

RAPPORT

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 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2015	Løpenr. (for bestilling) 7035-2016	Dato 20.04.2016
	Prosjektnr. Undernr. 15132	Sider 17
Forfatter(e) Rolf Høgberget Tormod Haraldstad	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for Arendalsvassdraget	Oppdragsreferanse
---	-------------------

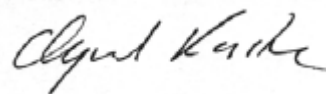
Sammendrag

Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2015) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det anbefales å bytte ut eksisterende radio-samband mellom pH-stasjonen nedstrøms anlegget og doseringsanlegget. Årsaken er usikker deleleveranse ved behov for service. Anleggets driftssikkerhet var god. Imidlertid ble det registrert flere tilfeller enn tidligere hvor pH ikke nådde målene som er satt. De fleste tilfeller var marginale, men uheldige avvik ble også registrert midt i utvandringstiden for smolt. Vannstandsmålingen med tilhørende vannføringsberegninger bør optimaliseres.

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



Prosjektleder


Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2015

Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget. Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt sett innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av driften av kalk-doseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i kalkingsprosjektet, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget etablert. En kontraktsfestet avtale om driftskontroll innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften ved en kortfattet avviksrapport hvert år. Avtalen innebærer også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som måler pH til styring av kalkdoser fra anlegget.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Jarle Håvardstun, Tormod Haraldstad, Liv Bente Skancke og Rolf Høgberget. Kartmaterialet i rapporten er utarbeidet av Jarle Håvardstun.

Prosjektet er støttet av Miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Agder. Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i vassdraget.

Grimstad, april 2016

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Driftskontrollsystemet	7
1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget	7
1.3 Rapporteringen	8
1.4 Ord og uttrykk	8
2. Driften av anlegget	11
3. Vurderinger og forslag til tiltak	14
3.1 pH og måloppnåelse	14
3.2 Vannføringsmålingene	14
3.3 Temperatur nedstrøms anlegget	16
4. Referanser	17

Sammendrag

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg ble satt i drift høsten 2005, og driftskontrollen ved anlegget ble etablert i mai 2006. Hensikten med etableringen var å skape stabil og god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget). Anlegget er det eneste i Arendalsvassdraget, og mye avhenger derfor av at det fungerer tilfredsstillende til enhver tid.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2015) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Driftskontroll-data ble samlet for alle relevante parametere gjennom hele perioden med unntak av temperaturen nedstrøms Bøylefoss. Årsaken til at dette ikke ble utbedret var en usikker reservedels-situasjon. Det anbefales å bytte til en ny type utstyr for overføring av pH- og temperaturdata fra Evenstad nedstrøms doseringsanlegget til styringsautomatikken på anlegget.

Det ble registrert relativt mange tilfeller der pH i hele eller deler av målområdet var under pH-målet. Særlig uheldig er ett av disse tilfellene som oppsto innenfor selve smoltutvandringsperioden. Dette kan ha gått ut over smoltkvaliteten. I de fleste tilfellene var avvikene imidlertid moderate og oppsto i deler av året hvor pH-kravene er lavere.

pH i Nidelva var store deler av sommeren så god at det ikke var behov for kalking fra anlegget. Slike forhold ble også registrert i 2014.

En stor flom i september avdekket at vannføringsmålinger ikke er mulig ved høy vannstand. Antagelig går da vannet over målehodet. Dette kan medføre funksjonssvikt. Vannføringsberegningene som blir gjort på svært høye vannstander er mest sannsynlig ikke reelle.

Summary

Title: Operation Report from lime doser in Arendal River, S Norway. Non-conformance report 2015.

Year: 2016

Authors Rolf Høgberget and Tormod Haraldstad

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6770-9

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve on and ensure a cost efficient liming. The information generated is an aid to operators, water managers and is extensively used for quality control issues.

This report summarizes discrepancies detected during 2015.

1. Innledning

1.1 Driftskontrollsystemet

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) og vannføringen ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998).

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.

pH-styring: pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktisk målte pH-verdier nedstrøms anlegget vises effektiviteten til anlegget.

1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget

De to store innsjøene Nisser og Fyresvatn ble kalket vinteren 1996/1997 og høsten 1997 med hhv. 10000 og 8000 tonn kalk. Samtidig ble vannkvaliteten i Nesvatn bygget opp med tiltak oppstrøms denne innsjøen. Høsten 2005 ble disse tiltakene supplert med kalkdoserer ved Bøylefoss i Frøland kommune. Målet med denne dosereren er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva. I dag er effekten av de to store innsjøkalkingene i Nisser og Fyresvatn borte og vannkvaliteten oppstrøm Bøylefoss må betraktes som ukalket (Hindar mfl. 2014).

Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad, se **Figur 1** Målet med kalkingen er at pH ved Rygene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 25.mai, 6,3 i perioden 25. mai -01. juni og over 6,0 ellers i året. Det forhøyede pH-målet om våren skyldes at laksesmolt er mer sårbar for lav pH enn de andre stadiene i laksens livssyklus. Tidspunktet for smoltifiseringen og smoltutvandringen fra elva vil variere mellom år, og er hovedsakelig bestemt av daglengde, elvetemperatur og vannføring. Smoltutvandringen vil de fleste år havne innenfor den angitte perioden med forhøyet pH mål i elva. På grunn av en sein vår og lave elvetemperaturer var smoltutvandringen ved Rygene sein i 2013 (Kroglund mfl. 2013). Perioden med forhøyet pH mål ble derfor forlenget til 14. juni. På bakgrunn av dette er det nå innført muligheter for justering av smoltperioden avhengig av elvetemperaturen om våren. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn ved Rygene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Kvaliteten av målingene sikres gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-laug) og jevnlig også annen oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rygene kvalitetssikres av NIVA for årlig publisering i DN-notatet «Kalking i laksevassdrag».

1.3 Rapporteringen

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i 2014. Det er tidligere utgitt seks driftskontroll-rapporter om kalkingsaktiviteten i elva:

- 4. mai - 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2007)
- 1. januar - 31. desember 2007 (Kaste, Håvardstun og Høgberget 2008)
- 1. januar - 31. desember 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009)
- 1. januar - 31. desember 2009 (Høgberget 2010)
- 1. januar - 31. desember 2010 (Høgberget og Tveiten 2011)
- 1. januar - 31. desember 2011 (Høgberget 2012)
- 1. januar - 31. desember 2012 (Høgberget 2013)
- 1. januar - 31. desember 2013 (Haraldstad og Høgberget 2014)
- 1. januar - 31. desember 2014 (Haraldstad og Høgberget 2015)

Denne rapporten omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2015

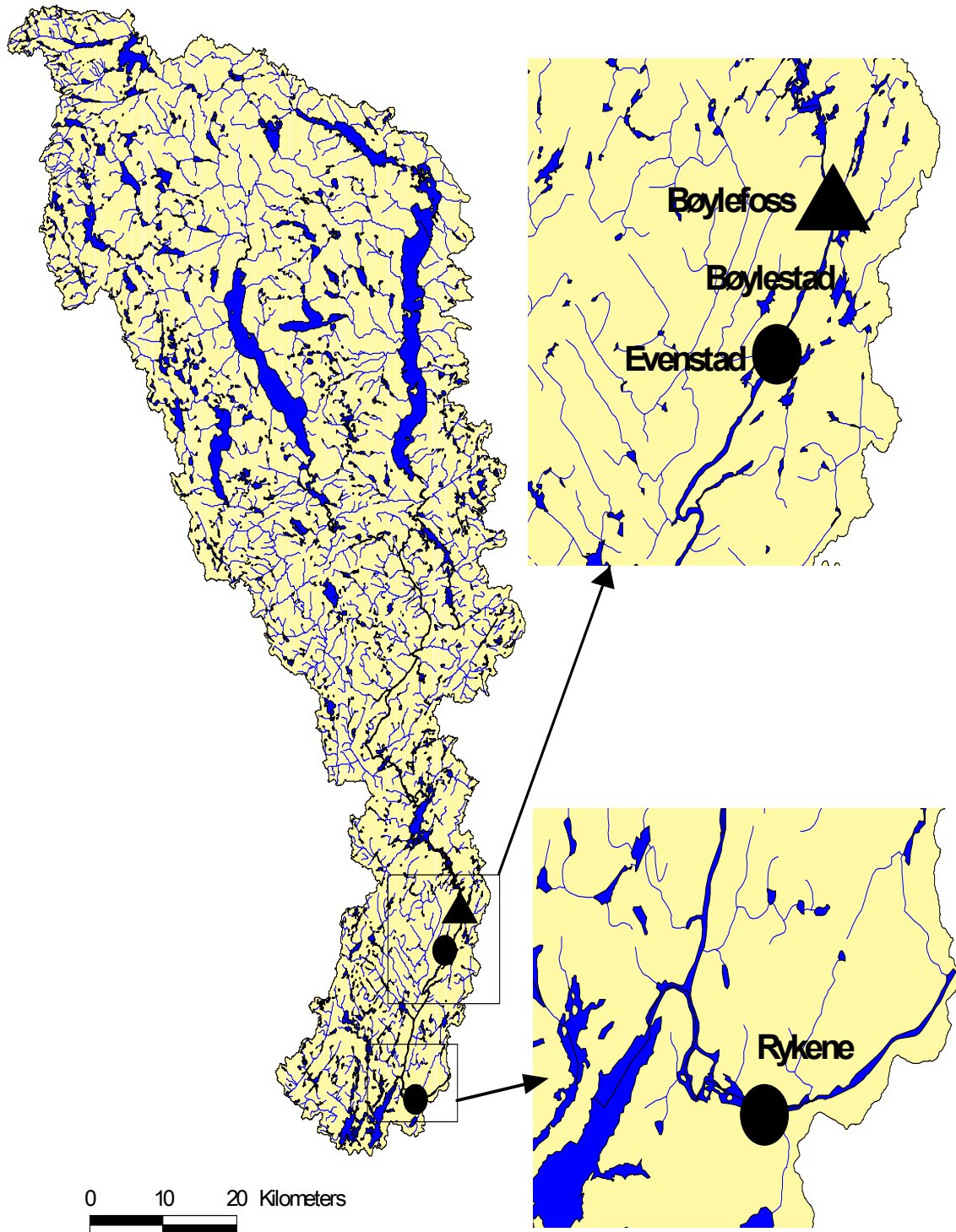
1.4 Ord og uttrykk

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som kan være vanskelig å forstå betydningen av. For å lette leserens forståelse av innholdet presenteres her en liste med ord og uttrykk som vanligvis benyttes i rapporteringen:

Ord/uttrykk	Forklaring
Dosering	Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest g/s, dosering per sekund.
Dose	Dosering av kalk per volum vann. Den vanligste enheten er g/m ³ , gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m ³ /s). Dette er den dosen anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m ³ .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert elva på grunnlag av kalkvektsreduksjon i beholdningstank/kalksilo per tidsenhet dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringsanlegget i samme tidsrom.
Timesdose	Den driftskontroll-dosen som er levert i løpet av en time. Verdien er gjennomsnittet av aktuelle timesdoser til elva. For eksempel vil en vektreduksjon på 0,9 tonn i løpet av en time gi en timesdose på 5 g/m ³ ved vannføring 50 m ³ /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m ³).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert elva siden siste påfylling av kalk i beholdningstank/kalksilo. På kurvene som vises i rapporten kan det være store utslag. Dette oppstår i forbindelse med begynnende utregning fra ny beholdning. Årsaken er stor unøyaktighet i veieutstyret. Derfor settes en begrensning i når regneverket får lov til å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannens miljøvernnavdeling i samarbeid med kalkingsstiftelsen for vedkommende kalkingsprosjekt.
pH-krav	Det pH-kravet som blir satt i styringsautomatikken ved et pH-styrt doseringsanlegg med pH-nedstrøms anlegget som styringssignal. pH-kravet er ofte høyere enn pH-målet for elveavsnittet.
PLS	"Programmerbar logisk styring". Forkortelsen er ofte benyttet som betegnelse på styringsautomatikken på kalkdoseringsanlegg.

UPS	”Uninterruptible power supply”. Forkortelse på ekstra energikilde (strømkilde) som benyttes når nettspenningen uteblir.
Kyvette, pH-/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og temperaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og temperaturmålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i metriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i ”fast fjell” eller i forhold til moh. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk eller annet avsyrimiddel på kalkdoseringsanlegget.
Prosesskalibrering	Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en tidligere 2 pkt. kalibrering på pH-meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7)

Arendalsvassdraget



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målingspunkter (sirkler).

2. Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH i vannet både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, der en målestasjon på Evenstad sender sine data kontinuerlig opp til anlegget. Anlegget doserer kalk slik at pH øker til et fastsatt pH-krav som står i forhold til pH-målene for lakseførende strekning. Oppvandringshinder for laks er kraftstasjonen på Bøylefoss, like ovenfor doseringsanlegget. Ved de to kraftverkene, Rygene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/lakseluse og fangstkammer. Ved lakselusa på Rygene sluses 500-1500 fisk hvert år. Ved Evenstad fanges fisken i kammeret og flyttes deretter manuelt over kraftverksdammen. Dette sørger derfor for at fisken kan vandre videre til Bøylefoss. Det er gjennom mange år også plantet lakserogn oppstrøms Evenstad.

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet fordi man ønsker å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

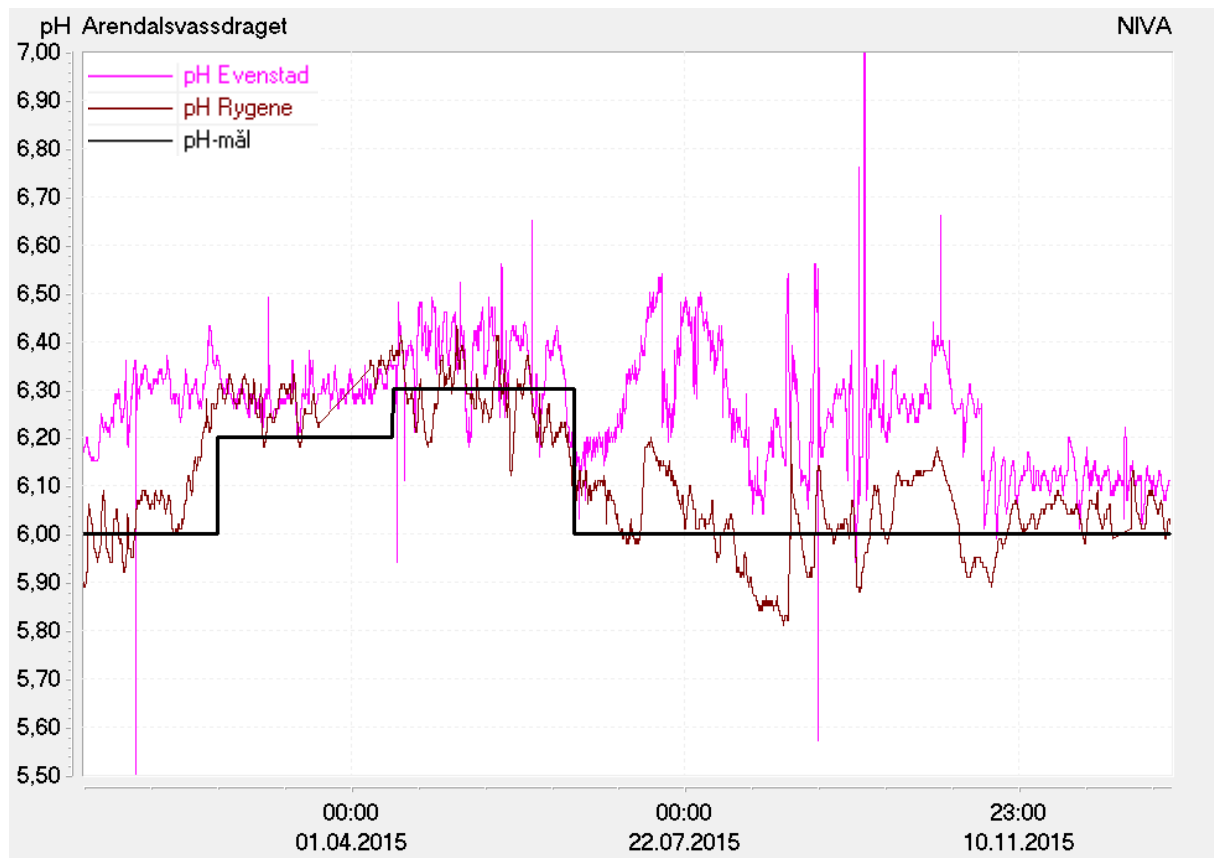
Loggeren som samler driftskontrolldata fungerte gjennom hele 2015. Signaler for kalkbeholdning, vannstand og dosering var kontinuerlig gjennom hele perioden. Temperaturdata var ikke tilgjengelig fra pH-stasjonen nedstrøms anlegget (Evenstad) i hele 2015. Bortfall av disse temperaturdata skyldtes defekt kanalutgang i radiosambandet. Kun én kanal var da tilgjengelig, og denne ble benyttet til overføring av pH-verdier. pH-dataene ble imidlertid lagret kontinuerlige hele året. pH-stasjonen var ute av drift en kort tid i november på grunn av ombygging i lokalet hvor stasjonen er plassert. pH- og temperaturmålingene oppstrøms anlegget er en komplett dataserie i hele 2015. Det var urealistiske pH-verdier oppstrøms anlegget i to perioder, 5 dager fra 22. mai (uvisst årsak) og 3 dager fra 21. august, da elektroden ble defekt slik at den måtte byttes og kalibreres.

Aldri tidligere har det blitt registrert så mange tilfeller der pH i hele eller deler av målområdet var under akseptabel grenseverdi. Overskridelsene var imidlertid aldri store, og en del av tilfellene oppsto om sommeren da behovet for fullstendig måloppnåelse er lave. Imidlertid oppsto nokså mange tilfeller i perioden 6. – 14. juni, da pH-målet fortsatt var 6,3. Det er mulig operatørene har fått beskjed om å redusere pH-målet tidligere enn 14. juni, men dette kan ikke dokumenteres. Alle tilfeller med lavere pH enn målene i lengre tid enn 8 timer er listet opp i **Tabell 1**. Års-kurven gir imidlertid et mer helhetlig bilde på måloppnåelse gjennom hele perioden, **Figur 2**.

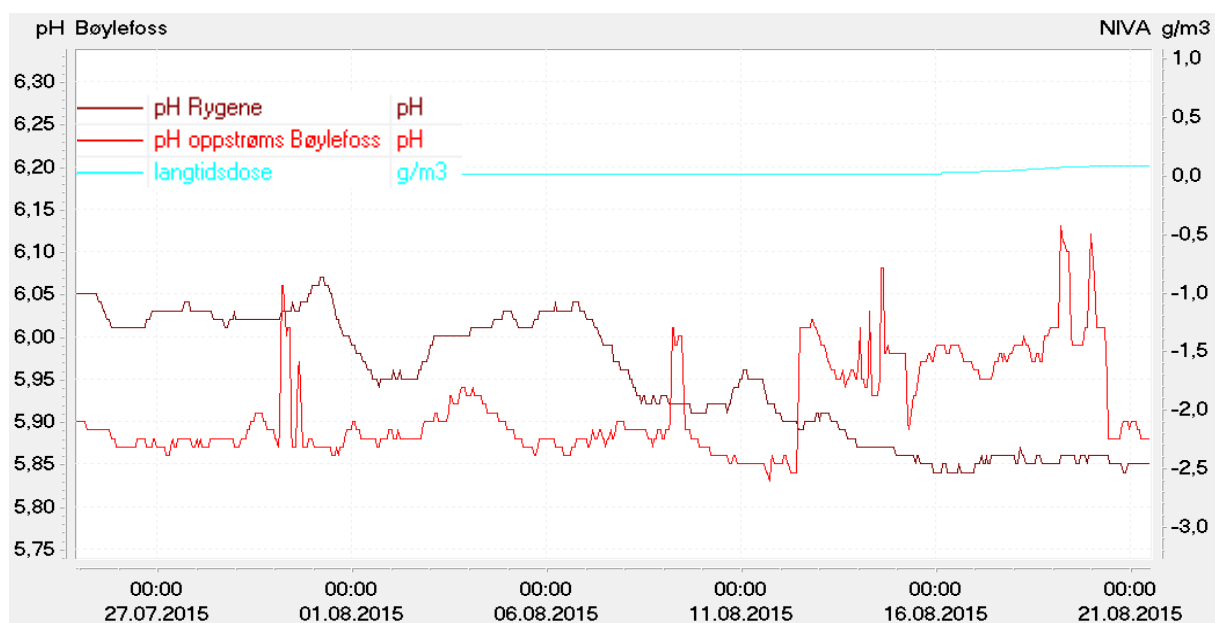
Det var god sammenheng mellom styringssignalet som dose (PLS-dose) og detektert dose (langtidsdose). Tilstrekkelig høy pH i elva medførte at kalk ikke ble dosert fra anlegget i tre uker om sommeren fra 25. juli, **Figur 3**. I en 4 uker lang periode før dette ble det dosert kalk uten at dette ble registrert i kalkingsanleggets doseringsdata. Avtaket i beholdningstanken viser imidlertid at kalk ble dosert, **Figur 4**. Av driftskontroll-data går det fram at dosen da var 0,09 g/m³. Vannføringskurven viser at september var måneden med desidert høyest vannføring. Da var vannføringen kontinuerlig over 250 m³/s. Grafen viser 500 m³/s som høyeste vannføring. Dette er sannsynligvis feil beregnet, se kapittel 3.2.

Tabell 1. Antall dager pH var under målet i lakseførende del av Nidelva i 2015. Det var totalt 58 dager med levere pH enn målet.

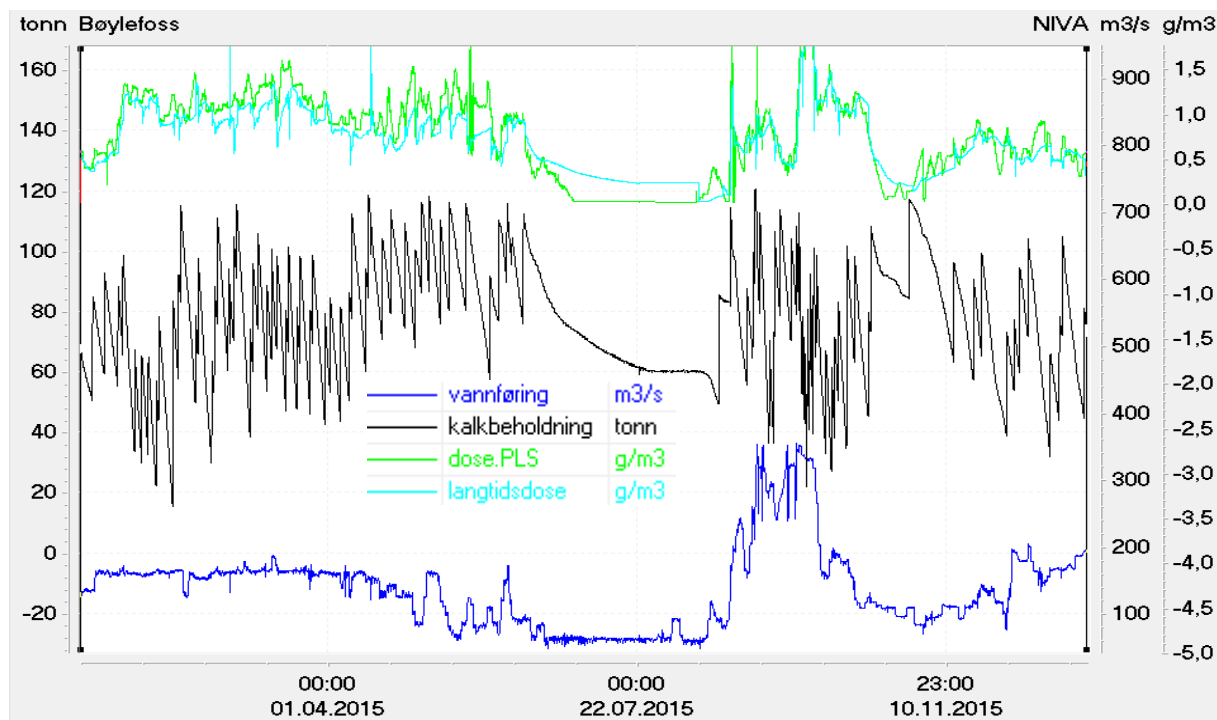
Dato	Dager med pH under målet		Laveste verdi pH	pH-avvik
	Evenstad	Rygene		
01.01.2015		1,6	5,9	0,1
14.01.2015		1,3	5,9	0,1
22.04.2015	0,3	1,3	6,2	0,1
25.04.2015		3,5	6,2	0,1
09.05.2015	1,8		6,2	0,1
23.05.2015		2	6,1	0,2
01.06.2015		1,4	6,2	0,1
02.06.2015	1,1		6,2	0,1
03.06.2015		2,4	6,2	0,1
06.06.2015		8,5	6,1	0,2
12.06.2015	2,7		6,2	0,1
11.08.2015		14,5	5,8	0,2
31.08.2015		3,4	5,9	0,1
17.09.2015		2,7	5,9	0,1
22.10.2015		4,2	5,9	0,1
28.10.2015		5,3	5,9	0,1



Figur 2. pH i lakseførende deler av Nidelva gjennom hele 2015. Figuren viser en del tilfeller der pH var under målet respektive årstid. Store avvik i august forklares i **Figur 3**.



Figur 3. pH oppstrøms Bøylefoss og på Rygene sammen med langtidsdosen fra anlegget sent i august 2015. Doseringsanlegget hadde ikke kalket siden 25. juli. Dette resulterte i meget liten pH-økning fra Bøylefoss til Rygene. Nidelva var preget av en typisk sommersituasjon, som innebærer noe høyere oppstrøms-pH enn ellers i året. Trenden var imidlertid synkende. Årsaken til sen doseringsstart var muligens feil kalibrert pH i perioden 12. – 20. august.



Figur 4. Vannføring, kalkbeholdning, kalkdoser som PLS-dose (styringsdose) og langtidsdose ved Bøylefoss doseringsanlegg i 2105. Figuren viser en høy dosering vår og høst, samt at det doseres kalk selv om styringssignalet indikerer ingen kalkdosering første del av sommeren.

3. Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 pH og måloppnåelse

Årskurven (**Figur 2**) viser tydelig måloppnåelsen gjennom hele perioden. pH var oftere under målet i 2015 enn det som er registrert i tidligere år. Mange av disse episodene oppsto i deler av året hvor pH-målet var 6,0 og fisken er regnet som mer robust i forhold til forsurende skader. 33 av dagene med avvik ble registrert når pH-målet var 6,0, og avvikene var små. Periodene som oppsto i tiden med forhøyete pH-mål (pH 6,3) var uheldige selv om avvikene var relativt små. Ett av tilfellene med størst avvik oppsto 23. mai, da pH lå 0,2 enheter under målet i to dager.. Dette kan ha gitt uheldige effekter hos smolt under utvandring. Utvandringen bestemmes av flere faktorer, men er normalt i gang ved vanntemperaturer rundt 8 °C. Under episoden var temperaturen ca. 11 °C. I 2013 var utvandringen på det høyeste ved denne temperaturen (Haraldstad og Güttrup 2014). Sannsynligheten er derfor stor for at mye utvandrende smolt fortsatt fantes i elva. Et annet tilfelle med noe høyere avvik skyldtes at høy dosering (mål-pH 6,3) ble avsluttet for tidlig. Dette resulterte i avvik på 0,2 pH-enheter mot slutten av smoltutvandringstiden. Temperaturen i vannet var 16 °C på denne tiden

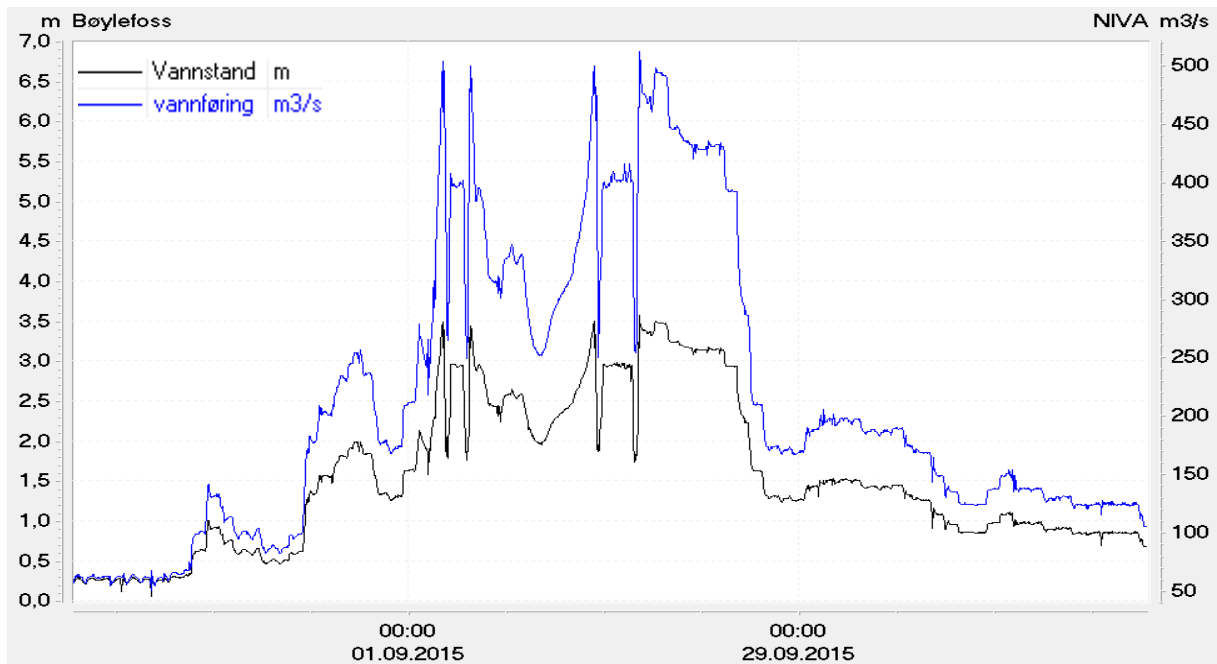
3.2 Vannføringsmålingene

Vannføringsmålingene under flommen i september synliggjorde et par forhold som ikke er optimale.

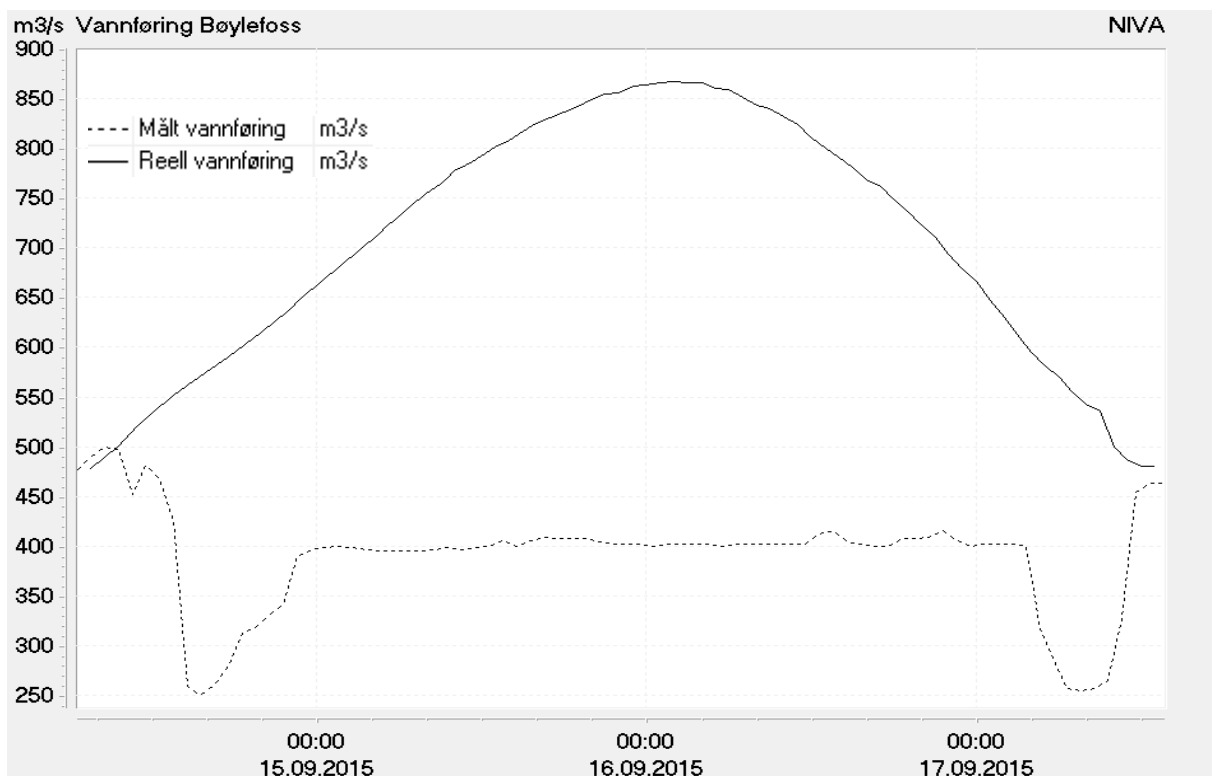
- Vannføringer kan ikke måles ved vannstander over 3,5 m
- Vannføringsmålingene er ikke riktige ved høye vannstander.

Under en stor flom i september gikk vannstanden over registrerbart nivå den 3. og 14. september. Varigheten var henholdsvis 2 og 3 dager, **Figur 5**. Feilmålingene vises ved markante dropp i for- og etterkant av episodene. Dette oppsto ved en vannstand på ca. 3,5 m. Sannsynligheten er stor for at vannstanden har stått over sensorhodet på måleren (ultralydmåler). Dette begrunnes med at vannstanden antagelig har vært høyere da vannføringen natt til 16. september var over 860 m³/s ved dammen på Nelaug, **Figur 6**, (tall fra Arendal Fossekompagni). En må anta at vannføringen ved Bøylefoss var på samme nivå. I følge **Tabell 2** tilsvarer dette en vannstand på 4,9 m. Defekt måler som følge av vanninntrengning vil føre til doseringsproblemer. Det er en fordel om målingene kan gjennomføres på en slik måte at slike problemer unngås.

Vannføringskurven er utarbeidet med grunnlag i vannstander fra Bøylefoss kraftstasjon, og sammenhenger med vannføring hentet fra Arendals Fossekompagni, **Tabell 2**. Under flommen ble siste reelle vannstand målt 17. september til 3,57 m, og vannføringen ble ut fra dette beregnet til 511 m³/s. Høyeste vannstand skulle i følge tabellen være 4,9 m ved 860 m³/s. Det er lite sannsynlig at vannstanden var så høy. Dette begrunnes med at vannstandsøkningen mellom 511 m³/s og 860 m³/s var 90 cm ved kraftstasjonen (Arendals Fossekompagni, data). Høyeste vannstand skulle dermed være 4,47 cm ved maksimum flom.



Figur 5. Vannstand og tilsvarende vannføringsberegninger under stor flom i Nidelva høsten 2015. Beregningsgrunnlaget er listet i **Tabell 2**. Vannføringstabell etter vannstander fra Bøylefoss kraftstasjon. Tall fra Arendals Fossekompani



Figur 6. Vannføringer målt av Arendals Fossekompani ved Nelaug dam oppstrøms Bøylefoss (reell vannføring) og vannføringsmålingene ved doseringsanlegget på Bøylefoss. Flommen kulminerte natt til 16. september 2015. Den sannsynlige vannstanden ved doseringsanlegget var da ca. 4,5 m.

Tabell 2. *Vannføringstabell etter vannstander fra Bøylefoss kraftstasjon. Tall fra Arendals Fossekompani*

Korrigert vannstand m	Vannføring m ³ /s
-0,30	0
0,00	40
0,23	60
0,72	104
1,07	127
1,31	169
2,22	282
2,57	370
3,68	520
3,72	550
4,12	630
4,62	770
5,27	975
5,67	1150

3.3 Temperatur nedstrøms anlegget

Temperaturdata fra målekyvetta for pH nedstrøms anlegget har lenge vært utilgjengelig i loggen. Årsaken til at dette ikke er utbedret har vært en dårlig reservedels-situasjon. Radiolinken består av sender og mottaker som er individuelt tunet mot hverandre. Det bør alltid være et sett tilgjengelig når overføring av pH-verdier stopper på grunn av et defekt radiosamband. Det har i en lang periode bare vært ett sett på lager. Siden pH hele tiden har vært tilgjengelig, har derfor ikke dette settet blitt benyttet. Årsaken til at defekte radiosett ikke har blitt reparert og sendt til lager, er manglene kvalitet på tilgjengelige reservedeler (Connective v/Jonas Sanomon pers med.) Dette er en situasjon som oppleves vanskelig å fortsette med. Derfor anbefales å bytte system for overføring av pH og temperaturdata. NIVA ønsker å fri seg fra kravet om drift av system for overføring av pH-signalene, men beholder gjerne overordnet ansvar for pH-målingene slik det er beskrevet i kontrakten.

4. Referanser

Haraldstad, T., Güttrup, J., Haugen, T. O. 2014. Smoltutvandring i Nidelva 2014 -Utpøving av tiltak for nedvandrende smolt ved Rygene kraftverk. NIVA-rapport 6760.

Haraldstad, T og Høgberget, R.. 2014. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2013. NIVA-rapport; 6667.

Haraldstad, T og Høgberget, R.. 2015. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2014. NIVA-rapport 6860.

Høgberget, R. 2010 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2009. NIVA-rapport 5964.

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

Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - Avviksrapport 2012. NIVA-rapport 6516

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

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5533.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA-rapport 5786.

Høgberget, R. Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2010

Kaste, Ø., Håvardstun, J. Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA-rapport 5595.

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