv. Årsaken til periodisiteten antas å være kalkingsaktivitet i øvre deler av nedbørfeltet, samt at redusert sur nedbør har ført til gradvis redusert forsuringstrykk. pH- og vannføringsmålinger fra Spillingsbekken viser at pH gjennomgående er høyere enn kalkingsmålet ved lave vannføringer ($< 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$), men det kan også forekomme svært lav pH ($\text{pH} < 5$) ved lave vannføringer. I perioder med surt vann øker konsentrasjonen av giftig aluminium til skadelige nivåer for laks og sjøørret, og det er derfor nødvendig med tiltak for å oppnå akseptabel vannkvalitet på den anadrome strekningen i sidevassdraget. En nærmere beskrivelse av vassdraget og doseringsanlegget finnes i Høgberget (2016).

Tabell 1), som er et sidevassdrag til Audna, kalkes i dag ved dosering med natriumsilikat i nederste del og ved at skjellsand tilføres bekker høyere oppe i vassdraget. Det er tidvis forholdsvis høy pH pga. kalkingsaktivitetene.

Selv om lakseførende strekning bare er ca. 450 m, er den en av de få potensielt meget gode gyte- og oppvekstbekker for laks og sjøørret. Bekken er utsatt for forsuring, og for å sikre god vannkvalitet ble doseringsanlegget for natriumsilikat etablert i 2012. Siden dette ble plassert i lakseførende del av bekken, var det naturlig å benytte natriumsilikat som doseringsmiddel for å kunne avgifte aluminium raskt og effektivt. Anlegget er plassert ca. 400 m (bekkeavstand) fra utløpet i Audna. Spillingsbekken har et nedbørfelt på 22 km^2 , og en middelvannføring på $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Oppstrøms oppvandringshinderet deles Spillingsbekken i to løp, Libekken og Storebekken. Et kraftverk med slukeevne ca. $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ har inntak i Storebekken ca. 560 m oppstrøms bekkemøtet. Utslaget er rett oppstrøms oppvandringshinderet ved Spilling. Minstevannføringen i Storebekken er 100 l/s om sommeren og 65 l/s om vinteren (Asbjørn Spilling pers. med.).



Figur 1. Nedbørfeltet til Spillingsbekken. Plassering av dagens doseringsanlegg er markert.

Spillingsbekken er en periodisk sur elv. Årsaken til periodisiteten antas å være kalkingsaktivitet i øvre deler av nedbørfeltet, samt at redusert sur nedbør har ført til gradvis redusert forsureningsstrykk. pH- og vannføringsmålinger fra Spillingsbekken viser at pH gjennomgående er høyere enn kalkingsmålet ved lave vannføringer ($< 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$), men det kan også forekomme svært lav pH ($\text{pH} < 5$) ved lave vannføringer. I perioder med surt vann øker konsentrasjonen av giftig aluminium til skadelige nivåer for laks og sjørret, og det er derfor nødvendig med tiltak for å oppnå akseptabel vannkvalitet på den anadrome strekningen i sidevassdraget. En nærmere beskrivelse av vassdraget og doseringsanlegget finnes i Høgberget (2016).

Tabell 1. Nedbørfelt og vannføringsdata for Spillingsbekken. Nedbørfeltarealet for Storebekken er tilnærmet lik totalarealet for Spillingsbekken minus arealet av sidevassdraget Libekken.

	Libekken	Totalt
Nedbørfelt (km^2)	3,1	22
Middelavrenning (l/s/km^2)	44	45,4
Middelvannføring (m^3/s)	0,14	1,00
Maksimum vannføring (m^3/s)	2	15

1.1.2 Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne

Anlegget med natriumsilikat ble etablert i 2012. Dagens anlegg er plassert i øvre del av den lakseførende strekningen og vil ved optimal dosering kunne sikre god vannbehandling i det meste av lakseførende strekning. På grunnlag av vannføringssignal, feltmålinger av pH og resultater fra kjemisk overvåking viser det seg imidlertid at anlegget etter flere års drift ikke har klart å dosere silikat tilstrekkelig til å redusere konsentrasjonen av aluminium til under kritiske nivåer (Høgberget 2016). Det betyr at doseringen av natriumsilikat må økes ytterligere, noe som vil bety at driftskostnadene også vil øke i forhold til dagens

nivå. Fylkesmannen oppfatter allerede dagens driftskostnader som høye og ønsker derfor en vurdering av alternative løsninger som kan sikre vannkvaliteten på den lakseførende strekningen i Spillingsbekken.

1.1.3 Oppdraget fra Fylkesmannen

Det er laget en vurdering av hvilke tiltak man kan gjøre på anleggene for at de skal kunne fungere mer optimalt (Høgberget 2016). Fylkesmannen ønsker likevel en vurdering av om det er mulig og hensiktsmessig å erstatte dagens silikatanlegg med andre avgiftningsmetoder. Dette inkluderer:

- En vurdering av mulighetene for alternativ kalkingsstrategi, og fordeler/ulempene knyttet til dette.
- Forslag til aktuelle plasseringer av anlegg, valg av avsyrningsmiddel, o.l.
- Et prisoverslag for etablering og drift av alternativ løsning.

1.1.4 Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier

Det er nedenfor beskrevet ulike alternativer ved erstatning av silikatanlegget i Spillingsbekken med et kalkdoseringsanlegg. I og med at avgiftningsprosessen for labilt aluminium (LAI) tar lengre tid enn ved bruk av natriumsilikat, er det viktig at kalkdoseringsanlegget plasseres oppstrøms lakseførende strekning, og i en slik avstand til oppvandringshinderet at blandsoneproblematikk med muligheter for giftig aluminium unngås. For å være på den sikre siden, anbefales en oppholdstid på minimum 15 minutter før vannet når lakseførende strekning. Ca. 400 m oppstrøms oppvandringshinderet kommer Libekken inn i Spillingsbekken. Det er stort fall i bekken nedstrøms dette bekkemøtet. Blandsoneneffekter som følge av innblanding mellom kalket og ukalket vann ved bekkemøtet kan oppstå i lakseførende del av elva ved høye vannføringer/liten reaksjonstid. Ved moderate vannføringer og drift av kraftverket i Storebekken vil blandsoneneffekter også kunne oppstå ved kraftverksutslaget like oppstrøms oppvandringshinderet ved Spilling. Ideelt sett bør derfor begge disse løpene kalkes, og vi har vurdert to hovedstrategier: (1) kun kalkdosering og (2) kalkdosering i kombinasjon med terrengkalking. Det er gjennomført befarings- og atkomstvei for kalkleveranser, og flere alternative plasseringer av et doseringsanlegg er mulig (John Olaisen pers med.). Se bilder i Figur 2.

For kalkdosering i Spillingsbekken har vi foreslått å sette pH-målet til 6,4 i smoltperioden, til 6,2 i presmoltperioden og til 6,0 resten av året, slik målene er satt for hovedelva (Miljødirektoratet 2016). For terrengkalking er målet å holde potensielt giftig aluminium tilbake i terrenget, og i dette tilfellet kan pH-målet være lavere. Vi velger imidlertid å bruke erfaringstall for optimale kalkdoser framfor å sette konkrete pH-mål for terrengkalking (Hindar et al. 2012).



Figur 2. Bilder fra Spillingsbekken. Synlig kraftverksrørgate ved utløpet av Libekken (øverst til venstre), Holtet, Libekken (øverst til høyre), Storebekken ved Velte (nederst til venstre) og Tjomsland og Torslona i Storebekken (nederst til høyre).

Alternativ 1

Det etableres et doseringsanlegg i Libekken. Anlegget plasseres ved en velteplass for tømmer ved Holtet, ca. 560 m oppstrøms bekkemøtet med Spillingsbekken. Anlegget bør styres etter pH, og pH-måleren etableres øverst i lakseførende strekning. Dersom styringsautomatikken krever vannføringssignal, må dette også etableres på stedet og vektet med avrenningen fra hovedgreina, eventuelt hentes fra eksisterende målepunkt ved Spilling. Da det er langt til nærmeste strømtilgang, må anlegget baseres på solceller/batteridrift. For raskest mulig oppløsning av kalken benyttes kategori 2 kalk.

Alternativ 2

Det etableres et anlegg i Storebekken oppstrøms Torshuslona ved Tjomsland. Avstanden til Libekken er ca. 1600 m og avstanden til oppvandringshinderet er ca. 2 km. En plassering ved Velte egner seg godt. Anlegget bør pH-styres, og det etableres en pH-måler øverst i lakseførende strekning. Et vannføringssignal etableres på stedet og vektet mot eksisterende målepunkt ved Spilling. Da tilbakemeldingstiden kan bli lang ved lave vannføringer, bør det også etableres en pH-måler for levering av prosess-signal oppstrøms dosereren. Nettstrøm er lett tilgjengelig ved Velte. Kategori 2 kalk benyttes, da dette sikrer bedre oppløsning av kalk i lonene nedstrøms doseringspunktet.

Alternativ 3

Det etableres et doseringsanlegg i Libekken og et i Storebekken. Anleggenes funksjon blir slik de er beskrevet i alternativ 1 og 2.

Alternativ 4

Det etableres et doseringsanlegg i Storebekken jf. alternativ 2. I tillegg terrengkalkes nedbørfeltet til Libekken etter samme mal som for Songåna.

1.1.5 Anbefaling om valg av tiltaksstrategi

Dersom vannføringen er ca. 1,1 m³/s i Storebekken kan kraftverket være i produksjon. Ved kalking kun i Libekken vil det meste av innblandingen da inntreffe etter utslaget fra kraftverket med den følge at giftige blandsoner kan oppstå i lakseførende del av Spillingsbekken. Dersom kun Storebekken kalkes, vil blandoneeffekten bli mindre, da en langt større andel av Spillingsbekken er kalket. Kalking av begge bekkene vil imidlertid eliminere eventuelle blandoneeffekter hvis driften er god ved begge de to anleggene. En effektiv metode vil være å terrengkalke Libekkens nedbørfelt. Det er forholdsvis lite og en vil unngå å komme i den situasjonen at driftsstans i et lite anlegg i Libekken hindrer måloppnåelsen. Anbefalingen blir derfor, i prioritert rekkefølge:

Alternativ 4, Kalking med doserer i Storebekken og terrengkalking i Libekkens nedbørfelt

Alternativ 3, Libekken og Storebekken kalkes.

Alternativ 2, Storebekken kalkes ved Velte, Tjomsland.

Alternativ 1 anbefales ikke.

1.1.6 Etablering og drift av alternativ løsning

Det er lite erfaring med mindre kalkdoseringsanlegg, både når det gjelder drift og kostnader. Imidlertid utvikles det for tiden metoder for småskala-dosering, og det antas her at slike anlegg finnes i markedet. Vi mener at prisen på slike anlegg ikke bør overskride ca. 1/3 av etableringskostnaden for store anlegg.

Forventet kalkforbruk avhenger av vannføring og pH. I Spillingsbekken kan det være tilstrekkelig å kalke i perioder med moderat og høy vannføring. Ved eksisterende doseringsanlegg ved Spilling er flomvannføringen opp mot 15 m³/s (dvs. 15 ganger middelvannføringen). De fleste flommer er i området 5-8 m³/s. Av loggførte flommer på Spilling doseringsanlegg fremgår at det er ca. 18-20 flommer over 5 m³/s pr. år. Doseringskapasiteten må stå i forhold til doseringsbehovet i slike perioder. Ved laveste pH (pH 4,8) vil doseringsbehovet være ca. 2,6 g/m³. Doseringskapasiteten må derfor være minimum 3,4 tonn/døgn. Imidlertid vil doseringsbehovet under normal flomsituasjon være lavere. Vannføringsdata fra Spilling viser at en flomperiode på tre dager med maksimal flomvannføring på 7 m³/s, kombinert med en CaCO₃-dose på 2 g/m³ vil kreve ca. 2 tonn CaCO₃ per døgn. Regnes det med 75% kalkopløsning og helt ren kalk (100 % CaCO₃) vil behovet være ca. 2,7 tonn kalk. Vannkvaliteten krever også noe dosering utenom flommene. Totalt anslås kalkbehovet å være ca. 70 tonn/år. Med en anslått tonnpris for kalken på 900 kr, utgjør dette en årlig kostnad på ca 65000 kr.

Terrengkalking av Libekkens nedbørfelt vil kreve spredning av 620 tonn grovdolomitt til en kostnad av ca 1,25 mill kr. Fordeles kostnaden på 25 år, blir den 50.000 kr per år. Vi har her brukt en tonnpris på 2000 kr/tonn, men det er ingen erfaringstall fra de siste årene som kan verifisere dette tallet. Kornfordelingen kan være 0-2 mm, men det er en fordel for vegetasjonen at finfraksjonen er fjernet slik at kornfordelingen

er 0,2-2 mm. Ved kun spredning i gunstige områder av terrenget (skog+myr, se Tabell 2) bør en kalkdose i de delene som faktisk kalkes være 2,5 tonn/ha.

Tabell 2. Arealfordeling i Libekken nedbørfelt. Posten «annet» i tabellen kan være naturområder som verken kan defineres som skog eller snaufjell.

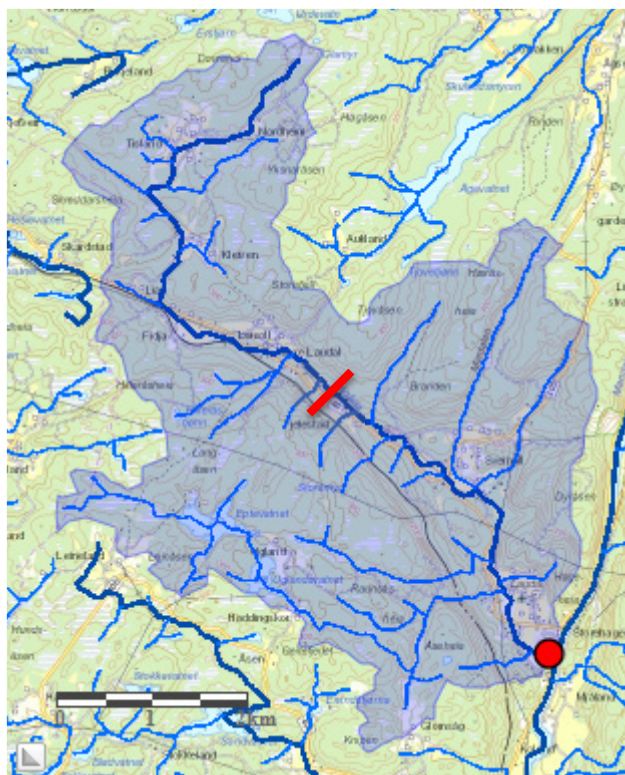
Arealslag	Areal i %
Skog	79,3
Myr	1,3
Innsjø	0,3
Dyrket	7,2
Snaufjell	7,2
Urban	0
Annet	4,7
Totalt	100

Dersom Libekkens nedbørfelt terrengkalkes, vil kalkbehovet i Storebekken reduseres til 60 tonn/år.

1.2 Vurdering av alternativ kalkingsstrategi i Logåna

1.2.1 Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket

Logåna er et sidevassdrag til Mandalselva (Figur 3, Tabell 3) og behandles i dag ved dosering av natriumsilikat. Erfaringer etter flere års drift viser at det ikke oppnås ønsket resultat med dagens vannbehandlingsstrategi (Høgberget 2016) samtidig som bruk av silikat er dyrt. Fylkesmannen ønsket derfor en vurdering av alternative løsninger som kan sikre vannkvaliteten på den lakseførende strekningen i sidevassdraget.



Figur 3. Nedbørfeltet til Logåna. Vandringshinder for anadrom fisk mellom Sveinall og Øvre Laudal er indikert med rød strek.

Tabell 3. Nedbørfelter og vannføringsdata for Logåna; ved utløpet og på utvalgte steder oppstrøms.

	Ved utløp	Sveinall	Fjelestad	Leivoll
Nedbørfelt (km ²)	23,4	11,7	9,2	6,1
Del av totalfelt, %		50,0	39,3	26,1
Middelavrenning (l/s/km ²)	34,5	36,6	37,9	39,2
Middelvannføring (m ³ /s)	0,81	0,43	0,35	0,24
Maksimal vannføring (m ³ /s)	12	6	5	4

Logåna er en periodisk sur elv, og i perioder med lav vannføring domineres vannkvaliteten av grunnvann med forholdsvis høy pH. Ved økende vannføring reduseres konsentrasjonen av kalsium (Ca) betraktelig,

vannet blir surt og dermed problematisk for fisk. Dette medførte tidlig etablering av et kalkdoseringsanlegg ved Sveinall. I 2003 ble kalkingsanlegget erstattet med et silikatanlegg. Dette var et pilotanlegg, første av sitt slag i Norge, som ble ombygget og forbedret i flere omganger (Kaste et al. 2006; Høgberget 2004; Høgberget og Håvardstun 2005). Natriumsilikat tilsettes direkte i lakseførende del av elva.

En nærmere beskrivelse av vassdraget og doseringsanlegget finnes i Høgberget (2016).

1.2.2 Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne

Hele den lakseførende strekningen er 4 km (Figur 3), men dagens silikatanlegg ved Sveinall er plassert ca. 1,2 km nedstrøms antatt oppgangshinder (N: 58° 15.676' Ø: 7° 28.562'). Plasseringen er derfor ikke optimal.

Anlegget er plassert i et område med store løsmasseavsetninger (morenemateriale). Løse steinblokker i elva flytter seg under flommer. Dette forandrer elveprofilen og dermed vannføringssignalet som benyttes ved doseringsanlegget. Resultatet blir unøyaktig dosering.

Doseringen styres etter vannføring og pH oppstrøms anlegget. Det har vært problemer med drift av pH-signalet (Høgberget 2016) og pH-stasjonen er bygget om.

Et annet problem er at det ofte ikke tilføres tilstrekkelig høye silikatdoser til å redusere labilt aluminium (LAl) til under god/moderat-grensen for laks (10 µg/l) ved utløpet av Logåna. Vannkjemiske prøver (Miljødirektoratets vannkjemikontroll) viser stor variasjon i konsentrasjonen av reaktivt aluminium (RAL) fra 25 til 285 µg/L, og LAl med konsentrasjoner opp mot 30-35 µg/L ved utløpet (Høgberget 2016). Dagens vannbehandling med natriumsilikat har også blitt omtalt som dyr i drift.

1.2.3 Oppdraget fra Fylkesmannen

Det er laget en vurdering av hvilke tiltak man kan gjøre på anlegget for at det skal kunne fungere mer optimalt (Høgberget 2016). Fylkesmannen ønsker likevel en vurdering av om det er mulig og hensiktsmessig å erstatte dagens silikatanlegg med andre avgiftningsmetoder. Dette inkluderer:

- En vurdering av mulighetene for alternativ kalkingsstrategi, og fordeler/ulempene knyttet til dette.
- Forslag til plassering av anlegg, valg av avsyngsmiddel, o.l.
- Et prisoverslag for etablering og drift for alternativ løsning.

1.2.4 Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier

Ideelle doseringsmengder i eksisterende natriumsilikatanlegg er sammenlignet med doseringsbehovet ved et eventuelt kalkdoseringsanlegg. Fra loggen på Logåna doseringsanlegg er det benyttet pH og vannføring fra en tilfeldig nedbørsepisode (maksimum vannføring 10 m³/s og pH 5,0). Den akkumulerte natriumsilikatmengden vil være 11,9 m³ med eksisterende styringsform ved dosering til pH 5,9. Dersom den samme episoden skal kalkdoseres til pH 6,2 (gjennomsnittlig målnivå for året), vil behovet være 3,4 tonn CaCO₃. I et gjennomsnittså vil det være om lag 15 slike flomepisoder i Logåna, det betyr at årlig kalkforbruk kan ligge på om lag 50 tonn. Med en anslått tonnpris for kalken på 900 kr, utgjør dette en årlig kostnad på ca 45000 kr. Tidligere prissammenlikninger viser, som eksemplet over, at kalkmel er vesentlig rimeligere enn silikat for å oppnå samme effekt. Det anbefales derfor å vurdere kalkdosering som alternativ metode til dagens silikatdosering. Det er lite erfaring med mindre kalkdoseringsanlegg, både når det gjelder drift og kostnader. Imidlertid utvikles det for tiden metoder for småskala-dosering, og det antas her at slike anlegg finnes i markedet. Vi mener at prisen på slike anlegg ikke bør overskride ca. 1/3 av etableringskostnaden for store anlegg.

For kalkdosering i Logåna foreslår vi å sette pH-målet til 6,4 i smoltperioden, til 6,2 i presmoltperioden og til 6,0 resten av året, dvs. tilsvarende målene som er satt for hovedelva (Miljødirektoratet 2016). Et eventuelt nytt kalkdoseringsanlegg bør etableres oppstrøms lakseførende del av elva, og for å sikre rask oppløsning bør det benyttes kalk med fin oppmalingsgrad (kategori 2 kalk). Det er noe usikkert hvor langt laks kan vandre oppover i Logåna, men en relativt markant todelt foss like oppstrøms steinuttaket ved Sveinall hindrer oppvandring i det ene løpet. I det andre løpet kan laks muligens passere under optimale vannføringsforhold, men i de fleste tilfeller vil også dette fungere som et oppvandringshinder. To alternative plasseringer av doseringsanlegg oppstrøms vandringshinderet er vurdert.

Alternativ 1

Kalking ved Fjelestad.

Det etableres et kalkdoseringsanlegg ved Fjelestad (Figur 4). Bratt terreng mellom fylkesvei 461 og Logåna gjør plasseringen meget vanskelig i områdene nedstrøms Fjelestad. Der er det imidlertid mulig å plassere et anlegg nær fylkesveien, men anlegget blir da stående høyt over elva og vanntilførsel til anlegget kan bli en utfordring. For enklere vanntilførsel kan inntaksbrønnen etableres noe lenger opp i elva. Likt nivå mellom anlegg og elv oppnås ca. 200 m oppstrøms Fjelestad.

Alternativ 2

Kalking ved Leivoll

Det etableres et kalkdoseringsanlegg ca. 1,4 km oppstrøms lakseførende strekning ved Leivoll (Figur 4). Et område ved jernbanens trafostasjon er mest ideelt i forhold til plass og adkomst. Her kan også kategori 3 kalk benyttes, da lang avstand ned til oppvandringshinderet og stort fall i terrenget vil gi lang oppløsningstid og god turbulens som bidrar til god kalkoppløsning.

Den lange avstanden ned til pH-stasjonen på Sveinall gjør denne stasjonen mindre egnet til levering av prosess-signal enn forholdet er ved Fjelestad. For å sikre umiddelbar dosering under alle vannføringsforhold, bør det i tillegg etableres et pH-signal oppstrøms anlegget som grunnlag for beregning av forhåndsdose. Det anbefales med andre ord både oppstrøms styring og nedstrøms etterjustering av doseringen fra et anlegg ved Leivoll.

En annen ulempe ved å plassere et anlegg ved Leivoll er at det kun vil dekke 26% av Logånas nedbørfelt-areal. Det medfører at det må legges inn en forholdsvis høy overdoseringsfaktor for å kunne håndtere surt vann som tilføres nedstrøms anlegget. I tillegg vil det ta noe lengre tid for det kalkede vannet å nå de nedre delene av Logåna enn om anlegget ble plassert nærmere den lakseførende strekningen.

1.2.1 Anbefaling om valg av tiltaksstrategi

Både alternativ 1 og 2 vil gi god effekt i elva. Alternativ 2 (Leivoll) sikrer trolig bedre stabilisering av aluminiumskjemien oppstrøms anadrom strekning, i og med at avstanden og transporttiden er lengre. Forsøk har vist at det tar om lag 15 minutter å stabilisere aluminiumskjemien etter kalking. På den annen side vil alternativ 1 (Fjelestad) gi bedre forutsetninger for nøyaktig dosering når vannføringen er lav (pga kortere avstand til pH-nedstrøms signal). Ved alternativ 1 vil kalken dessuten tilføres i en større del av den totale vannføringen enn ved alternativ 2 (mindre behov for overdosering) og det vil ta noe kortere tid å oppnå full kalkingseffekt i de nedre delene av den anadrome strekningen. Anbefalingen blir derfor i prioritert rekkefølge:

Alternativ 1, kalkdosering ved Fjelestad.

Alternativ 2, kalkdosering ved Leivoll.



Figur 4. Alternative plasseringer av kalkdoseringsanlegg i Logåna; ved Leivoll (øverst) og Fjelestad. Anlegget bør styres etter pH. Ideelt sett burde det etableres en pH-stasjon rett nedstrøms oppvandringshinderet, men eksisterende pH-stasjon ca 1 km nedstrøms anlegget på Sveinall kan brukes. Tilbakemeldingstiden vil imidlertid bli svært lang ved lave vannføringer, og doseringen kan bli ustabil.



Figur 5. Området i elva med antatt oppvandringshinder (øverst til venstre) Trafostasjon på Livoll (øverst til høyre). Aktuelt doseringssted ved Fjelestad (nederst). Elva skimtes i en brakk skråning (nederst til høyre).

2 Vurdering av terrengkalking i Songåna

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket

Songåna er et sidevassdrag til Mandalselva som har vært behandlet med natriumsilikat siden 2010. I likhet med Spillingsbekken og Logåna har bruk av silikat ikke gitt tilfredsstillende resultater, men i Songåna skyldes dette også andre forhold enn driftstekniske. Selv om anlegget bygges om, gjør hydrologi og plassering av anlegg at det er svært vanskelig å oppnå god vannkjemi på hele den lakseførende strekningen. Det var konklusjonen i en utredning om mulige optimaliseringstiltak (Høgberget 2016). Terrengkalking vurderes som den strategien som potensielt kan gi best resultat, men også dette tiltaket må vurderes nøye. Fylkesmannen ønsket derfor en detaljert vurdering av terrengkalking i dette vassdraget.

Songånas nedbørfelt (25,5 km²) er del av et tredelt sidevassdrag (56 km²) som renner inn i Mandalselva rett nord for Øyslebø (Figur 6). Songåna går gjennom den nordre delen av dette nedbørfeltet. Strekningen etter samløp med de to andre greinene og ned til Mandalselva anses som så kort (0,5 km) at fisk på vandring sannsynligvis ikke påvirkes negativt mellom utløpet av en avsyret Songåna og Mandalselva. Derfor anses tiltak i Songåna som tilstrekkelig for å sikre gode betingelser for anadrom fisk.

De hydrologiske forholdene ble endret da det ble anlagt en kanal fra Songåna direkte til Mandalselva (Figur 7). Det ble gjort på 1940-tallet for å hindre erosjon i fundamentet for Sørlandsbanen. Som kartene viser, følger toglinja samme forsenkning i terrenget som elva i nærmere tre kilometer sørover fra kanalen.

Arealene i nedbørfeltet domineres av skog, mens myr, innsjøer og dyrket mark utgjør mindre deler, se Tabell 4. Snaufjell er nesten fraværende.

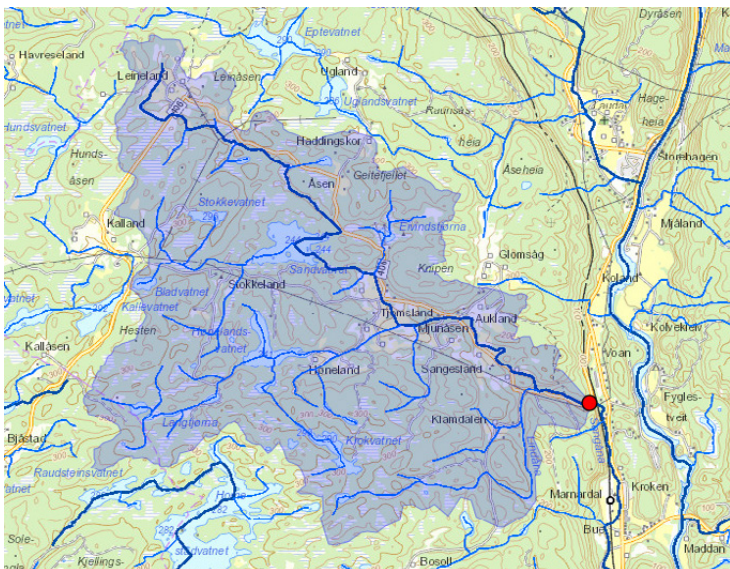
Tabell 4. Arealfordeling i Songånas totale nedbørfelt og i den øvre delen. Posten annet i tabellen kan være naturområder som verken kan defineres som skog eller snaufjell.

Arealslag	Songåna, totalfelt	Songåna, øvre del
	Areal i %	Areal i %
Skog	81,7	79,9
Myr	5,9	7,7
Innsjø	3,3	4,0
Dyrket	4,4	3,6
Snaufjell	0,7	1,0
Urban	0,5	0,0
Annet	3,5	11,5
Totalt	100,0	100,0

2.2 Kort om dagens tiltaksstrategi og utfordringer knyttet til denne

En nærmere beskrivelse av vassdraget og tiltaksproblematikken finnes i Høgberget (2016). Hovedgrunnen til at tiltaksstrategien er utfordrende er den utsprengte kanalen direkte til Mandalselva. Overløpet til det naturlige elveløpet gir en forholdsvis liten vannføring, men den skal hele tiden være i området 50-200 L/s (Høgberget 2016). Denne restvannføringen i Songåna kan imidlertid avta på grunn av infiltrasjon i permeable løsmasser, og elva kan derfor tidvis være uegnet som fiskehabitat.

Spørsmålet er om terrengkalkingstiltak skal gjennomføres for det 14,4 km² store avrenningsområdet oppstrøms kanalen og dermed også avsyre alt vannet som går direkte til Mandalselva eller om tiltak kun skal gjennomføres for området nedstrøms. I det siste tilfellet vil overløpet fra splittpunktet for kanalen ikke være avsyret hvis doseringen fra eksisterende anlegg opphører. Hvis supplerende doseringstiltak



Figur 7. Songåna ledes i kanal til Mandalselva som indikert med blå strek (øverst). Overløpet går sørover i naturlig elveleie. Nedbørfeltet oppstrøms kanalen er vist under. Kartkilde: NVE Atlas/ NVE Nevina.

2.3 Oppdraget fra Fylkesmannen

Fylkesmannen ønsker en beskrivelse av hvordan terrengkalking i Songåna kan gjennomføres, inkludert:

- vurdering av nedbørsfeltets egnethet for terrengkalking,
- beregning av kalkmengde,
- forslag til hvordan kalken kan spres i terrenget og
- prisoverslag for tiltaket.

2.4 Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier

I og med at doseringstiltakene allerede er evaluert og fylkesmannen presiserer at utredningen skal gjelde terrengkalking, vil vi legge vekt på dette her. Men vi vil også ta med et kombinasjonsforslag fordi vi tror det kan være en god løsning.

Nedbørfeltene til Songåna er godt egnet for terrengkalking, men det er noen kjøreregler for valg av spredningsmetode, kalktype og arealer som er anbefalt av Terrengkalkingsprosjektet (Hindar et al. 2012).

Det anbefales å spre kalk med helikopter, og fra en tobb som kan spre kalken i et jevnt slør over et større område slik at dosen på omlag 2 tonn/ha oppnås. Denne middeldosen er anbefalt for å oppnå tilstrekkelig effekt. Brukes grovdolomitt uten finfraksjon (kornstørrelse 0,2-2 mm) blir kalkingen mest mulig skånsom for vegetasjonen. For ytterligere å skåne terrenget og samtidig oppnå god effekt bør bart fjell og visse typer myr unntas. Det anbefales at en botaniker inspiserer de aktuelle områdene for å komplettere spredeplanen. Innsjøer skal ikke kalkes. Beboede områder, veier og jernbane, samt jordbruksarealer må skånes. For å opprettholde den anbefalte middeldosen, vil da den faktiske dosen for de arealene som kalkes bli større. Vi har brukt data fra Tabell 4 i slike beregninger.

Kalkeffekten ved terrengkalking er målt og modellert, og en effektperiode på 20-30 år kan antydes. Det vil si at kostnaden kan fordeles på denne perioden, og vi har her brukt 25 år. Sammenliknes kostnaden med andre tiltak, bør en legge vekt på at det ikke er kostnader knyttet til terrengkalking etter at tiltaket er gjennomført og oppnådd effekt er dokumentert i løpet av et par år.

For enkel kalkdosering, se alternativ 1, foreslår vi å sette pH-målet til 6,4 i smoltperioden og 6,2 ellers i året. For terrengkalking er målet å holde potensielt giftig aluminium tilbake i terrenget, og tilstrekkelig pH kan derfor være lavere. Vi velger imidlertid å bruke erfaringstall for optimale kalkdoser framfor å sette konkrete pH-mål (Hindar et al. 2012).

2.4.1 Alternativ 1 – kombinasjonskalking

Den mest nærliggende tiltaksstrategien under alternativ 1 vil være å dosere kalk i overløpet fra splittpunktet ved kanalen (blå kule i Figur 6) og terrengkalke avrenningsarealet nedstrøms. Dette vil sikre at innkommende vann i denne nedre delen av Songåna er avsyret og at tilførsler nedstrøms, uansett vannføring, også vil være avsyret. Avsyring av vannet fra overløpet anses som viktig fordi fisk oppholder seg på elvestrekningen umiddelbart nedstrøms. Det vises til Høgberget (2016) for eventuell optimalisering av doseringen og avsnittet under for terrengkalkingsdelen i et slikt kombinasjonstiltak. Men det kan også være aktuelt å etablere et nytt og forholdsvis enkelt anlegg ved overløpet som gir en fast kalkdose i forhold til vannføringen. For å oppnå rask oppløsning anbefales en forholdsvis finmalt kalk (kategori 2). Vannføringen i overløpet varierer som nevnt mellom 50 og 200 L/s, og hvis en tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig CaCO_3 -dose på $2,5 \text{ g/m}^3$ i smoltperioden og $2,0 \text{ g/m}^3$ ellers i året, nær 100 % CaCO_3 -innhold i kalken og 80 % oppløsning, vil årsforbruket kunne variere mellom 3 og 13 tonn (middel: 8 tonn/år).

2.4.2 Alternativ 2 – kun terrengkalking, nedre del

Om man velger kun terrengkalking i nedre del, dvs. av det $10,2 \text{ km}^2$ store arealet nedstrøms splittpunktet ved kanalen, blir kalkmengden 2040 tonn og kostnaden 4 mill. kr. Fordeles kostnaden på 25 år, blir den 165.000 NOK per år. Vi har her brukt en tonnpris på NOK 2000/tonn, men det er ingen erfaringstall fra de siste årene som kan verifisere dette tallet.

Arealer som må unntas fra terrengkalking framgår av Tabell 4. Det er spesielt det $0,2 \text{ km}^2$ store Bosollvatnet og det ca. $1,6 \text{ km}^2$ store arealet med bebyggelse, landbruk og infrastruktur langs Songåna. Høyeste punkt i denne delen av Songånas nedbørfelt er 338 moh. Arealet er en mosaikk av skog med hogstfelt og myrområder. Myrområdene bør inventeres for å finne ut om de kan inngå i kalkingstiltaket

eller ikke. Inngår alle, er det totalt ca 8 km² som vil bli terrengkalket og kalkdosen blir 2,5 tonn/ha for dette arealet.

Med denne strategien risikerer en å få inntil 200 L/s ukalket vann fra øvre del av Songåna i perioder med mye avrenning. Dette vil være det rimeligste terrengkalkingsalternativet, men ikke gi tilstrekkelig effekt i alle situasjoner. Vannkvaliteten i Songånas øvre del er også av en slik karakter at en kan risikere biologiske skader hvis den får lov å dominere i restvannføringsstrekningen.

Kalkdosen ved terrengkalking skal gi tilstrekkelig avsyring for å holde potensielt giftig aluminium tilbake i nedbørfeltet. Det kan også være aktuelt å øke dosen for å avsyre det vannet som kommer fra overløpet ved kanalen. Går man opp til 3 tonn/ha vil trolig eventuelle negative effekter på vegetasjon bli noe forsterket, men vannet fra det kalkede feltet vil ha større bufferkapasitet. Tiltaket medfører da bruk av 50 % mer kalk og blir 50 % dyrere. Det vil sannsynligvis redusere giftigheten til vannet fra overløpet raskere og forkorte eksponeringstiden for denne vannkvaliteten. En del av strategien kan være å utsette dette påslaget av ekstra kalk til behovet er dokumentert. Den ekstra riggekostnaden (frakt av helikopter til og fra spredningsområdet) man pådrar seg ved å dele terrengkalkingen i to omganger er forholdsvis marginal og bør ikke være avgjørende i en slik vurdering.

2.4.3 Alternativ 3 – kun terrengkalking, hele Songåna

Om hele Songånas nedbørfelt kalkes, vil vannkvaliteten være sikret hele veien, men man vil samtidig kalke for en svært stor vannmengde som går i kanalen direkte til Mandalselva. Det vil selvsagt gi en liten kalkeeffekt i Mandalselva, men ikke nødvendigvis en tilleggseffekt for biologien fordi Mandalselva i utgangspunktet er godt kalket. Dette tiltaket vil dermed ikke være økonomisk optimalt.

Hele nedbørfeltet er 25,5 km², og med en kalkdose på 2 tonn/ha, blir kalkmengden 5100 tonn. Hvis spredningskostnaden er 2000 NOK/tonn, blir kostnaden 10,2 mill. NOK. Fordeles kostnaden på 25 år, blir den 410.000 NOK per år.

Høyeste punkt i Songånas nedbørfelt er 363 moh. Arealet er også i den store øvre (14,4 km²) en mosaikk av skog, hogstflater og myrområder, men også noen mindre innsjøer. Arealer som må unntas for kalking er de som hører til restfeltet i nedre del, se over, og arealer i øvre del. Høyeste punkt i dette nedbørfeltet er 363 moh. Bebyggelse og infrastruktur utgjør om lag 1 km², mens innsjøer utgjør 0,5 km², totalt 3,5 km² for hele feltet. Kalket areal blir da 22 km² og kalkdosen for dette arealet blir 2,3 tonn/ha.

2.5 Anbefaling om valg av tiltaksstrategi

Valget av kalkingsstrategi er komplisert, særlig pga. den utsprengte kanalen som frafører en stor del av vannet som naturlig ville drenert mot Songåna. Den beste effekten vil sannsynligvis oppnås ved å terrengkalke hele Songånas nedbørfelt, med unntak av arealer som av ulike grunner ikke bør kalkes. Men dette blir ikke kostnadseffektivt fordi mye vann kalkes til liten eller ingen nytte.

Terrengkalking av det 10,2 km² store restfeltet (alternativ 2) med en kalkdose på 3 tonn/ha kan være et fullgodt alternativ, men spredningen bør deles opp i to omganger, slik at en eventuelt kan nøye seg med en middeldose på 2 tonn/ha. Hvis det viser seg at 2 tonn/ha ikke er tilstrekkelig, står en imidlertid overfor et dilemma. Spørsmålet blir om nye 1 tonn/ha vil gi god måloppnåelse. Det kan være at effekten av terrengkalking er god men at det i perioder kommer for lite vann fra dette arealet til å avsyre vannet fra overløpet. Da vil ikke en større kalkdose i terrenget være løsningen.

En kombinasjon av enkel kalkdosering (fast dose) og terrengkalking i nedre del (alternativ 1) kan være en svært god løsning hvis doseringen skjer i overløpet ved kanalen. Vi vurderer dette som beste alternativ.

3 Kalkingsplan for Høiebekken og Erseidbekken

3.1 Høiebekken

3.1.1 Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket

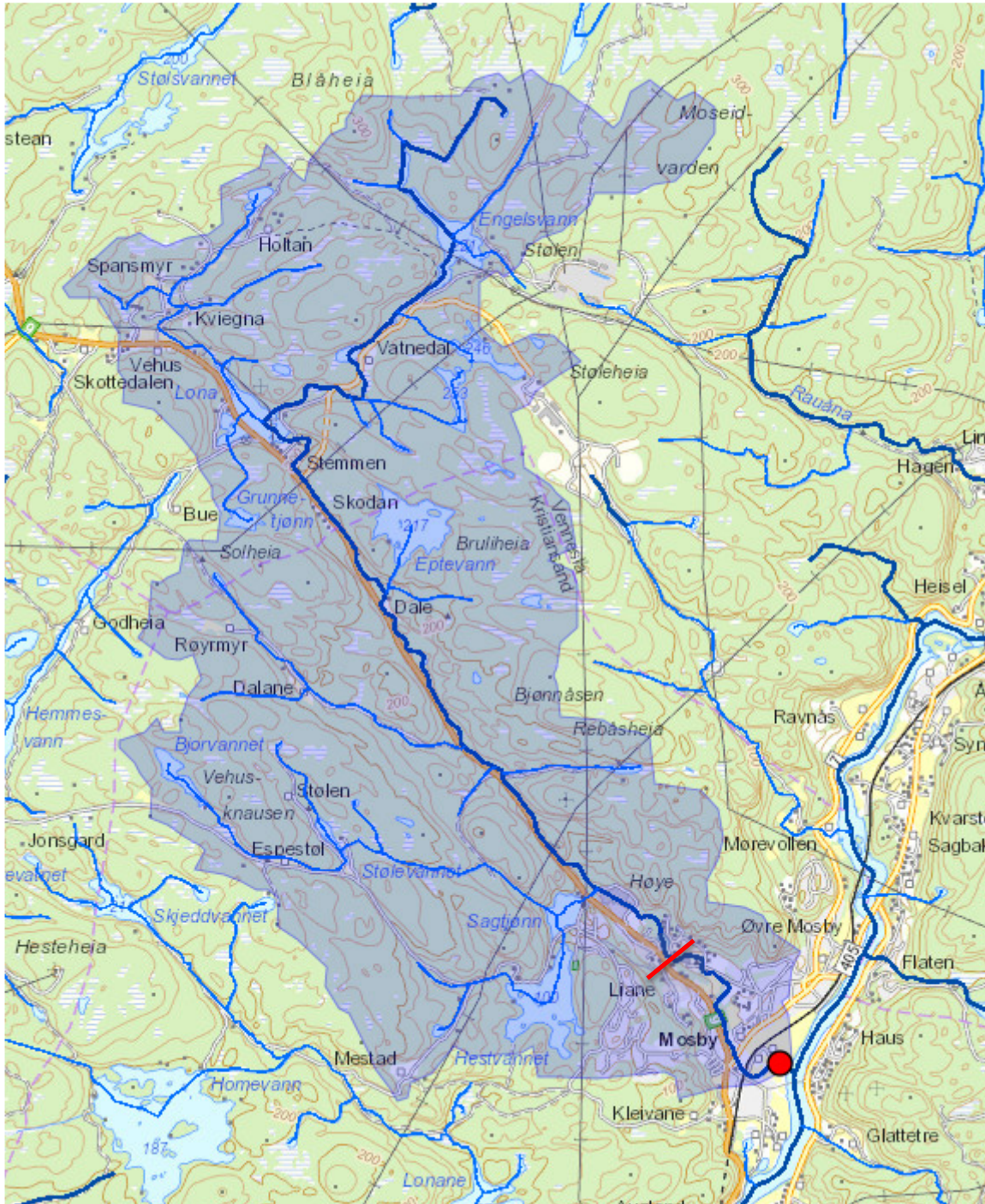
Høiebekken er et hittil ukalket sidevassdrag i nedre deler av Otra og som munner ut i hovedelva ved Mosby. Vassdraget ligger i Kristiansand og Vennesla kommuner. Nedre deler av bekken har historisk vært viktig for lokal industri; Høie Fabrikker (fra 1850), samt de to tilhørende bedriftene Norgesplaster og Snøgg. Store deler av produksjonen er i dag flyttet. Kraftpotensialet i bekken er betydelig, og søknad om konsesjon for reetablering og drift av det gamle mikrokraftverket er sendt NVE i 2015. Høiebekken står på lista over nye aktuelle kalkingstiltak i Miljødirektoratets plan for kalking av vassdrag i Norge for perioden 2016-2021.

Nedbørfeltet har et areal på 15,6 km² (Figur 8) og domineres for det meste av skog (Tabell 5). Det finnes en del innsjøer i nedbørfeltet, og de utgjør 4,6 % av arealet. Høyeste punkt er 317 moh, mens Høiebekken munner ut i Otra ved 5 moh. Middelvannføring ved utløpet til Otra er beregnet til å være 505 l/s, mens alminnelig lavvannføring og 5-års flom er beregnet til henholdsvis 30 l/s og 10,8 m³/s.

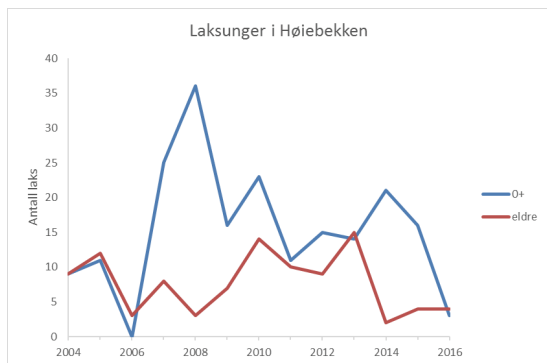
Anadrom fisk kan ikke vandre opp Kvernhusfossen og den anadrome strekningen er dermed 1500 meter. Elva har et produksjonsareal på i overkant av 5,5 km². Høiebekken er blant mange regnet som den viktigste sidebekken i Otra, og ungfisktetthet av laks og ørret (Figur 9) er undersøkt av Otra Laxefiskerlag siden 2004. Gjennom disse årene er det flere år observert fiskedød (i 2006, 2009, 2014 og 2015), hovedsakelig under flom på senvinteren og tidlig om våren.

Tabell 5. Arealfordeling i Høiebekken nedbørfelt (fra NVE Nevina).

Arealslag	Høiebekken
	Areal i %
Skog	85,7
Myr	4,2
Innsjø	4,6
Dyrket	0,6
Snaufjell	0,0
Urban	2,2
Annet	2,7
Totalt	100



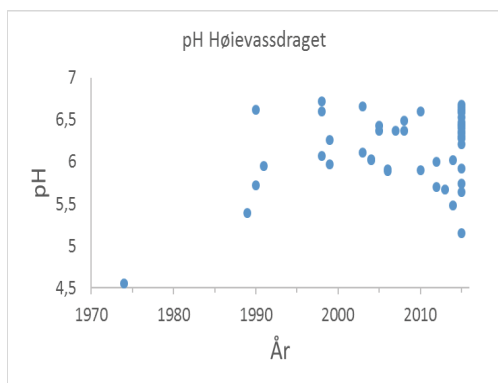
Figur 8. Nedbørfeltet til Høiebekken. Vandringshinder for anadrom fisk er indikert med rød strek. Kartkilde: NVE Nevina.



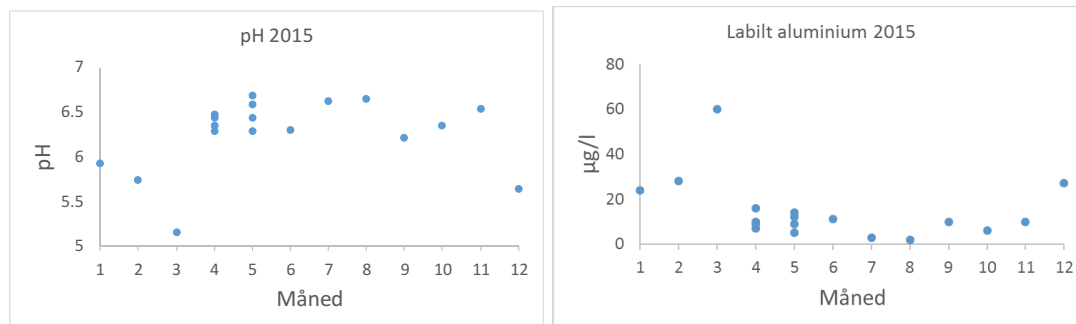
Figur 9. Registrering av laksunger (0+ og eldre) ved «en gangs overfisking» (70m x 3m) i Høiebekken i perioden 2004-2015 (J. Mosby).

Vannkvaliteten i Høiebekken har gått fra å være kronisk sur til å bli gradvis bedre som følge av redusert påvirkning fra sur nedbør (Figur 10 og Figur 11). Flere pH-målinger fra de siste årene er godt over pH 6, men periodevis kan vannet fortsatt være surt og ha høye aluminiumskonsentrasjoner. pH-målingene i 2015 understreker denne variasjonen, med pH i området 5,15 - 6,68. I 2015 ble Høiebekken klassifisert til moderat påvirket av forurening på bakgrunn av bunndyrdata og vurdering etter vannforskriftens klassegrenser (ref Vann-nett; Raddums forureningsindeks II var 0,69).

Målinger av labilt aluminium (LAl) i 2015 viser høye konsentrasjoner, spesielt vinterstid. Det er vist at laksesmolt som er eksponert for LAl-konsentrasjoner helt ned mot 5 µg/l kan ha en redusert sjøoverlevelse på 25-30% (Kroglund et al. 2005). Alle vannprøvene fra smoltutvandringsperioden (april og mai, 2015) har LAl-konsentrasjoner over dette nivået.



Figur 10. pH fra Høievassdraget (Høiebekken, Engelsvann) i perioden 1974-2015.



Figur 11. pH og labilt aluminium fra Høiebekken i 2015.

3.1.2 Oppdraget fra Fylkesmannen

Kalkingsplanen skal inneholde:

- Forslag til kalkingsstrategi for hvert av vassdragene, inkludert vurdering av terrengkalking. Ulike alternativer skal beskrives med fordeler og ulemper.
- En kort beskrivelse av forventet effekt/nytte av kalkingen
- Prisoverslag for etablering og drift

3.1.3 Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier

I kalkingsplanen skal det foreslås tiltak for å skape gode vannkjemiske forhold for laks i den anadrome delen av Høiebekken, det vil si fra Kvernhusfossen til samløpet med Otra. Høiebekkens vannbidrag til Otra er lite og effekten i Otra anses derfor som ubetydelig.

Vi anbefaler å avgifte vannet med kalk og ved bruk av en kalkdoserer plassert i hovedvannstrengen, så nær lakseførende strekning som mulig. Nærhet til målområdet gjør at en unngår overdosering. Dosereren bør plasseres slik at god kalkoppløsning og en stabil vannkemi oppnås, se alternativene under. Vi har også vurdert terrengkalking som aktuelt, se alternativ 4.

For kalkdosering har vi satt pH-målet til 6,4 i smoltperioden og 6,2 resten av året, noe som tilsvarer målene i mange norske laksevassdrag. For terrengkalking er målet å holde potensielt giftig aluminium tilbake i terrenget, og tilstrekkelig pH kan her kan være lavere enn ved vassdragskalking. Vi velger derfor å bruke erfaringstall for optimale kalkdoser framfor å sette konkrete pH-mål for terrengkalking.

Tidspunktet for smoltutvandringen varierer og vil antagelig være påvirket av elvetemperatur, slik som i de omkringliggende laksevassdragene (Haraldstad et al. 2013, 2016). I første omgang anbefales bruk av data fra Tovdalselva, men rask oppvarming av små kystnære vassdrag som Høiebekken vil antagelig føre til en tidligere smoltutvandring sammenliknet med de store lakseelvene.

Høiebekken har lengre perioder der vannkvaliteten er god, mens det periodevis er behov for kalk. Mengden kalk avhengig av vannkvaliteten og vannmengden i de aktuelle tiltaksperiodene. Vi tar utgangspunkt i at tiltaksperiodene i praksis er nedbørepisoder som er avgrenset i tid, men har varierende frekvens og varighet. Presise beregninger av kalkbehov er derfor vanskelig. Vi har valgt å beregne kalkforbruk basert på 10 vår- og høstflommer der pH må heves fra pH 5,0 (sureste pH under flom) til henholdsvis pH 6,4 og 6,2. Gitt 75% oppløsning av kalken og 98% CaCO₃-innhold, er det beregnet en kalkdose på 1,9 g kalk/m³ for å øke pH til 6,2 og 2,1 g/m³ for å øke pH til 6,4. Årlig kalkforbruk blir da ca. 20 tonn. Med en anslått tonnpris for kalken på 900 kr, utgjør dette en årlig kostnad på i underkant av 20000 kr. Det er lite erfaring med mindre kalkdoseringsanlegg, både når det gjelder drift og kostnader. Imidlertid utvikles det for tiden metoder for småskala-dosering, og det antas her at slike anlegg finnes i markedet. Vi mener at prisen på slike anlegg ikke bør overskride ca. 1/3 av etableringskostnaden for store anlegg.

Alternativ 1

Ved å plassere en kalkdoserer ved Stemmen og Kvernhusfossen kommer en svært nær anadrom strekning, og vi er usikre på om det blir tilstrekkelig innblanding av kalk på de 50 m med nedstrøms fossestryk. Nærhet til bolighus vil kanskje også komplisere prosessen med etablering av et anlegg.

Alternativ 2

Ved å plassere en kalkdoserer ved Høie fabrikker (Figur 12) økes avstanden til anadrom strekning til 750 m. Kalken får tilstrekkelig tid til å løse seg opp (spesielt hvis kategori 2 kalk velges) og vannkjemien er trolig stabilisert oppstrøms anadrom strekning. Lokaliteten på nordvestsiden av fabrikkbygningen kan egne seg for etablering av en doserer.



Figur 12. Lokalitet for plassering av doserer ved Høie fabrikker (Alternativ 2).

Alternativ 3

Det finnes flere egnede steder for plassering av en kalkdoserer videre oppover langs Riksvei 9, men lokaliteter nord for Høie fabrikker medfører at en mister avrenningen fra et relativt stort sidedbørfelt (3,4 km²) som kommer inn fra sørvest via Sagtjønn rett nord for Høie fabrikker. Vi har derfor valgt å ikke se nærmere på lokaliteter nord for samløpet av de to bekkene.

Alternativ 4

Terrengkalking med grovdolomitt er vurdert som aktuelt. Med et nedbørfelt på 15,6 km² og en dose på 2 tonn/ha, blir kalkmengden 3100 tonn. En del arealer bør unntas fra kalking, bl.a. innsjøer, dyrka mark og bebygde områder (Tabell 5), og den faktiske kalkdosen for de arealene som kalkes blir derfor om lag 2,25 tonn/ha. Vi har her ikke tatt stilling til om enkelte myrområder bør unntas fra kalking. Hvis kostnaden er 2000 NOK/tonn, blir kostnaden for tiltaket 6,2 mill. NOK. Fordelt på en effektperiode på 25 år blir årlig kostnad 250.000 NOK.

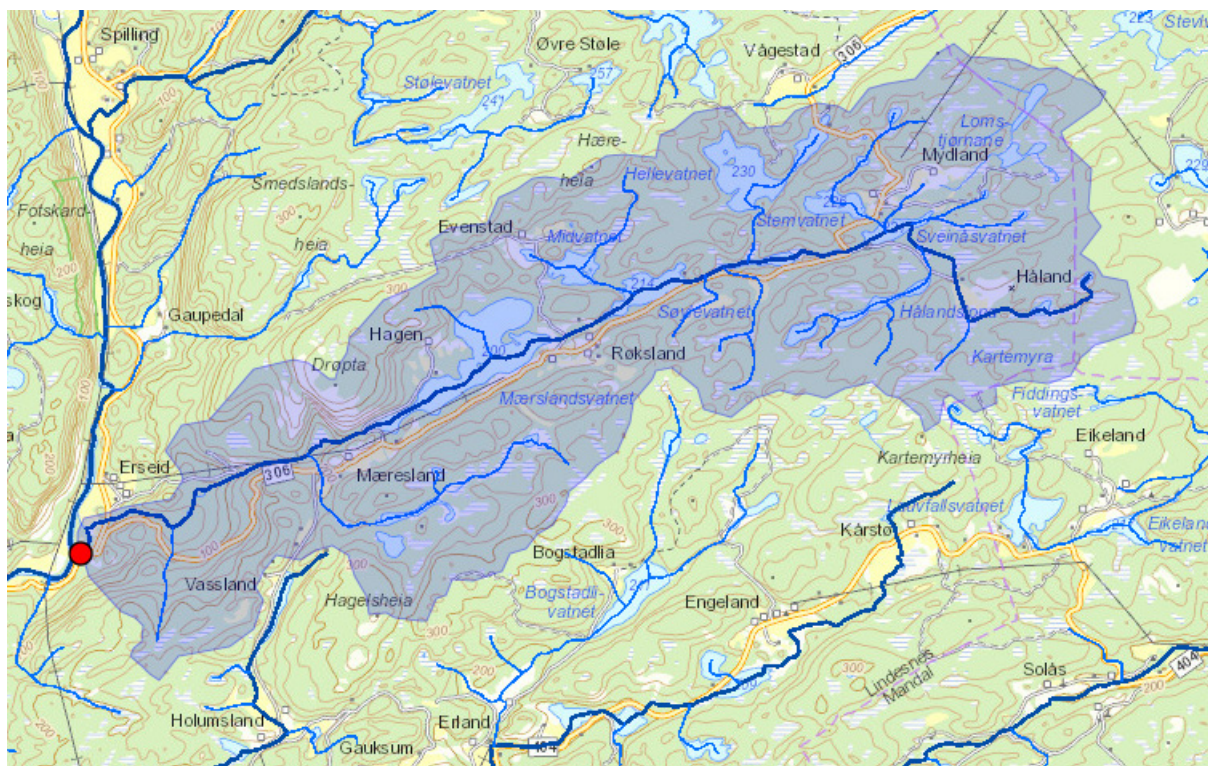
Anbefaling om valg av tiltaksstrategi

Alternativ 2, med en kalkdoserer ved Høie fabrikker, peker seg ut som den beste lokaliteten. Vi anbefaler bruk av kategori 2 kalk, men her vil det også være tilstrekkelig med kalk av kategori 3 pga gode oppløsningsforhold. Vi forventer god innblanding i strykene fra dosererpunktet og ned til anadrom strekning, men kalkopløsningen i hver enkelt nedbørepisode kan bli mindre enn 75 % (se over) ved bruk av kategori 3 kalk.

3.2 Kalkingsplan for Erseidbekken

3.2.1 Lokalitetsbeskrivelse og målområde for tiltaket

Erseidbekken (Figur 13) er et hittil ukalket sidevassdrag til Audna og som munner ut i hovedelva ved Erseid, 700 m oppstrøms Hagefossen. Bekken står på lista over nye aktuelle kalkingstiltak i Miljødirektoratets plan for kalking av vassdrag i Norge 2016-2021. Nedbørfeltet har et areal på 12,2 km² (Figur 13) som for det meste domineres av skog (Tabell 6). Nedbørfeltet ligger på heia øst for Audnedalen og 90 % av feltet ligger høyere enn 200 moh. Den nederste delen av feltet ligger i en dalside der bekken renner inn i Audna ved ca 16 moh. Det er relativt mange innsjøer i nedbørfeltet, og de utgjør tilsammen 7,4 % av nedbørfeltarealet. Gjennomsnittlig vannføring ved utløpet til Audna er beregnet til å være 522 l/s, mens alminnelig lavvannføring og 5-års flom er beregnet til henholdsvis 16 l/s og 9,2m³/s. Anadrom fisk kan vandre 375 m opp i Erseidbekken, noe som gir et produksjonsareal på omtrent 1500 m² (Barlaup og Raddum 2000). Det ble påvist ørret i bekken under prøvefiske i 1999 (Barlaup og Raddum 2000). Det er mulig det også gyter noe laks i bekken i dag, basert på en gradvis bedring i vannkemi og god oppgang av laks i hovedelva siden forrige undersøkelse.



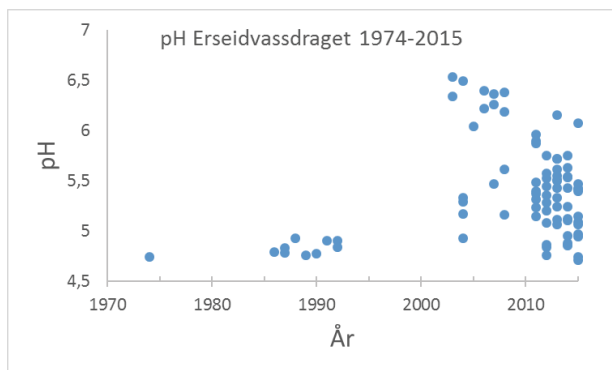
Figur 13. Nedbørfeltet til Erseidbekken.

Vannkvaliteten i Erseidvassdraget har gått fra å være kronisk sur til å bli gradvis bedre som følge av redusert påvirkning fra sur nedbør. I perioden før 2000 kunne vassdraget karakteriseres som kronisk surt med pH-målinger konsekvent under 5 (Figur 14). Ved en gradvis redusert påvirkning fra sur nedbør viser målingene den siste tiden betydelig forbedring med flere målinger godt over pH 6 (Figur 15). Det måles imidlertid fortsatt periodevis lav pH og også til dels høye konsentrasjoner av labilt aluminium (LAI), spesielt vinter og vår (Figur 15). Det er vist at smolt som er eksponert for LAI-konsentrasjoner helt ned mot 5 µg/l kan ha en redusert sjøoverlevelse på 25-30% (Kroglund et al. 2005). Kun én av 53 vannprøver tatt i perioden 2011-2015 har verdier under 5 µg/l. Klassegrensen for god/moderat tilstand etter

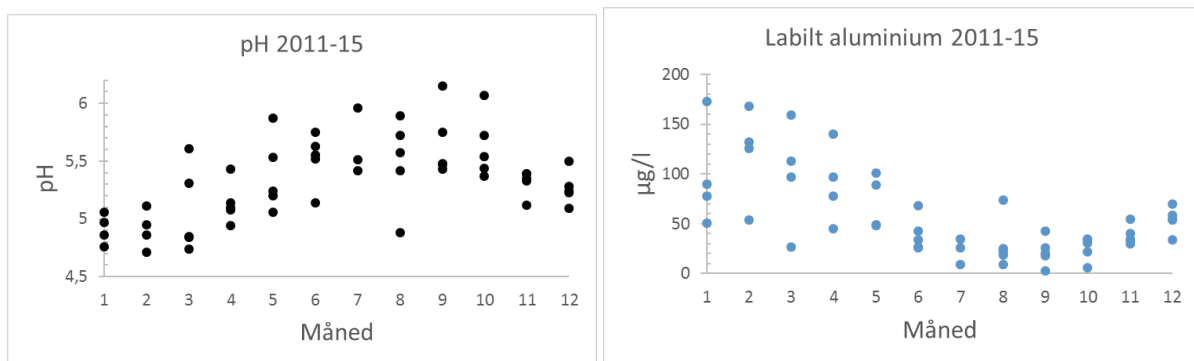
vannforskriftens klassifiseringssystem for uorganisk aluminium (LAI) i elver er 10 µg/l. I Erseidbekken er de aller fleste LAI-konsentrasjonene høyere enn denne grensen.

Tabell 6. Arealfordeling i Erseidbakkens nedbørfelt.

Arealslag	Areal i %
Skog	79,8
Myr	6,5
Innsjø	7,4
Dyrket	2,1
Snaufjell	3,4
Urban	0,0
Annet	0,8
Totalt	100,0



Figur 14. pH fra Erseidvassdraget (Erseidbekken, Mærslandsvatnet, Heddevatnet, Stemvatnet og Søylevatnet) i perioden 1974-2015.



Figur 15. pH og labilt aluminium fra Erseidbekken i perioden 2011-2015.

3.2.2 Oppdraget fra Fylkesmannen

Kalkingsplanen skal inneholde:

- Forslag til kalkingsstrategi for hvert av vassdragene, inkludert vurdering av terrengkalking. Ulike alternativer skal beskrives med fordeler og ulemper.
- En kort beskrivelse av forventet effekt/nytte av kalkingen
- Prisoverslag for etablering og drift

3.2.3 Forslag til nye, alternative tiltaksstrategier

Målet for kalkingsplanen er å foreslå tiltak for å oppnå gode vannkjemiske forhold for laks i den anadrome delen av Erseidbekken. Det er også antatt at kalking her vil kunne bedre vannkvaliteten i hovedelva, spesielt i perioder med mye avrenning i vassdragets nedre deler. I tillegg vil en kunne unngå at det dannes en giftig blandsoner i hovedelva nedstrøms samløpet. Motivasjonen for kalking av Erseidbekken er derfor å bedre produksjonen av laks i bekken og motvirke dannelse av giftige aluminiumsblandsoner i hovedelva nedstrøms samløpet.

Vi har valgt å sette pH-målet til 6,4 i smoltperioden, til 6,2 i presmoltperioden og til 6,0 resten av året, slik målene er satt for hovedelva. For terrengkalking er målet å holde potensielt giftig aluminium tilbake i terrenget, og pH-målet for å oppnå dette kan være lavere enn ved vassdragskalking. Vi velger derfor å bruke erfaringstall for optimale kalkdoser framfor å sette konkrete pH-mål for terrengkalking.

Tidspunkt for smoltutvandringen varierer, og vil antagelig være påvirket av elvetemperatur, slik som de omkringliggende laksevassdragene (Haraldstad et al. 2013, 2016). I første omgang anbefales bruk av data fra Mandalselva, men en må anta at Audna har en raskere oppvarming om våren og en raskere endring av vannføring ved økende nedbør. Dette er miljøvariabler som ofte er avgjørende for smoltutvandringstidspunkt. For å få en mer økologisk relevant avgrensning av perioden med forhøyet pH-mål, anbefales det en studie av smoltutvandringstidspunkt i Audna.

På bakgrunn av de vannkjemiske målingene de siste 5 årene, har Erseidbekken mest sannsynlig behov for tilførsel av kalk store deler av året. Vassdraget har forholdsvis høy konsentrasjon av TOC (4,5 mg/l), noe som øker kalkbehovet. Det er beregnet et årlig kalkforbruk basert på de pH-målene som er satt og at pH heves fra pH 4,7 om våren og fra 5,4 resten av året. Se mer om dette i avsnittet «Anbefaling om valg av tiltaksstrategi».

Vi anbefaler å avgifte vannet med kalk og ved bruk av en kalkdoserer plassert i hovedvannstrengen, så nær lakseførende strekning som mulig. Da kan kalkeffekten optimaliseres og en unngår overdosering. Dosereren bør likevel ikke plasseres så nær anadrom strekning at kalken ikke løses godt opp eller at vannkjemien kan stabiliseres.

I tillegg til kalkdosering, har vi vurdert terrengkalking. Erseidbakkens nedbørfelt er godt egnet til dette.

Alternativ 1

Plassering av doserer i dalbunnen der bekken krysser Fv 460. Nærhet til fylkesveien gir lett adkomst for kalktransport, men ved dette alternativet vil dosereren stå i anadrom strekning. En vil antagelig ikke få god nok innblanding av kalken i bekevannet og målet om god vannkvalitet i hele den anadrome delen av sidevassdraget vil trolig ikke bli oppfylt.

Alternativ 2

Plassering av doserer øst for Hovåsen. Dette alternativet er omtrent 800 m oppstrøms alternativ 1, og en vil dermed oppnå målet med god vannkemi på hele den anadrome strekningen. Det går en skogsbilvei fra Erseid og nord for Hovåsen. Denne trenger betydelig opprusting om det skal være mulig å etablere et

anlegg her. Opprusting av 600 m vei i forbindelse med dette anlegget gir antagelig for høye kostnader for dette alternativet.

Alternativ 3

Plassering av doserer ved krysset Mæreslandsveien/Holumslandsveien (Figur 16). Plassering ved dette punktet gir god innblanding frem til anadrom strekning. Nedstrøms nedbørfeltareal utgjør omtrent 13% av det totale feltet og vil ikke by på store problemer med tanke på overdosering. Mæreslandsveien er farbar for kalktransport. Ved dette alternativet vil dosereren bli stående om lag 100 m sørøst for bekken og omtrent 20 m høyere i terrenget enn bekken. Før å få kalken ut i vassdraget må en enten pumpe vann opp fra bekken, bore en egen brønn eller benytte en liten bekk som renner inn fra sørøst. Det siste alternativet er antagelig den minst kostbare løsningen. Vi er likevel usikre på om denne vanntilførselen er tilstrekkelig stabil i perioder med lite nedbør. Dette lokale feltet er 1,6 km² med to-tre små tjern.



Figur 16. Lokalitet for plassering av doserer ved Mæresland (Alternativ 3).

Alternativ 4

Plassering av doserer ved utløpet av Mæreslandsvannet (Figur 17). Dette alternativet er noe høyere opp i vassdraget, og nedstrøms areal blir da 29 % av totalarealet. Dosering her vil gi en overdosering, men det er gode innblandingsforhold. Bekkestrekking frem til anadrom strekning er på 1,8 km, og høydeforskjell er på om lag 200 m. Mæreslandsveien samt den lille veien frem til utløpet av Mæreslandsvann er farbar for kalktransport. Nærmeste strømtilførsel er omtrent 70 m unna.

Alternativ 5

Terrengkalking med grovdolomitt er vurdert som aktuelt. Med et nedbørfelt på 12,2 km² og en middeldose på 2 tonn/ha, blir kalkmengden 2500 tonn. En del arealer bør unntas fra kalking, bl.a. innsjøer, dyrka mark og bebygde områder (Tabell 6), og den faktiske kalkdosen for de arealene som kalkes blir 2,3 tonn/ha. Vi har her ikke tatt stilling til om enkelte myrområder bør unntas fra kalking. Hvis kostnaden er 2000 NOK/tonn kalk, blir kostnaden for tiltaket 5 mill. NOK. Fordelt på en effektperiode på 25 år blir årlig kostnad 200.000 NOK.



Figur 17. Lokalitet for plassering av doserer ved utløpet av Mæreslandsvannet (Alternativ 4).

Anbefaling om valg av tiltaksstrategi

Både alternativ 3 og 4 egner seg godt for plassering av en kalkdoserer. Valget mellom disse alternativene avhenger hovedsakelig av byggekostnadene.

For disse lokalitetene vil det være tilstrekkelig med kalk av typen kategori 3 (50 % av kalken er mindre enn 10-19 μm). Vi forventer god innblanding i strykene fra doseringspunktet og ned til androm strekning. Det beregnes en CaCO_3 -dose på 2,5 g/ m^3 for å øke pH fra 4,7 til 6,2 og 2,7 g/ m^3 for å øke fra pH 4,7-6,4. Regnes nær 100 % CaCO_3 og 80 % oppløsning vil det totale forbruket bli 50 tonn/år. Med en anslått tonnpris for kalken på 900 kr, utgjør dette en årlig kostnad på ca 45000 kr. Det er lite erfaring med mindre kalkdoseringsanlegg, både når det gjelder drift og kostnader. Imidlertid utvikles det for tiden metoder for småskala-dosering, og det antas her at slike anlegg finnes i markedet. Vi mener at prisen på slike anlegg ikke bør overskride ca. 1/3 av etableringskostnaden for store anlegg.

Det er også aktuelt med terrengkalking, men for Erseidbekken mener vi at det i utgangspunktet ikke er spesielle grunner til å velge dette alternativet. En vil imidlertid kunne erstatte all kalkdosering og dermed slippe driften av et doseringsanlegg.

4 Referanser

- Haraldstad, T., Kroglund, F., Kristensen, T., Jonsson, B., Haugen, T.O. 2016. Diel migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. Ecology of Freshwater fish, DOI:10.1111/eff.12298
- Hindar, A., Kaste, Ø. and Kroglund, F. 2005. Optimalisering av avsyringstiltak i Audna, Lygna og Kvina. NIVA-notat, 18.02.2005, 9 s.
- 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., 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.
- Høgberget, R., 2012. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport 2011. NIVA. Rapport l. nr OR-6370. 21 s.
- Høgberget, R., 2016. Optimalisering av silikatdosering i Vest-Agder. NIVA-rapport 7055.
- Kaste, Ø, Kroglund, F. Høgberget, R & Skancke, L.B. 2006. Silikatdosering i Logåna, Mandalsvassdraget. En oppsummering av FoU-virksomheten 2004-06. NIVA-rapport 5319, 45 s.
- Kaste, Ø. og Kroglund, F. 2005. Oppfølgende undersøkelser i Logåna 2005. NIVA-notat 12.09.2005, 9 s.
- Kaste, Ø., Kroglund, F. & Enge, E. 2000. Revidert kalkingsstrategi for Audnavassdraget i Vest-Agder NIVA-rapport 4273, 38 s.
- Kaste, Ø., Kroglund, F. & Hindar, A. 2003. Vurdering av avsyringsstrategier for Høyeåna og Songåna i Mandalsvassdraget. NIVA-notat 18.8.03, 15 s.
- Kaste, Ø., Kroglund, F. & Høgberget, R. 2007. Forslag til forsøksprosjekter med silikatdosering i Kvina, Lygna og Audna NIVA-notat 6.3.2007, 7 s.
- Kroglund, F. & Kaste, Ø. 2002. Forsuringsstatus og tiltaksplan mot forsuring i Nedre Otra, Vest-Agder NIVA-rapport 4588, 31 s.
- Kroglund, F., Høgberget, R. and Kaste, Ø. 2005. Silikat-dosering i Logåna, Mandalsvassdraget. Vannkjemi, fiskeforsøk og vurdering av dosemaal. NIVA-notat 04.01.2005, 24 s.
- Kroglund, F., Høgberget, R., Hindar, K., Østborg, G. M., Balstad, T. 2008. Laks og vannkvalitet i Otra 1990-2006. Norsk institutt for naturforskning, rapport 326. 49 s.
- Miljødirektoratet. 2014. Register over leverandører av kalk, utstyr og tenester for kalking av vatn og vassdrag 2013. Rapport M109-2014.
- Miljødirektoratet. 2016. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør – Tiltaksovervåking i 2015. Rapport M582-2015.

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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