

Hovedkontor
Gautstadalleen 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

NIVA Region Midt-Norge
Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Songeelva som potensiell lakseprodusent og kalkingslokalitet.	Løpenr. (for bestilling) 6597-2013	Dato 01.04.2014
	Prosjektnr. Undernr. 13225	Sider Pris 12
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Froland kommune	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

Sammendrag

Songeelva er en periodisk sur sideelv til Nidelva i Arendalsvassdraget. Elva er under utredning av kalkingsstiftelsen som mulig framtidig lakseprodusent. Automatiske pH- og vannstandsmålinger i 2013 har avdekket et dynamisk mønster av forsuringsepisoder. Loggen viser at elva har en viss grad av bufferevne mot forsuring, men pH blir kraftig redusert ved store flommer. En må anta at elvevannet da inneholder konsentrasjoner av giftig, labilt aluminium som kan overstige skadelige nivåer for laks. Vannkvaliteten normaliserer seg raskt etter sur-episoder. Det tar vanligvis 0,5-1 uke før pH igjen er over antatt grensenivå for forsuringseffekter på laks. Kalkingsbehovet ved bruk av Biokalk var gjennomsnittlig 1,1 m³ pr. flomepisode, men mangelfulle kjemidata gjør estimatet noe usikkert. Med bakgrunn i de forhold som er avdekket vurderes likevel elva som et meget godt kalkingsobjekt dersom man ønsker å utnytte elvas potensial som lakseprodusent. pH-styrt dosering anbefales fordi kalkingsbehovet først og fremst er knyttet til kortvarige forsuringsepisoder.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Overvåking	1. Monitoring
2. Vassdrag	2. River system
3. Kalkdosering	3. Lime dosing
4. Måleteknikk	4. Measuring technique



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

Songeelva som potensiell lakseprodusent og kalkingslokalitet

Forord

Etter oppdrag fra kalkingsstiftelsen for kalking av Arendalsvassdraget ved Martin Due Tønnesen er det gjennomført innsamling av automatiske miljødata i Songeelva sommeren og høsten 2013. Våren 2014 ble det også bestilt en enkel rapport med analyser av dataene og vurdering av mulige kalkingstiltak.

Froland kommune ved Kai Bakken har stilt lokale og nettstrøm til disposisjon for loggeutstyret. Froland kommune stilte også Øyvind Tjomsland til disposisjon den 20. juni ved montering av utstyret i elva. Takk til disse for god hjelp ved den praktiske prosjektgjennomføringen.

Grimstad, 01.04. 2013

Rolf Høgberget

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Materiale og metode	7
2.1 pH	7
2.2 Vannstand	7
2.3 Logistikk	7
2.4 Kjemisk vannkvalitet	7
3. Gjennomføring og resultater	8
4. Diskusjon	10
4.1 Forsuringsdynamikken	10
4.2 Kalkdosering	10
4.2.1 pH-styrt dosering	11
4.2.2 Vannføringsstyrt dosering	11
4.2.3 Anbefaling	11
5. Referanser	12

Sammendrag

Songeelva er en periodisk sur sideelv til Nidelva i Arendalsvassdraget. Kalkingsstiftelsen for Arendalsvassdraget utreder for tiden elva som mulig framtidig lakseprodusent. Et ledd i utredningen var etablering av automatiske pH- og vannstandsmålinger i 2013.

Loggen av pH og vannstand i Songeelva har avdekket et dynamisk mønster av forsuringsepisoder som tidligere sporadisk ble registrert gjennom vannprøver. Loggen viser at elva har en viss grad av bufferevne mot forsuring. Dette innebærer en stabil høy pH ved normal vannføring. Imidlertid blir pH kraftig redusert ved store flommer. En må anta at elvevannet da inneholder giftige mengder labilt aluminium.

Elva har stor evne til reetablering av normal vannkjemi etter sur-episoder ved flom. Det tar vanligvis 0,5-1 uke før pH igjen er over antatt grensenivå for forsuringseffekter på laks. En beregning av eventuelt kalkingsbehov viser at avsyringsbehovet ved bruk av biokalk er ca. 1,1 m³ pr. flomepisode.

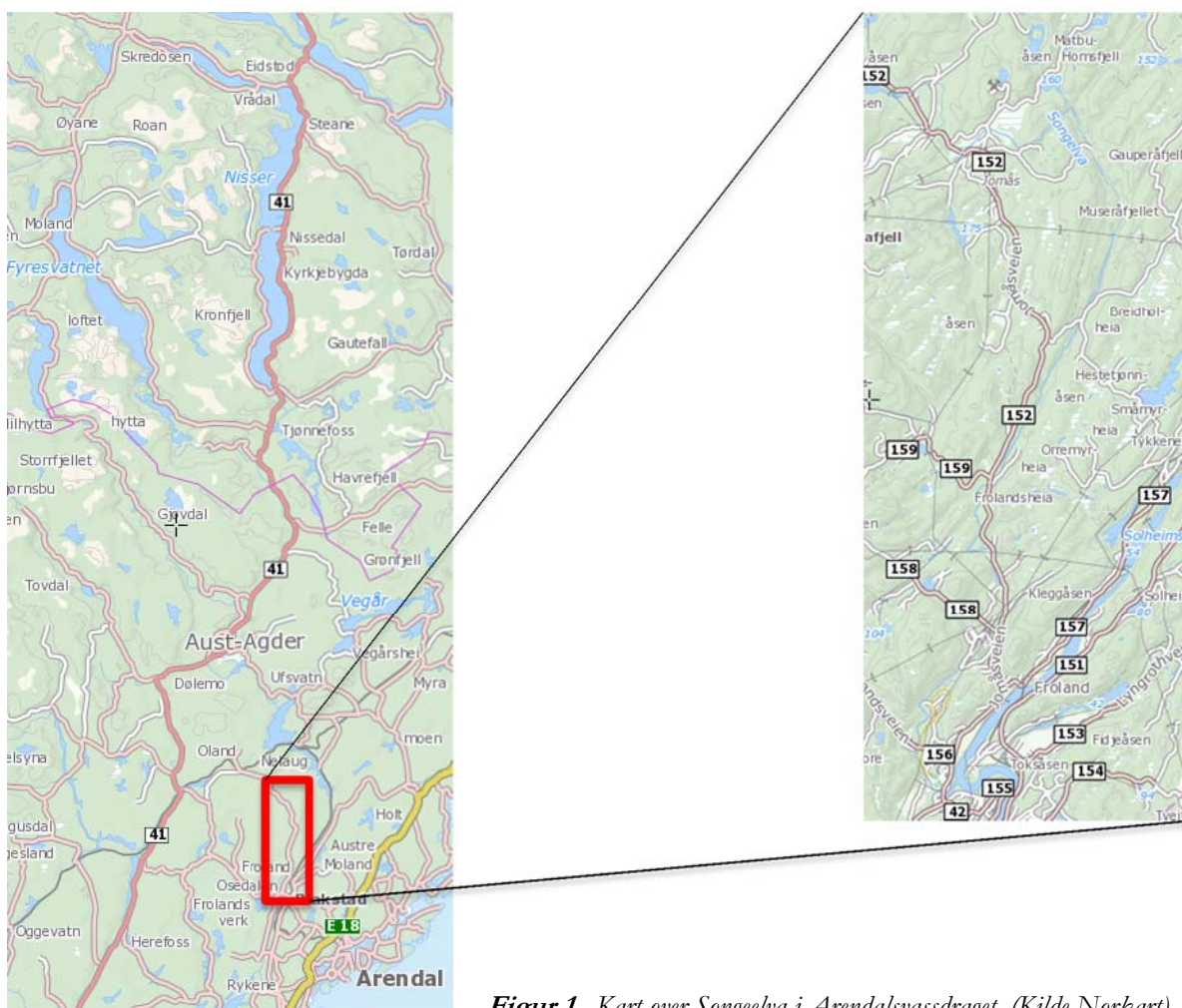
Kalkingsbehovet er imidlertid varierende i forhold til innholdet av giftig aluminium i elvevannet ved flom. Da kjemisk oppfølging av flomepisodene mangler, er denne faktoren ukjent. Med bakgrunn i de forhold som er avdekket gjennom pH- og vannstandsloggen vurderes likevel elva som et meget godt kalkingsobjekt dersom man ønsker å etablere elva som lakseprodusent.

1. Bakgrunn

Songeelva er en sideelv til Nidelva. Nedbørfeltet er 73 km². Elva har et godt potensiale som gyte- og oppvekstområde for laks, med en potensiell gytestrekning på totalt 13 km (Gustavsven 2012). Det foregår laksgyting i elva, men elva er periodisk sur (Høgberget 2012). Det er etablert en fast overvåkingsstasjon for fisk i Miljødirektoratets kalkingsovervåking i Arendalsvassdraget. Resultatene fra el-fisket i overvåkingsprogrammet er publisert i DN-notatserien «Kalking i laksevassdrag. Tiltaksovervåking». Det er dokumentert periodevis tilstedeværelse av lakseyngel og parr i elva. Høyeste registrerte tetthet er 14,3 laks/100 m² (DN 2010). Dette er likevel klassifisert som svært dårlig bestand (Miljødirektoratet 2013)

Et nytt argument for utnyttelse elva som lakseprodusent er aktualisert gjennom registrering av smoltutvandringen i Nidelva ved Rygenefossen. Denne undersøkelsen viste at det bare utvandret ca. 3400 smolt i 2013, noe som er langt lavere enn forventet (Kroglund mfl. 2013). En god produksjon i Songeelva vil bidra til å øke samlet lakseproduksjon i Nidelva. Elvas plassering i Arendalsvassdragets nedre del er vist i *Figur 1*.

Som et ledd i en mulig restaurering av lokaliteten som lakseprodusent, er det i 2013 gjennomført en kontinuerlig overvåking av pH og relativ vannstand for nøyaktig registrering av tidsintervaller og intensitet av forsurende episoder.



Figur 1. Kart over Songeelva i Arendalsvassdraget. (Kilde Norkart)

2. Materiale og metode

20. juni 2013 ble det etablert en automatisk pH-overvåkingsstasjon i Songeelva ved brua over til Stimoen. Et elektroskap med logger, GSM-modem og signalomformere ble montert inne på en kommunal pumpestasjon på østsiden av brua. Vannstandsmåler, flottør med pH-element og forsterker ble montert på vestsiden av elva. Nødvendige ledninger ble strekt mellom disse og pumpestasjonen.

2.1 pH

pH ble målt med et egenutviklet utstyr bestående av en pH-forsterker bygget sammen med en sløyfematet isolator og logger (Høgberget 2008a). Det ble benyttet en Hamilton Polilye Plus 120 pH-elektrode. Til kalibrering av målingene ble det benyttet buffer med pH 4 og 7. Det ble benyttet to kalibrerte feltpH-metere (WTW 3310 pH-meter og Hamilton Polilye Plus 120 pH-elektrode) til prosesskalibrering av måleverdier.

2.2 Vannstand

Vannstanden ble målt med en egenutviklet vannføringsmåler (Høgberget 2008b). Siden vannføringsmålinger ikke er gjennomført i elva, ble signalet levert som vannstand over 0-nivå (ingen vannføring) i elva. Vannføringsverdier som er benyttet i rapporten er utledet fra NVEs målestasjon i Lilleelv, (nr.: 19.107.0) ca. 10 km syd for Songeelva. Sammenhengen mellom vannstanden i Songeelva og vannføringen i Lilleelv i 2013 danner grunnlaget for vannføringsberegningene: Vannføring Songeelva = 0,052 X vannføring Lilleelv – 0,57. Selv om avstanden mellom de to elvene er liten, fungerer de hydrologisk relativt forskjellig, da det i Lilleelvs nedbørfelt er langt større innslag av innsjøoverflater. Kvaliteten på vannføringsverdiene som er benyttet for Songeelva er derfor relativt lav ($R^2 = 75$), og videre beregninger basert på vannføringsestimaterne må derfor betraktes som relativt usikre.

2.3 Logistikk

Stasjonen logget pH og relativ vannstand (0-200 cm) hvert minutt. Hver time ble gjennomsnitt-, maksimum- og minimumsverdier lagret. Dataloggen ble ekstra sikret ved at det ble overført data til sentral server på NIVA hvert døgn via telenettet. Grafen for pH-utviklingen ble ettersett tre ganger i uken ved at stasjonen ble tilknyttet NIVAs system for driftskontroll av kalkdoseringsanlegg (Høgberget og Hindar 1998). pH ble kontrollert mot to justerte felt-pH-metere i alt 5 ganger i løpet av loggeperioden. Disse målingene ble benyttet til etterjustering av pH-logg og på denne måten kvalitetssikret. Rengjøring og prosesskalibrering i felt ble gjennomført samtidig ved behov. Den automatiske pH-overvåkingsstasjonen ble driftet fra midten av juni til islegging i 2013.

2.4 Kjemisk vannkvalitet

Det ble tatt en stikkprøve for kjemisk analyse i etterkant av en flom. Det ble da analysert på pH, alkalitet, total organisk karbon (TOC), Reaktivt aluminium (Al/R), ikke labilt aluminium (Al/II) og kalsium (Ca/ICP).

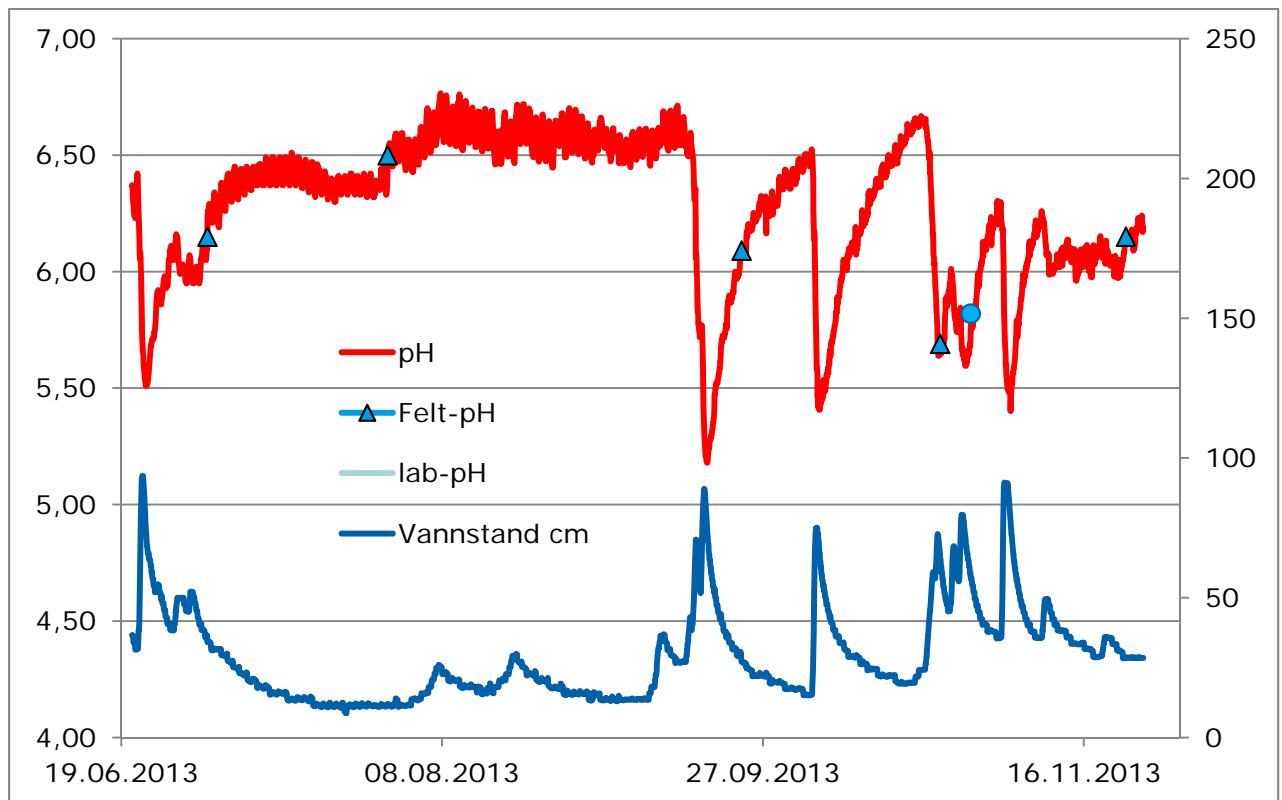
3. Gjennomføring og resultater

Målestasjonen ble montert mindre enn en uke etter etablering av prosjektet. Årsaken til den raske monteringen var værmeldinger om forventet store nedbørmengder. pH ble umiddelbart etter montering målt til 6,3 i elva. Det begynte å regne 21. juni. Allerede om morgenen 22. juni ble vannstanden målt til 94 cm ved kulimineringspunktet (beregnet vannføring 8 m³/s). 11 timer senere kulminerte pH på 5,5, en reduksjon på 0,8 i løpet av ca. ett døgn. pH økte imidlertid raskt etter dette og passerte pH 6 ca. en halv uke senere. Vannføringen var da fortsatt relativ høy (2,8 m³/s).

pH i Songeelva forble høy gjennom hele sommeren selv om vannføringen økte i forbindelse med regnvær 3 ganger (7. august, 18. august og 11. september). Imidlertid oppsto en stor flom 17. september. pH ble da redusert fra 6,5 til 5,1. Også denne gangen økte pH raskt etter flommen, selv om økningen var tregere enn ved juni-flommen, (5 dager fra pH 5,1 til 6). Samme mønster gjentok seg ved en flom 5. oktober. pH ble da mindre redusert, (pH 5,3), mens pH-økningen i etterkant likevel tok noe lengre tid (7 dager).

En regnværperiode med gjentatte flommer begynte siste uke i oktober og varte i ca. 14 dager. pH var da periodevis meget lav. Verdier i området pH 5,2-5,3 ble registrert tre ganger. Det ble heller ikke tilstrekkelig tid til etablering av normalt pH-nivå mellom hver flom. Etter siste flom økte pH til rundt 5,9-6, men videre økning gikk meget langsomt. Etter ca. tre uker var pH imidlertid øket til 6,3. Hele forløpet er gjengitt i **Figur 2**

I forbindelse med regnværperioden ble det tatt vannprøver for kjemisk analyse 29. oktober. Prøven ble tatt i etterkant av en flom, da det ved nedadgående flom ofte registreres avtakende farge (TOC) (Haaland, S., Mulder, J 2009) og økende nivåer av giftig aluminium. Kjemiverdiene er gjengitt i **Tabell 1**.



Figur 2. Kontinuerlig pH og vannstand i Songeelva fra 20. juni til 17. desember 2013. pH er kalibrert mot feltnmålinger foretatt ved triangelmarkeringene. pH målt på laboratorium er markert med ring.

Tabell 1. Resultater av vannkjemiske prøver 29. oktober 2013.

pH	ALK	TOC	Al/R	Al/Il	Ca/ICP
pH	mmol/l	mg C/l	µg/l	µg/l	mg/l
5,82	0,053	9,4	152	140	1,29

4. Diskusjon

4.1 Forsuringsdynamikken

Logging av pH og vannstand i Songeelva har avdekket dynamikken i de periodiske forsuringsepisoder som tidligere kun er registrert gjennom manuelle pH-målinger foretatt av Froland kommune. Disse avdekket surt vann ved enkelte tilfeller (Høgberget 2012) og stikkprøver i forbindelse med vannkvalitetsundersøkelser (Kaste og Håvardstun 1999). Alkalitet og kalsium ble imidlertid ikke analysert i disse prøvene. I prøven fra 29. oktober 2013 var alkaliteten 0,053 mmol/l og kalsiuminnholdet 1,29 mg Ca/l. Dette antyder at elva har en viss bufferevne mot forsuring. Prøven ble tatt ved høy vannføring i etterkant av en flom, en situasjon med antatt klarnende elv og lav TOC. Dette reduserer innholdet av organisk bundet aluminium, og øker innholdet av labilt aluminium. Stikkprøven, 29. oktober, viste imidlertid påfallende lite labilt aluminium (12 µg Lal/l) og nokså høy TOC. (9,4 mg/l). Også prøvene fra 1998 viste høy TOC ved lav pH **Tabell 2**.

I sommersituasjoner med stabilt lave vannføringer er pH i elva høy. Imidlertid blir pH kraftig redusert ved store flommer. En må da anta at elvevannet kan inneholde langt mer giftige labilt aluminium enn det som er påvist gjennom den enkeltstående prøven fra 29. oktober 2013 der pH var 5,8.

Elva har stor evne til å gjenopprette tilnærmet normal pH kort tid etter sure episoder ved flom. Det tar vanligvis 0,5-1 uke før pH igjen er over antatt grensenivå for forsuringseffekter på laks. Et prøvetakingsprogram tilpasset forsuringsforløpet ved flommer bør gjennomføres for å få bedre oversikt over aluminiumskjemien under flommer. Kalkdosene til elva bør så tilpasses etter dette.

Tabell 2. Kjemiverdier fra Songeelva i 1998. Viktige parametere for å bedømme forsuringnivået, aluminium og fraksjoner av aluminium, alkalitet og kalsium var imidlertid ikke en del av parametervalget i denne undersøkelsen.

Dato	pH	KOND	TOTN	NO ₃ -N	TOC	K	TOTP	PO ₄ -P	NH ₄ -N	FARGE
		mS/m	µg/l N	µg/l N	mg/l C	mg/l	µg/l P	µg/l P	µg/l N	mg Pt/l
19.05.1998	6,27	3,35	395	175	4,3	0,66	9	1	19	26,7
16.06.1998	6,25	2,81	350	109	5,6	0,5	8	2	8	39,9
14.07.1998	6,36	3,14	550	240	6,8	0,61	17	6	25	53,2
18.08.1998	6,31	2,77	460	135	8,1	0,55	11	3	20	67,4
15.09.1998	5,55	2,66	500	113	10,2	0,5	14	3	32	79,1
13.10.1998	6,07	2,99	490	210	7,4	0,69	9	3	15	59,5

4.2 Kalkdosering

Ved normalvannføringer er elva ikke sur, og den har stor evne til rask pH-økning etter flommer. Dette gjør elva til et meget godt kalkingsobjekt. Kartlegging av denne dynamikken har gitt verdifull informasjon om hvordan Songeelva eventuelt kan kalkes. Beregninger av vannføringen på grunnlag av verdier fra NVE-målestasjon, Lilleelv, og relativ vannstandsmåling som automatisk logg med timesverdier, er grunnlaget for beregning av doseringsbehovet nedenfor. Kalsiumkarbonat-dosene er beregnet på grunnlag av titeringskurve for vann med høy TOC, >5 mg/l (Haraldstad mfl. 2012). Ut fra disse beregningene er det estimert doseringsbehov som Biokalk-tilsetning (Hustadmarmor) i den perioden det finnes pH- og vannstandslogg.

4.2.1 pH-styrt dosering

Ved bruk av pH-styrt dosering, og en innslagsverdi for start kalking på $\text{pH} < 6,1$, vil behovet være $6,7 \text{ m}^3$ biokalk for hele den loggete perioden. Kalkbehovet er fordelt på seks perioder med doseringsbehov.

Grovt regnet vil det gå ca. $1,1 \text{ m}^3$ Biokalk pr. episode. Antall episoder vil variere fra år til år, men vannføringsloggen fra Lilleelv viser at det i 2013 ikke var mer enn 8 episoder totalt hele året.

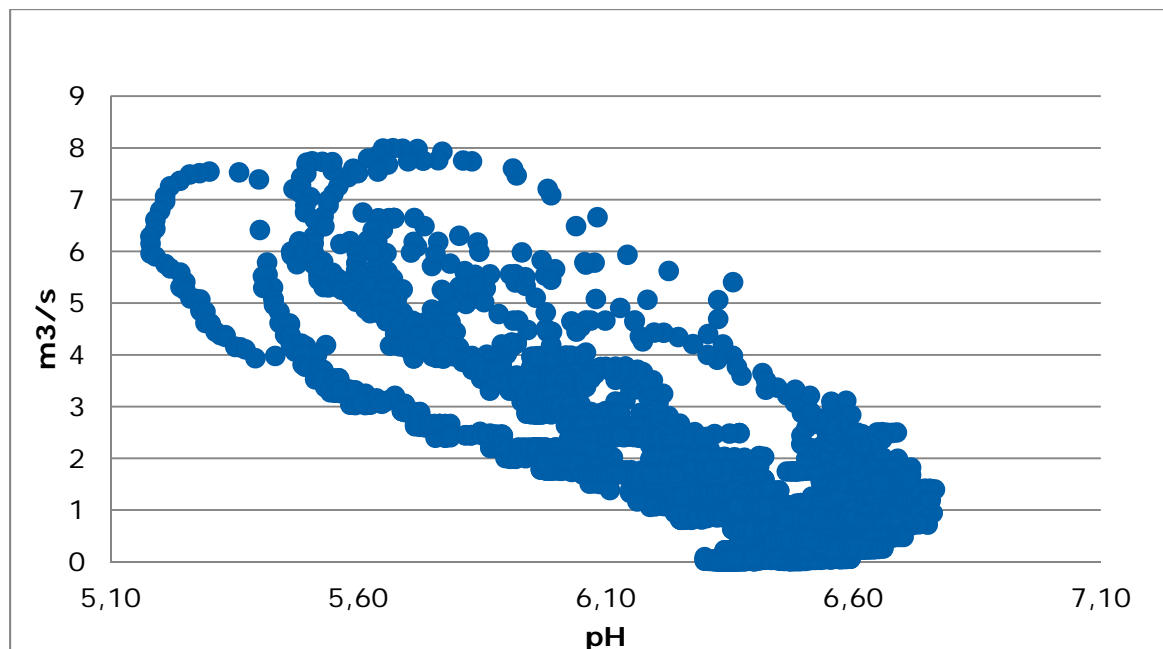
Vannføringstall fra en sideelv til Mandalselva, Logåna, viser at antall flomeepisoder gjennom de fem siste år varierte mellom 8 og 15. Dette antyder hvordan totalt kalkingsbehov vil variere fra år til år.

4.2.2 Vannføringsstyrt dosering

I **Figur 2** synes det som om det er en meget god sammenheng mellom vannstandsøkning og pH-reduksjon, og omvendt. Imidlertid viser et plott av vannføring sammenholdt mot pH meget stor variasjon i pH ved gitte vannføringer. Eksempelvis vil pH ved en vannføring på $3 \text{ m}^3/\text{s}$ variere i intervallet $\text{pH} 5,6 - 6,6$ (**Figur 3**). Dette er langt høyere enn pH-grensen for utløsning av kalkingskrav i samtlige sørlandselver. Den dårlige sammenhengen mellom vannføring og pH gjør dermed vannføringsstyrt dosering til en lite egnet metode.

4.2.3 Anbefaling

Med bakgrunn i de forhold som er avdekket gjennom pH- og vannstandsloggen vurderes elva som et meget godt kalkingsobjekt dersom man ønsker å etablere elva som lakseprodusent. pH-styrt dosering vil være den beste kalkingsmetoden, men pH-grensen for kalkingsbehov bør ikke fastsettes før det er innhentet tilstrekkelig data omkring aluminiumskjemien i elva. Stikkprøven 29. oktober antyder relativt lave labile aluminiumsverdier ved synkende pH. Dersom dette er det generelle bildet, vil kalkingsbehovet være lavere enn beregnet.



Figur 3. pH sammenholdt med estimert vannføring i Songelva i 2013. Figuren viser at det er lav sammenheng mellom pH og vannføringen.

5. Referanser

Direktoratet for naturforvaltning, 2009. Kalking i laksevasdrag. Effektkontroll i 2009. Sammendragsrapport. Notat 4-2010.

Gustavsen, P. Ø. 2012. Kvalitetssikring av lokale kalkingsprosjekter i Froland kommune 2012. Gustavsen naturanalyser rapport 7, 2012.

Haraldstad, T., Åtland, Å., Hindar, A., Wright, R.. 2012. Kalkingsplan for Modalselva I Hordaland. NIVA-rapport 6451.

Høgberget, R. 2008a. pH-styrt syredosering til elv. NIVA-rapport 5575.

Høgberget, R. 2008b. Detaljert beskrivelse av doseringssystem for kjemisk behandling av hele vassdrag. NIVA-rapport 5626.

Høgberget, R. 2012 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2011. NIVA-rapport 6344.

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA-rapport 3824.

Haaland, S., Mulder, J. 2009. Controls on the flux of Dissolved Organic Carbon (DOC) from small, shallow heathland catchments, S. Norway in summer and autumn. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-8610.

Kaste, Ø., Håvardstun, J. 1999. Vannkvalitetsundersøkelse i Nidelva, Aust-Agder 1998. NIVA-rapport - 4029.

Kroglund, F., Haraldstad, T. og Güttrup, J. 2013. Bruk av isløpet som utvandningsrute for laks ved Rygene kraftverk, Nidelva. NIVA-rapport 6592.

Miljødirektoratet 2013. Klassifiseringssystem for fisk – økologisk tilstand og miljøvirkninger i henhold til Vannforskriften. M22-2013.

Miljødirektoratet 2013. Vannforskriften og fisk– forslag til klassifiseringssystem. M22-2013.

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