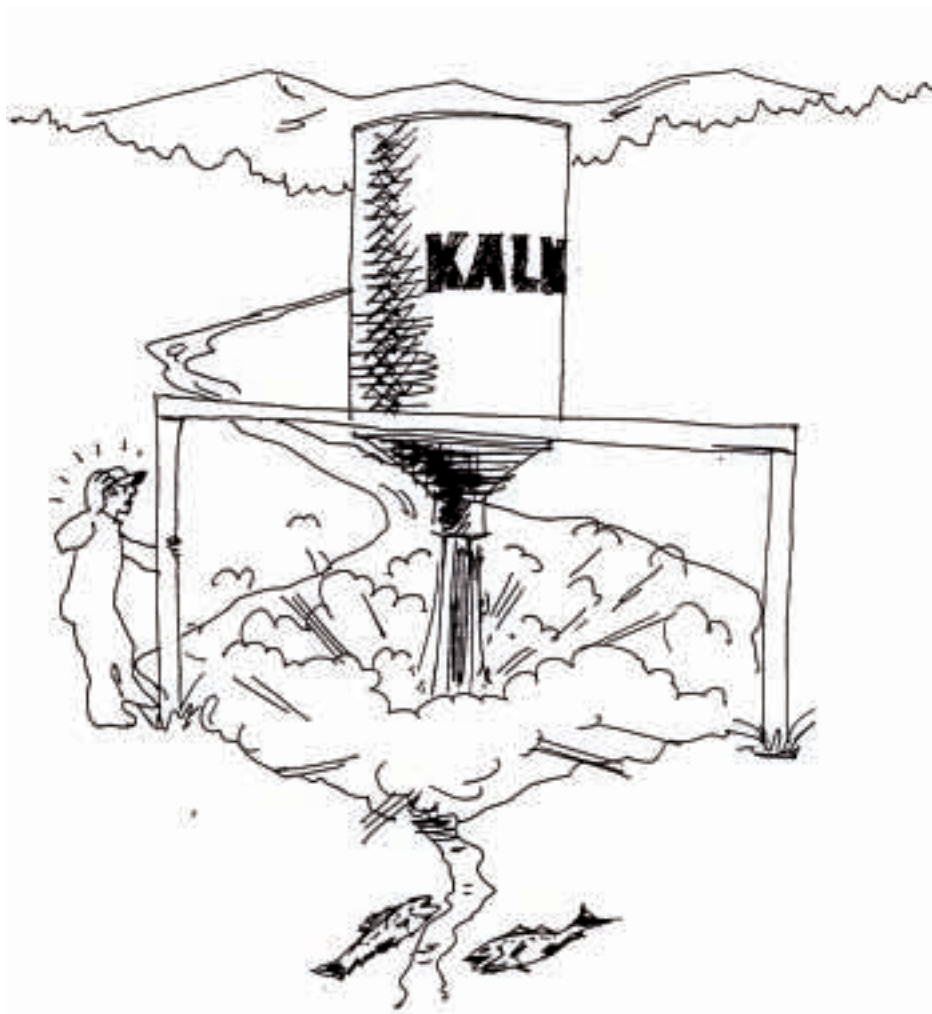


# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2012



# RAPPORT

**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

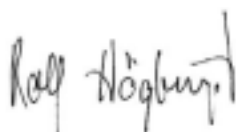
Høgskoleringen 9  
7034 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2012	Løpenr. (for bestilling) 6516-2013	Dato 11.04.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-13132	Sider Pris 15
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

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

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2012) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det var hovedsakelig tilfredsstillende dosering fra anlegget, men mot slutten av forventet smoltutvandring, oppsto det en lengre periode med avvik (-0,2 pH-enheter) fra fastsatt mål (6,2) ved Rygene (målområde, anadrom strekning). Det er uvisst om utvandrende smolt ble påvirket av dette. Beredskapsplanen for krisetiltak ved langvarig doseringsstopp på anlegget er ennå ikke ferdig laget. Det er fire år siden dette første gang ble foreslått gjennomført.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>River system</li> <li>Lime dosing</li> <li>Monitoring</li> <li>Measuring technique</li> </ol>
--	---



Rolf Høgberget  
Prosjektleder



Øyvind Kaste  
Forskningsleder



Thorjørn Larssen  
Forskningsdirektør

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2012

## 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 Liv Bente Skancke, Lise Tveiten, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Kartmaterialet i rapporten er utarbeidet av Jarle Håvardstun.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Aust-Agder. Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i Arendalsvassdraget.

Grimstad, 11.04.2013

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Driftskontrollsystemet	7
1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget	7
1.3 Rapporteringen	7
1.4 Ord og uttrykk	8
<b>2. Driften av anlegget</b>	<b>10</b>
<b>3. Tiltak</b>	<b>14</b>
3.1 Parametre	14
3.1.1 pH	14
3.1.2 Temperatur	14
3.1.3 Beholdning	14
3.2 Kapasitet	14
3.3 Kriseplan	14
<b>4. Referanser</b>	<b>15</b>

## 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. Mye avhenger derfor av at dette anlegget fungerer tilfredsstillende.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2012) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Det var periodevis ustabile signaler fra beholdningssensoren. Integrasjonen av forbrukt kalk som foretas i driftskontrollsystemet ble da brutt. Dette førte til at de reelle kalkdosene periodevis ikke kunne vises.

Temperaturmålingene fra pH-kyvettene var ikke kalibrert riktig. Målingene bør kalibreres for å bedre kvaliteten slik at de kan være nyttige ved biologisk oppfølging av elva.

Det var en lang periode uten reelle pH-målinger oppstrøms anlegget på grunn av stans i vanngjennomstrømmingen av pH-kyvetta.

pH-målingene var stabile i hele perioden uten påvirkning fra tilbakespyling eller kalkpåvirket inntaksbrønn.

Det ble kortvarig dosert for mye kalk fra anlegget i juli, ellers var doseringen tilfredsstillende. Det var få tilfeller med for lav dosering for å kunne oppnå pH-målet for elva. Gjennomgående var avvikene som oppsto lave. Unntaket var et tilfelle i slutten av mai. Da var pH ved Rygene for lav. Det er usikkert om utvandrende smolt har blitt påvirket av dette tilfellet, da det ikke finnes utvandringstall for 2012.

Doseringskapasiteten på anlegget ble øket 15 % i 2012 for å bedre kapasiteten ved store flommer.

Kriseplanen for ekstra dosering ved langvarig driftsstans på anlegget, som ble anbefalt utarbeidet første gang i Driftskontroll-rapporten for 2008, er ennå ikke iverksatt. Elementer som bør inn i planen ligger i to avviksrappporter (Høgberget og Håvardstun 2009, Høgberget 2012).

## Summary

Title: Operation Report from lime doser in Arendal River, S Norway. Non-conformance report 2012.

Year: 2013

Author: Rolf Hoegberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577- 6251-3

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 2012.

# 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 Froland kommune. Målet med denne doseringen er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva.

Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms doseren. 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 – 31. mai, og over 6,0 ellers i året. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn dette. 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-lauget) og jevnlig oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rygene kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i DN-notatet «Kalking i laksevassdrag».

## 1.3 Rapporteringen

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i 2012. 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)

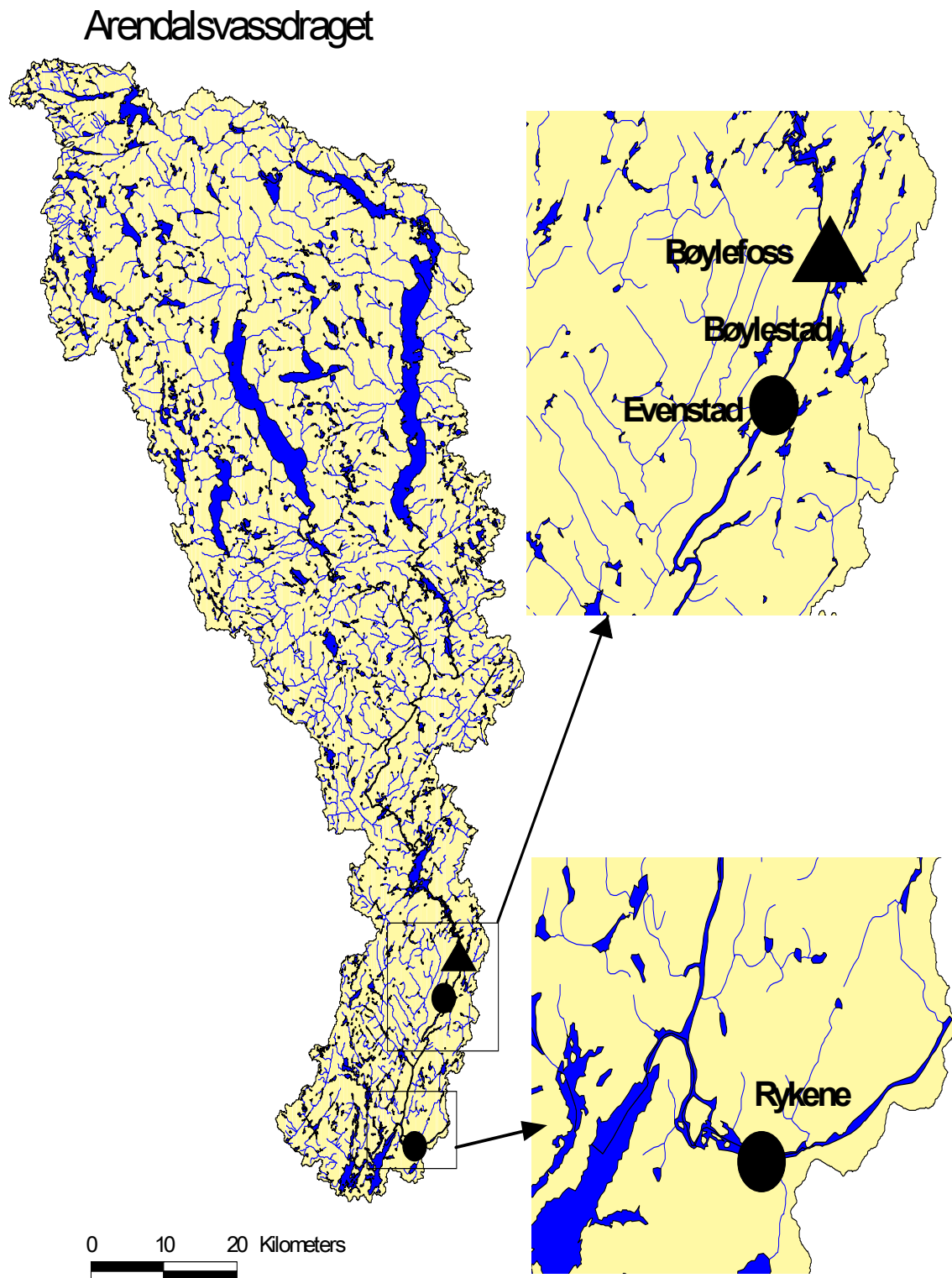
Denne rapporten omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2012



## 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:

<b>Ord/uttrykk</b>	<b>Forklaring</b>
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 <sup>3</sup> , gram kalksteinsmel per m <sup>3</sup> vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m <sup>3</sup> /s). Dette er den dosen anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m <sup>3</sup> .
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 <sup>3</sup> ved vannføring 50 m <sup>3</sup> /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m <sup>3</sup> ).
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 miljøvernavdeling 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 termaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og termaturmålinger.
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 avsyngsmiddel 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)



**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 kraftverksdammen på Bøylefoss kraftstasjon like ovenfor doseringsanlegget. Ved de to kraftverkene, Rygene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksesluse og laksekammer. Ved lakseslusa 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 har vært delte erfaringer med effekten av installasjonen på Evenstad (Tore Moe notat 2011 og 2012).

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styrer 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 data fra anlegget fungerte hele året.

Signaler for kalkbeholdning, vannstand og dosering er kontinuerlig i perioden med unntak for kortvarige bortfall på 6 timer 20. juni, 2 timer 6. november og 6 timer 6. desember. Beholdningssignalet var meget ustabil i juni. Det var også periodevis ustabil resten av sommeren og i september. I en lang periode om vinteren og våren ble signalet periodevis forstyrret med en times intervall. Dette ødela for integratoren som regner ut akkumulert kalkforbruk i beregningen av reelle kalkdoser. Registreringen av pH oppstrøms anlegget ble også forstyrret (**Figur 2**). Forholdet opphørte midt i mai.

Det var et konstant avvik i temperaturmålingene mellom Bøylefoss og Evenstad. Avviket var ca. 2 grader gjennom hele året (**Figur 3**).

Alle pH-data er komplette, unntatt pH og temperatur i de samme kortvarige episodene som beholdning-, vannstand- og doseringssignalet uteble. Det var et tilfelle der langvarig stans i vanngjennomstrømmingen i pH-kyvetta oppstrøms anlegget bevirket feil pH-målinger. Forholdet oppsto 11. oktober og vedvarte i ca. 2 uker. Feilen vises på **Figur 3**.

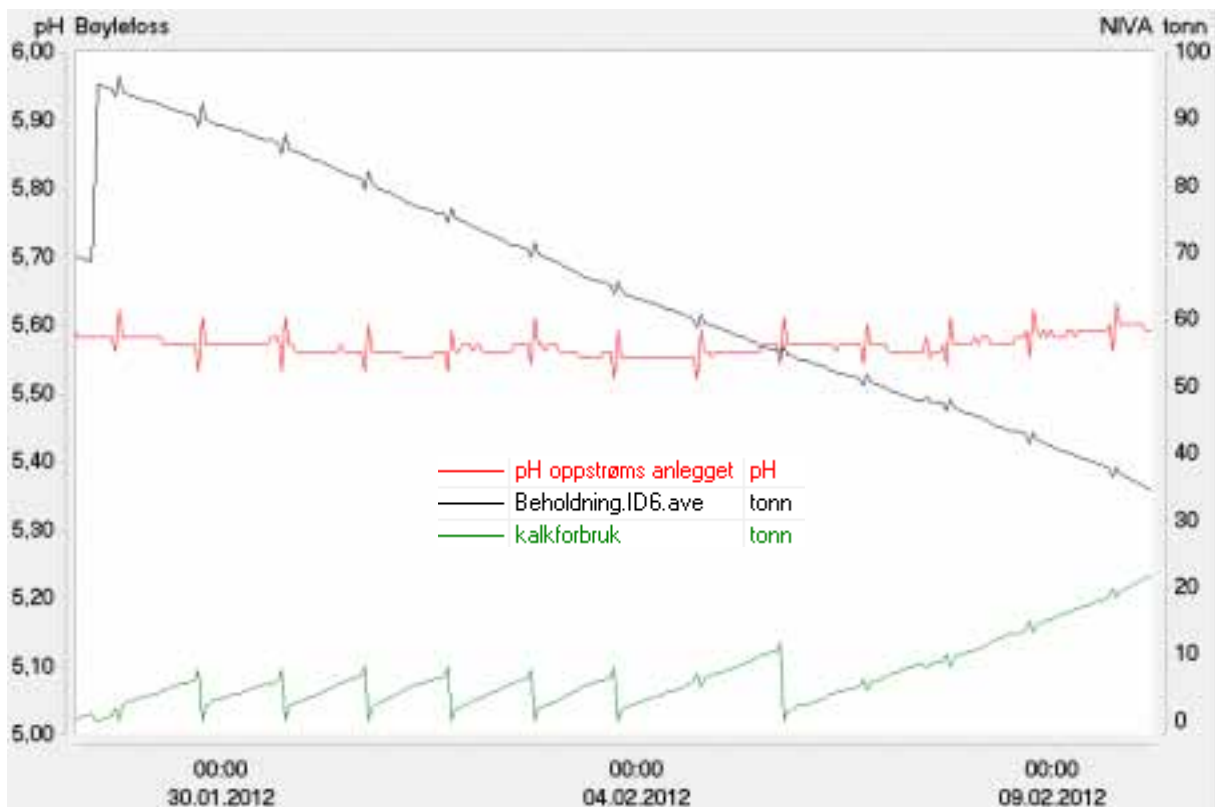
Det ble periodevis dosert noe mer kalk enn nødvendig den første uka i juli. pH ble da registrert 0,45 høyere enn pH-målet. Forholdet hadde sammenheng med plutselig vannføringsreduksjon og problemer med doseringsautomatikken i slike tilfeller (**Figur 4**).

I tiden 15. juni-15. september var kalkingen meget moderat. Det ble da kalket ca. 170 tonn, eller bare 5 % av den totale mengden kalk utdosert fra anlegget (**Figur 5**).

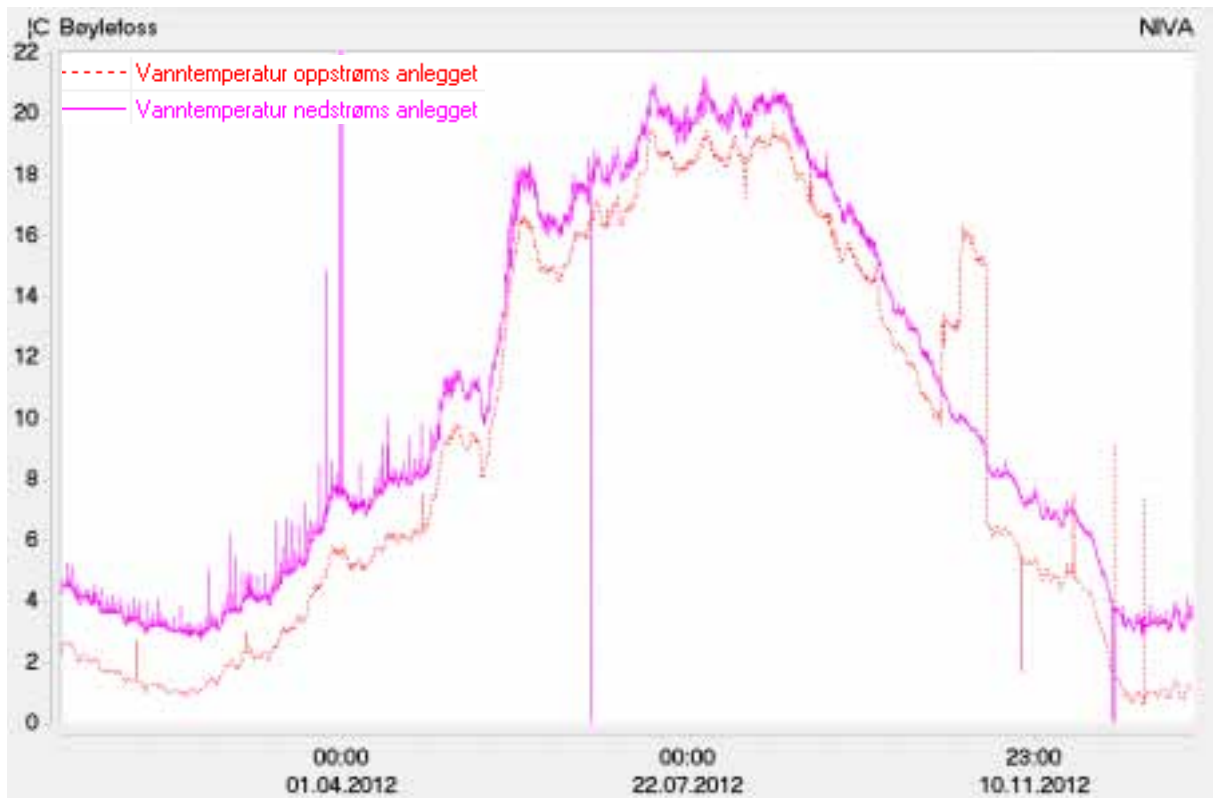
pH i lakseførende strekning av elva lå med få unntak over målet. Unntakene er listet i **Tabell 1**. Til sammen utgjorde dette ca. to uker med for lav pH. Avvikene var ikke store. Det var imidlertid uheldig at pH ble redusert ved Rygene i siste del av smoltperioden. Det foreligger ikke utvandringstall for smolt i perioden, men sannsynligheten er stor for at denne tiden sammenfalt med stor utvandring av smolt. I **Figur 6** er målingene ved alle kontinuerlige pH-stasjoner gjengitt sammen med pH-målet for elva.

**Tabell 1.** Tilfeller der pH i lakseførende strekning av elva lå under målet. Til sammen utgjorde denne tiden 14 dager

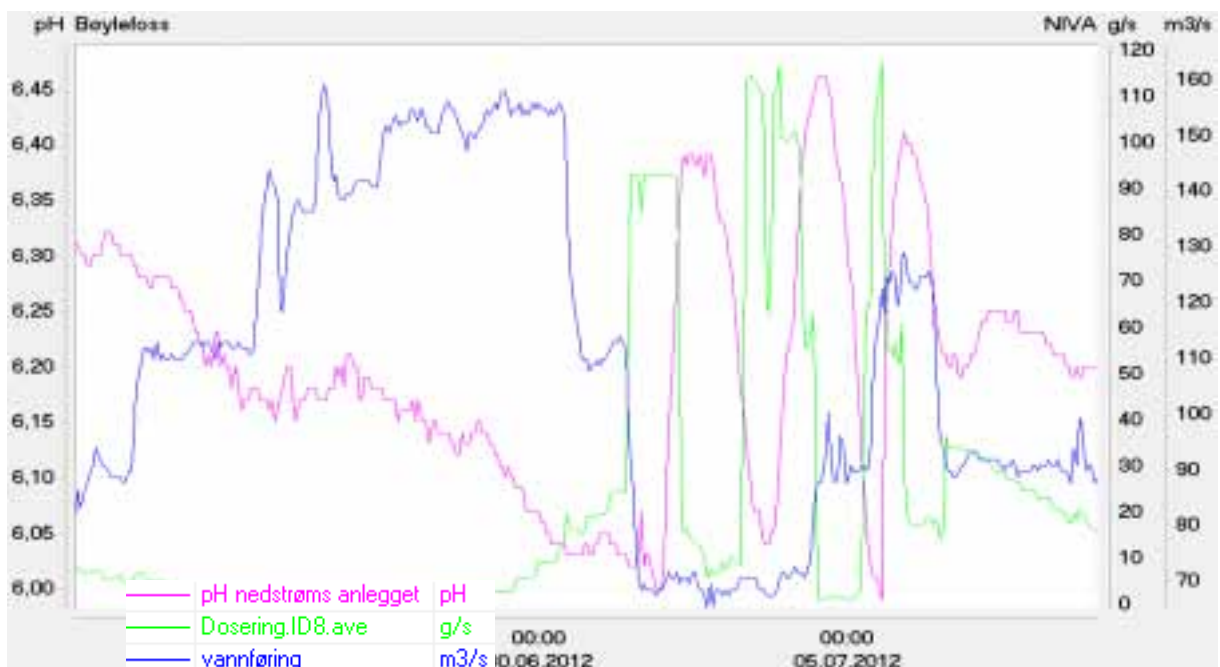
Dato	Timer med pH under målet		Laveste verdi pH	pH-avvik
	Evenstad	Rygene		
02.05.2012		7	6,1	0,1
13.05.2012		10	6,1	0,1
18.05.2012		315	6	0,2
27.09.2012		4	5,9	0,1
26.10.2012	2		5,9	0,1



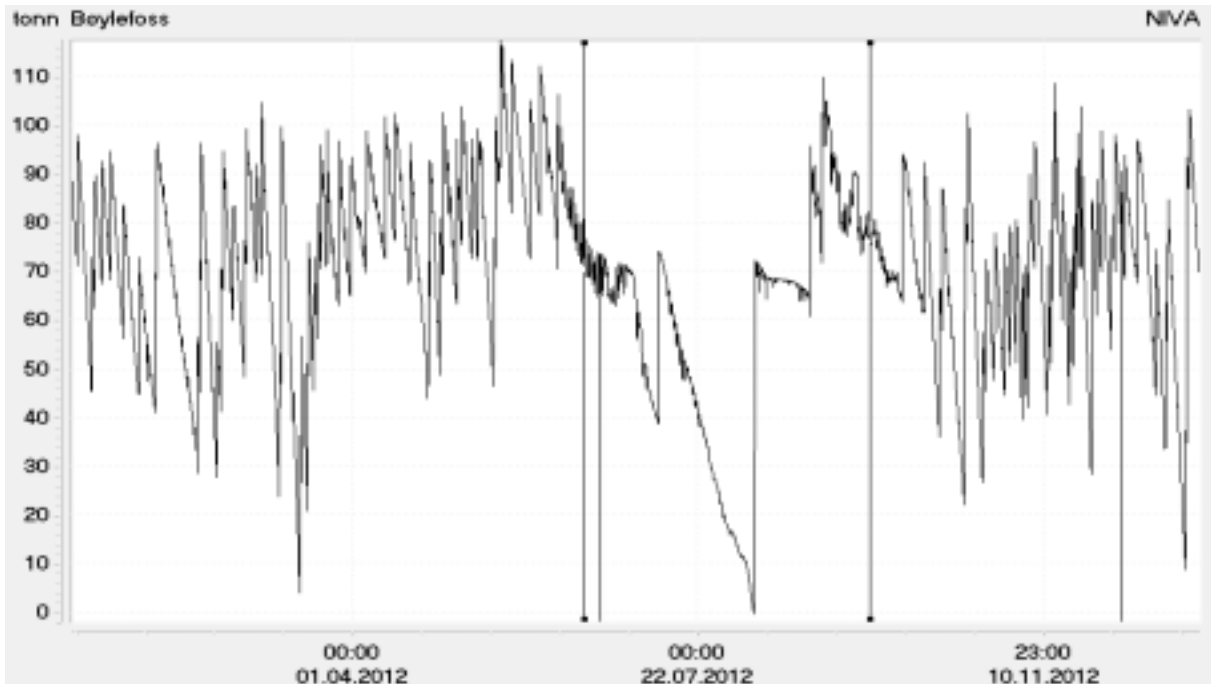
**Figur 2.** Eksempel på hvordan kurvene for beholdning, pH oppstrøms anlegget og akkumulert kalkforbruk ved Bøylefoss doseringsanlegg ble vist en lang periode om vinteren og våren 2012. Forstyrrelser i beholdningssignalet bevirket at den automatiske integrasjonen av forbrukt kalk (akkumulert kalkforbruk) ble nullstilt hvert døgn. Dette ødela mulighetene til å kunne detektere langtidsdosen. Årsaken til problemet er ukjent.



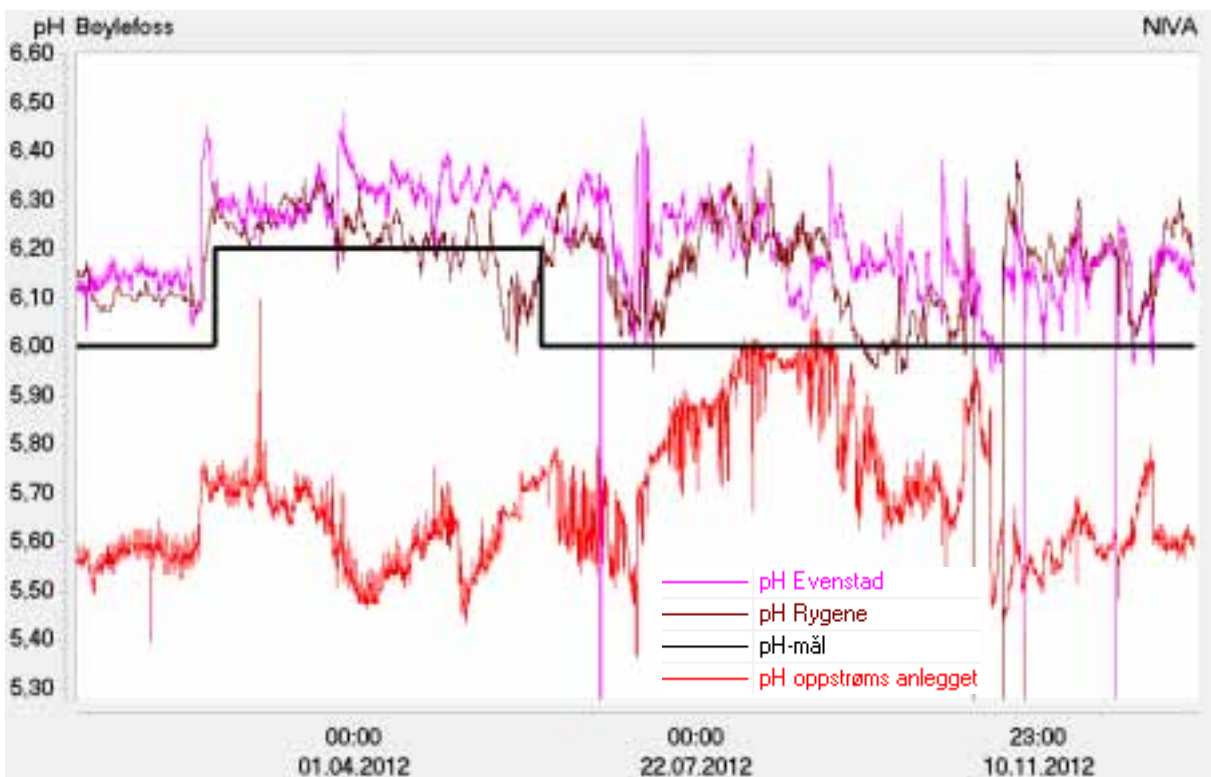
**Figur 3.** Vanntemperaturen målt oppstrøms (Bøylefoss) og nedstrøms anlegget (Evenstad). Dataene viser ujusterte måleverdier på en av stasjonene. Feilen vedvarte hele 2012.



**Figur 4.** Vannføring, dosering og pH nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg i månedsskiftet juni-juli 2012. Det ble problemer med justering av pH i elva i forbindelse med brå reduksjon i vannføringen (90 m<sup>3</sup>/s reduksjon på få timer).



**Figur 5.** Beholdning i kalksiloen på Bøylefoss doseringsanlegg i hele 2012. Det ble totalt fylt 3290 tonn kalk. Forbruket var stort om vinteren, våren og høsten, men om sommeren var behovet lite. Mellom 15. juni og 15. september, markert med vertikale linjer, ble det brukt bare 170 tonn.



**Figur 6.** pH på Bøylefoss oppstrøms anlegget, Evenstad og Rygene sammen med pH-målet gjennom hele året 2012. Det var minimale avvik fra målet i 2012. Figuren viser også hva pH hadde vært dersom det ikke var blitt kalket fra Bøylefoss doseringsanlegg (pH oppstrøms anlegget).

## **3. Tiltak**

### **3.1 Parametre**

#### **3.1.1 pH**

Tidligere ustabilitet i pH-målingene nedstrøms anlegget ved automatisk tilbakespyling gjennom vannpumpa ble ikke påvist i 2012. Det var heller ikke tilfeller med forhøyet pH oppstrøms anlegget som følge av tilført kalkslurry ved strømbuud.

#### **3.1.2 Temperatur**

Verdien av å måle korrekt temperatur i elva er mindre viktig i forhold til den tekniske kalkingen. Imidlertid etterlyses nøyaktige vanntemperaturmålinger av biologer under deres oppfølging av forhold i elva. Derfor bør temperaturen gjengis så nøyaktig som mulig. Ved store avvik i målingene på Evenstad og Bøylefoss, bør temperaturmålingene justeres. Ut over dette bør temperaturmålingene alltid justeres en gang pr. år.

#### **3.1.3 Kalkeholdning**

Det oppsto lange perioder der beholdningssignalet var ustabil en gang hvert døgn. Dette ødela muligheten til å automatisk integrere forbrukt kalk mellom hver påfylling av kalksiloen. Dermed ble det ikke mulig å følge den faktiske dosen gitt fra anlegget (langtidsdosen). Det bør gjøres grep for å finne feilen.

### **3.2 Kapasitet**

Etter anbefaling (Høgberget og Tveiten 2011) ble anleggets kapasitet utvidet fra 80 til 96 tonn pr. døgn i 2012. Dette har bedret muligheten for mer optimal dosering ved høye flommer.

### **3.3 Kriseplan**

Kriseplanen for nødvendig dosering ved alvorlig stopp ved doseringsanlegget er under arbeid, men enda ikke komplett. Det er nå mange år siden dette tiltaket første gang ble anbefalt (Høgberget og Håvardstun 2009). En anbefaling om hvilke grenser som bør gjelde for utløsning av kriseplanen er også tidligere beskrevet (Høgberget 2012).

## 4. Referanser

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. 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. NIVA-rapport 6173.

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

«PS til Rapport 2011 Nidelv» Tore Moe 2011

«PS til Rapport 2012 Nidelv» Tore Moe 2012



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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)