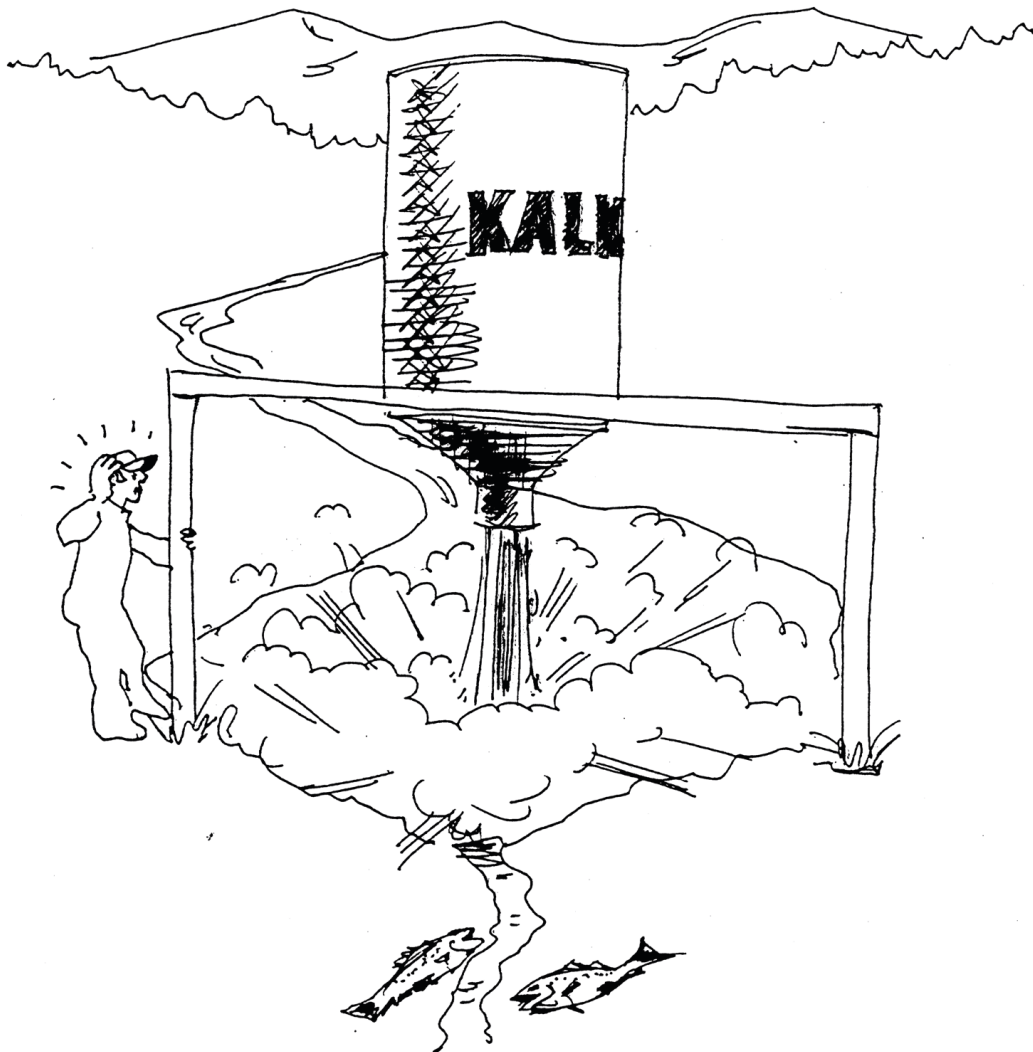


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget

År 2017



Norsk institutt for vannforskning

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

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget År 2017	Løpenummer 7257-2018	Dato 23.02.2018
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Sider 17

Oppdragsgiver(e) Froland Kommune	Oppdragsreferanse Trude Engesland
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17132

Sammenheng

Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2017) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Grunnlagsmålinger for driftskontrollen er en nokså komplett logg i 2017. Vannføringsmålingene må justeres og en logg over nøyaktige temperaturer nedstrøms anlegget bør etableres, da disse verdiene vil være svært verdifulle for lakseforvaltningen da denne vil beregne nøyaktig klekkingstidspunkt for fiskeyngel. Ved flere tilfeller økte pH nedstrøms anlegget mye i forbindelse med flom og unødig mye kalk doseres da ut. Tiltak bør iverksettes slik at denne overdoseringen ikke oppstår. pH var over målet nesten kontinuerlig gjennom hele perioden. Effektiviteten på anlegget var derfor meget bra ved Bøylefoss doseringsanlegg gjennom hele 2017.

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

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Rolf Høgberget
Prosjektleder

Heleen De Wit
Forskningsleder

ISBN 978-82-577- 6992-5
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget
År 2017**

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 kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget samt 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. I 2017 opphørte en tidligere avtale om ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som styrer kalkdoseringen. Kontroll av pH-målingsfunksjonen som prosess-signal utføres derfor ikke lenger av NIVA, men tillegges driftsansvarlig på anlegget.

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

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i vassdraget.

Grimstad, 23.02.2018

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	9
1.1	Driftskontrollsystemet.....	9
1.2	Kalkingsstrategien i vassdraget.....	9
1.3	Ord og uttrykk.....	10
2	Driften av anlegget.....	12
3	Tiltak	14
3.1	Vannføringsmålinger	14
3.1.1	Vannstand	14
3.1.2	Vannføring	14
3.2	Dosering under flom.....	15
3.3	Temperatur	15
4	Referanser og tidligere driftskontrollrapporter	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 (2017) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Grunnlagsmålinger for driftskontrollen er en nokså komplett logg i 2017. Signaler for vannstand og vannføring ble imidlertid ulikt registrert i MikaCom (Miljøkalk sitt styrings- og loggesystem) og driftskontroll-loggeren. Dette er forhold som bør rettes opp. Doseringsloggen er nesten komplett, mens kalkbeholdning, pH oppstrøms og nedstrøms anlegget er helt komplette som sammenhengende logger gjennom hele året.

Etter ombygging av pH-målingsutstyret er det mulig å etablere en nøyaktig logg på temperaturutviklingen nedstrøms anlegget, (Evenstad). Dette bør gjøres, da disse verdiene vil være svært verdifulle for lakseforvaltningen ved beregning av nøyaktig klekkingstidspunkt for fiskeyngel.

Ved flere tilfeller økte pH nedstrøms anlegget mye i forbindelse med flom. Unødig mye kalk doseres da ut. Tiltak bør iverksettes slik at denne overdoseringen ikke oppstår.

pH var over målet nesten kontinuerlig gjennom hele perioden. Effektiviteten på anlegget var derfor meget bra ved Bøylefoss doseringsanlegg gjennom hele 2017.

Summary

Title: Evaluation of lime dosing operation in Arendal River in 2017.

Year: 2018

Authors Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577- 6992-5

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 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 results from the evaluation in Arendal River in 2017, and includes recommendations based on discrepancies from optimal operation detected in 2017.

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 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 nærmest bortfalt, og vannkvaliteten oppstrøm Bøylefoss må betraktes som nær ukalket (Hindar mfl. 2017).

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 Rykene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 14. april, 6,3 i perioden 15. april – 31. mai 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 variasjoner i vårutviklingen med lave elvetemperaturer er det nå innført muligheter for justering av tidsintervallene for de forskjellige pH-målene i smoltperioden avhengig av elvetemperaturen om våren. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rykene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn målet ved Rykene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Optimal kalkdosering er avhengig av at det måles riktige pH-verdier. Også i 2017 ble kvaliteten av målingene sikret gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) og jevnlig også annen oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rykene i 2017

er kvalitetssikret av NIVA og blir publisert i årsrapporten fra tiltaksovervåkingen til Miljødirektoratet for 2017.

1.3 Ord og uttrykk

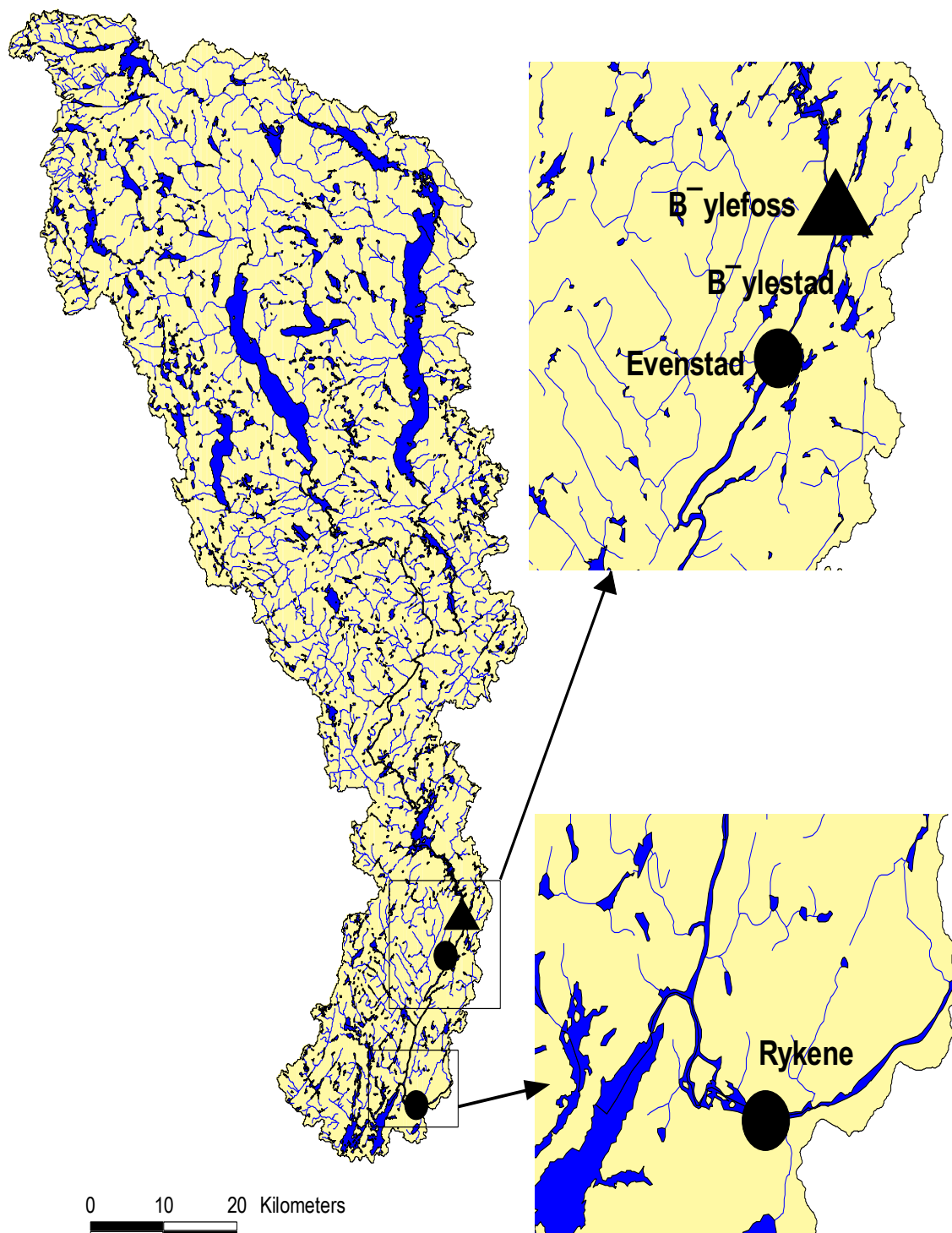
Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som kan være vanskelig å forstå betydningen av. For å lette leserens forståelse av innholdet presenteres her en liste med ord og uttrykk som vanligvis benyttes i rapporteringen:

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 .
Driftskontrolldose	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 driftskontrolldosen 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 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 termometer er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyveta for å få riktige pH- og termometermålinger.
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
Prosesskalibrering

Lageret av kalk eller annet avsyingsmiddel på kalkdoseringsanlegget.
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 som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målepunkter (sirkler).

2 Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles på Evenstad 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, og data sendes 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. 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. Oppvandringshinder for laks er kraftstasjonen på Bøylefoss, like ovenfor doseringsanlegget. Ved de to kraftverkene, Rykene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rykene 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.

Loggeren som samler driftskontrolldata fungerte gjennom hele 2017, men svikt i backup-rutiner medførte manglende data fra denne loggeren i en periode fra 3. juli til 10. september. Relevante data fra denne perioden er derfor hentet fra MikaCom, (Miljøkalk-data).

Signaler for vannstand var ikke tilgjengelig de fire første dagene av året. Deretter ble anpasningene i driftskontrollen-loggeren satt opp feil, slik at data fra denne loggeren ikke er tilgjengelig før feilen ble rettet opp 19. januar. Årsaken er usikker, men feilen oppsto etter en ombygging på doseringsanlegget. Det er også et misforhold mellom vannstander registrert av MikaCom og driftskontroll-loggeren, Dette fører til stor forskjell mellom vannføringer registrert i MikaCom og på driftskontroll-loggeren **Figur 2**.

Signaler for kalkbeholdning var kontinuerlig gjennom hele perioden.

Logg over doseringssignalet er tilgjengelig fra hele 2017 unntatt 6 dager fra 7. mars. Anlegget doserte imidlertid som normalt, antagelig som følge av manuelle innstillinger. Om sommeren var det ikke behov for dosering (tilstrekkelig høy pH i 5,5 uker fra 27. juni).

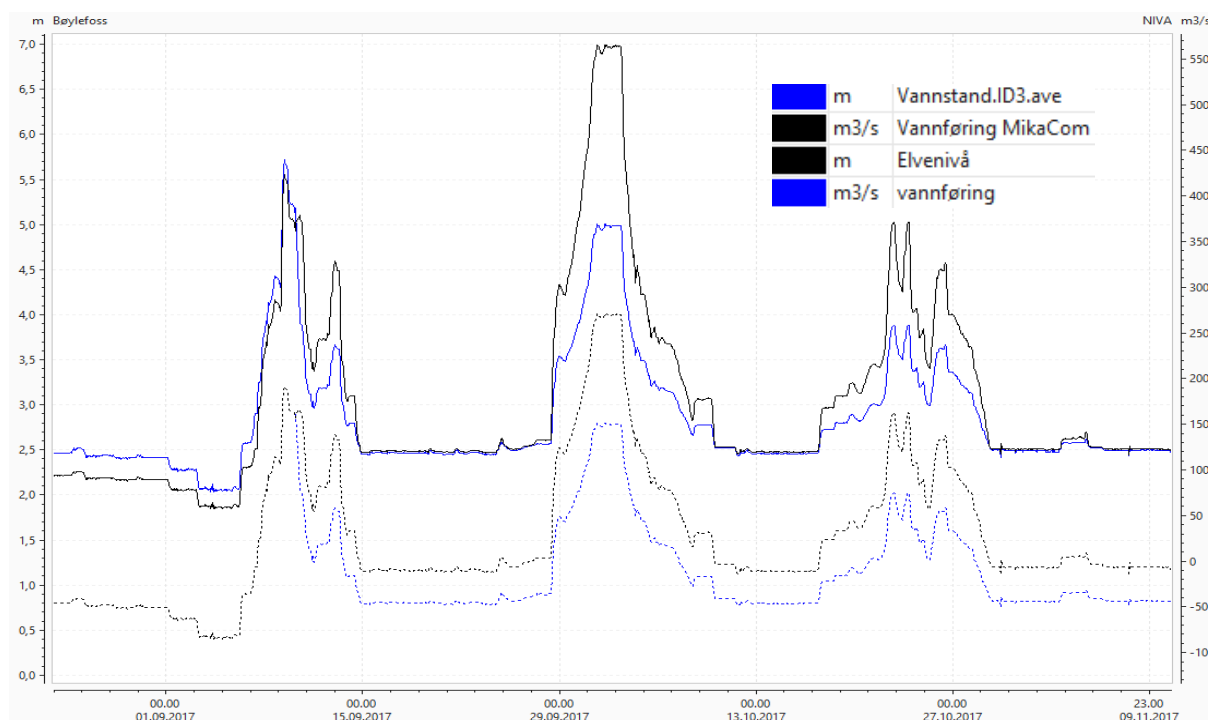
pH-målingsutstyret både oppstrøms og nedstrøms anlegget ble byttet ut med utstyr levert fra Miljøkalk 24. januar. Etter denne tiden har temperaturdata ikke vært tilgjengelig i MikaCom. Driftskontroll-loggeren har registrert temperaturen oppstrøms anlegget, slik det også ble gjort før ombyggingen, men signaler for temperatur nedstrøms anlegget er ikke tilgjengelig.

pH-signalene oppstrøms anlegget var intakt i hele perioden. Det var ikke langvarige stopp i gjennomstrømmingen av målekyveta, men temperaturdata mangler mellom 3. juli og 10. september slik at gjennomstrømmingen da ikke kan kontrolleres.

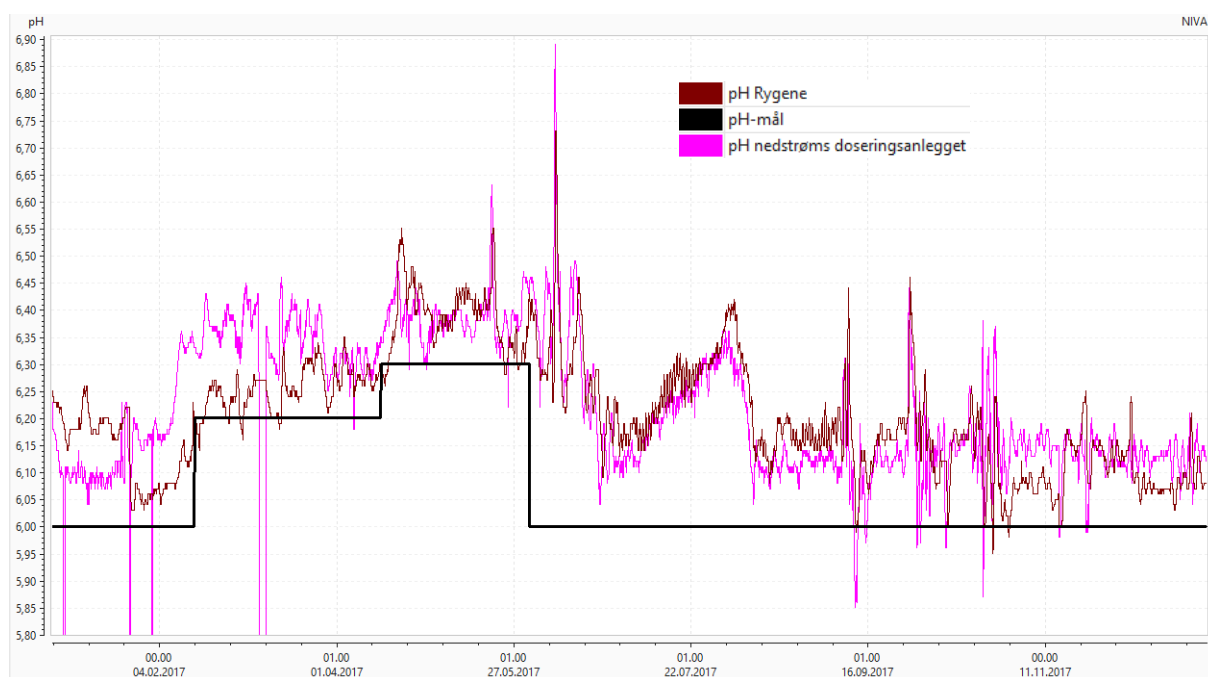
pH-signalene nedstrøms anlegget var intakt og ble sendt til doseringsanlegget gjennom hele perioden, unntatt et avbrekk 4. januar og to dager fra 7. mars. Årsaken var bortfall av nettforbindingen slik at pH-verdier ikke ble levert til PLSen på anlegget.

pH var over målet både ved stasjonen nedstrøms anlegget (Evenstad) og overvåningsstasjonen (Rygene) i hele 2017, med ett unntak. Unntaket var 11. september, da pH ved Evenstad var 0,1 under målet i ca. ett døgn. Effektiviteten var derfor meget bra ved Bøylefoss doseringsanlegg gjennom hele 2017. Det var flere tilfeller hvor pH økte mye i forbindelse med flom. Også om sommeren økte pH

selv om det ikke ble dosert fra anlegget. pH på Evenstad og Rykene sammen med pH-målene gjennom året er gjengitt i **Figur 3**.



Figur 2. Vannstand og vannføring registrert på to forskjellige systemer (MikaCom og driftskontroll-logger). Prikkete grafer er vannstander.



Figur 3. pH nedstrøms anlegget (Evenstad) og ved Rykene (overvåkingsstasjonen) sammen med pH-målene for kalkingen.

3 Tiltak

3.1 Vannføringsmålinger

3.1.1 Vannstand

3.1.1.1 Måleområdet

Tidligere foreslått tiltak om etablering av nytt utstyr for vannstandsregistreringer, også ved høy vannføringer (Høgberget og Haraldstad 2016), ble gjennomført i 2017. Imidlertid tar ikke denne ombyggingen tilstrekkelig hensyn til ekstreme flommer, som storflommen 2. oktober. Derfor ble ikke maksimalvannføringen under denne flommen dokumentert. Det må vurderes om måleområdet bør forandres slik at også meget høye vannstander kan registreres.

3.1.1.2 Registreringsverdier

Vannstandsregistreringene gir forskjellige verdier på MikaCom og driftskontroll-loggen. De registrerte verdiene må forholde seg til vannstandsstaven på fra Bøylefoss kraftstasjon. Dette er utgangspunktet for vannføringsberegningene som danner grunnlaget for doseringen. Vannstandsmålingene på anlegget hadde tidligere et 0-punkt som var 30 cm lavere enn denne vannstandsstaven. Det er mulig dette nivået nå er forandret. Justeringer må foretas slik at vannstanden blir registrert til riktig nivå.

3.1.2 Vannføring

Driftskontrollens vannføring ble ikke beregnet til samme verdier som i MikaCom. Avviket er stort både ved små og store vannføringer, og utgjør ca. 40 m³/s, **Figur 4**.

Vannføringstabellen som skal benyttes er avledet av tall fra Arendals Fossekompani, og ble foreslått som grunnlag for vannføringsberegninger i 2007 (Høgberget og Håvardstun 2007). Den er også gjengitt i **Tabell 1**. Ulikt utgangspunkt for registrering av vannstand er sannsynlig årsak til feilen.

Tabell 1. Vannstand med tilhørende vannføring nedstrøms Bøylefoss utledet av tall fra Arendals Fossekompani.

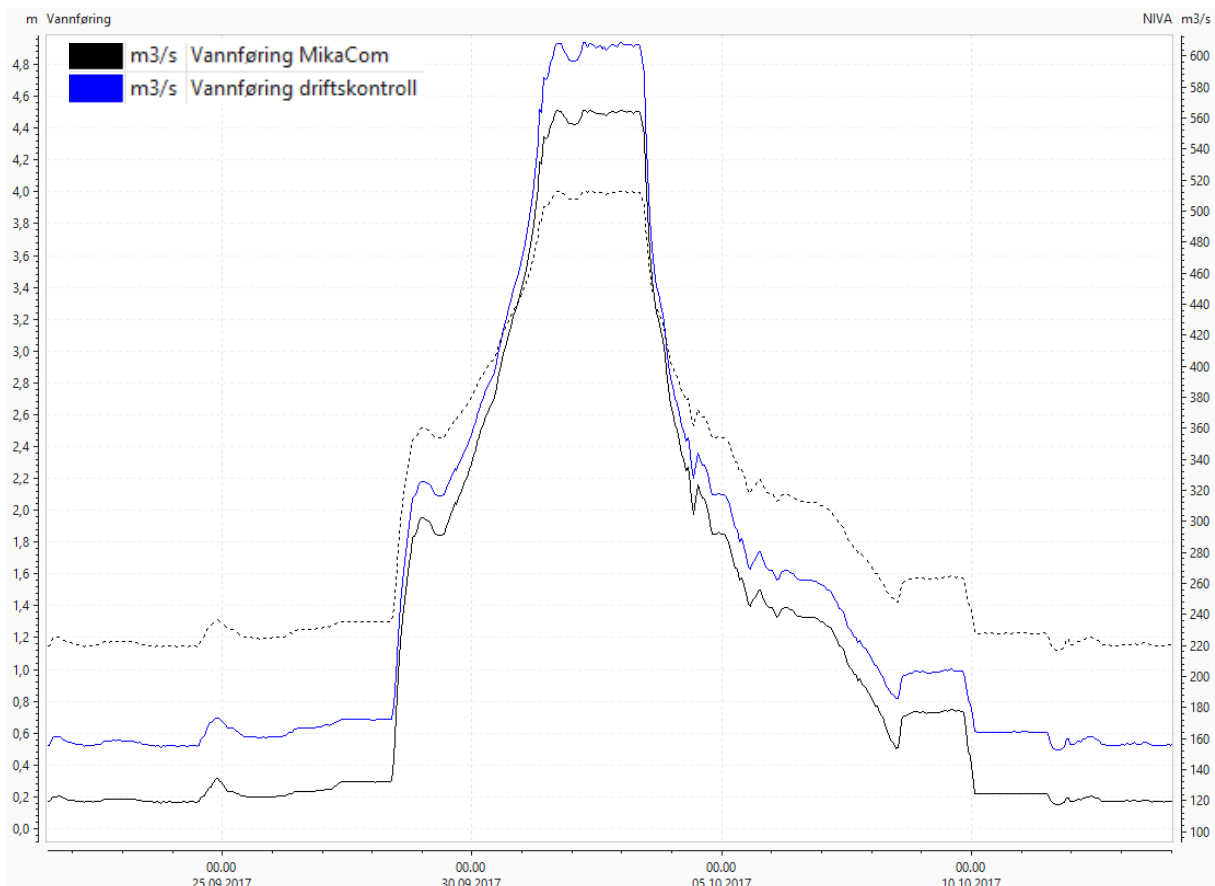
Korrigert vannstand m	Vannføring m ³ /s
-0,30	0
0,00	40
0,23	60
0,72	104
1,07	127
1,31	169
2,22	282
2,57	370
3,68	520
3,72	550
4,12	630
4,62	770
5,27	975
5,67	1150

3.2 Dosering under flom

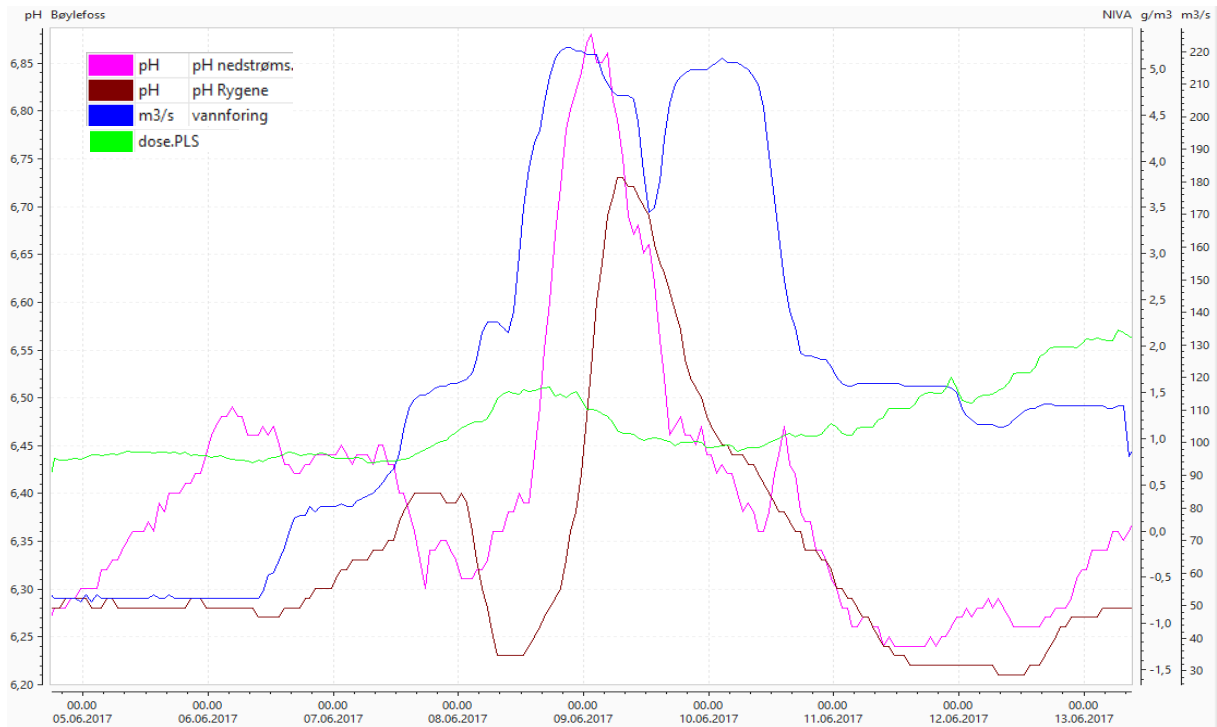
Et ofte observert reaksjonsmønster under flom er økende pH ved begynnende flom. Denne utviklingen forsterkes ved at styringsautomatikken på anlegget ikke reagerer hurtig nok. Det resulterer i at pH blir unødvendig høy og unødvendig mye kalk utdoseres. En slik utvikling er vist i **Figur 5**. Gjennom denne flommen ble det dosert 25 tonn kalk. Mye av dette var unødvendig. Årsaken til at pH øker under flom er resuspensjon av sedimentert kalk langs elvebunnen som følge av økt energi og turbulens i vannet. Det burde være mulig å sette opp et sett av kriterier som utløser overstyring av doseringsautomatikken slik at denne overdoseringen ikke oppstår.

3.3 Temperatur

I 2017 ble pH-stasjonen nedstrøms anlegget byttet ut med utstyr der pH- og temperatursensoren er neddykket i elva. Samtidig ble tilgangen på temperatursignalene ikke lenger tilgjengelig for driftskontroll-loggeren. Det foreslås at dette signalet gjenopptas. Dette åpner muligheter for logging av eksakte elvetemperaturer og beregning av døgngrader. Klekkespunkt for fiskeyngel kan da beregnes. Dette er tiltak som ikke bedrer doseringen, men foreslås likevel fordi nøyaktig kalibrert temperatur vil gi verdifull informasjon til lakseforvaltningen.



Figur 4. Vannstandsutvikling (prykkete graf) beregnet med de to forskjellige utgangspunktene i MikaCom og driftskontroll-loggeren. Vannføringene blir ulikt beregnet.



Figur 5. pH nedstrøms anlegget (Evenstad) og ved Rygene (overvåkingsstasjonen) sammen med kalkdosene som ble tilført elva. Dosene ble ikke umiddelbart redusert da pH økte.

4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

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.

Hindar, A., Skancke L. B. og Høgberget, R. 2017. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2016. Miljødirektoratet rapport M-821 2017.

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. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - Avviksrapport 2015. NIVA-rapport 7035.

Høgberget, R. 2017. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - År 2016. NIVA-rapport 7158.

Høgberget, R. og Haraldstad, T. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2015. NIVA-rapport 7035.

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.

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

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

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