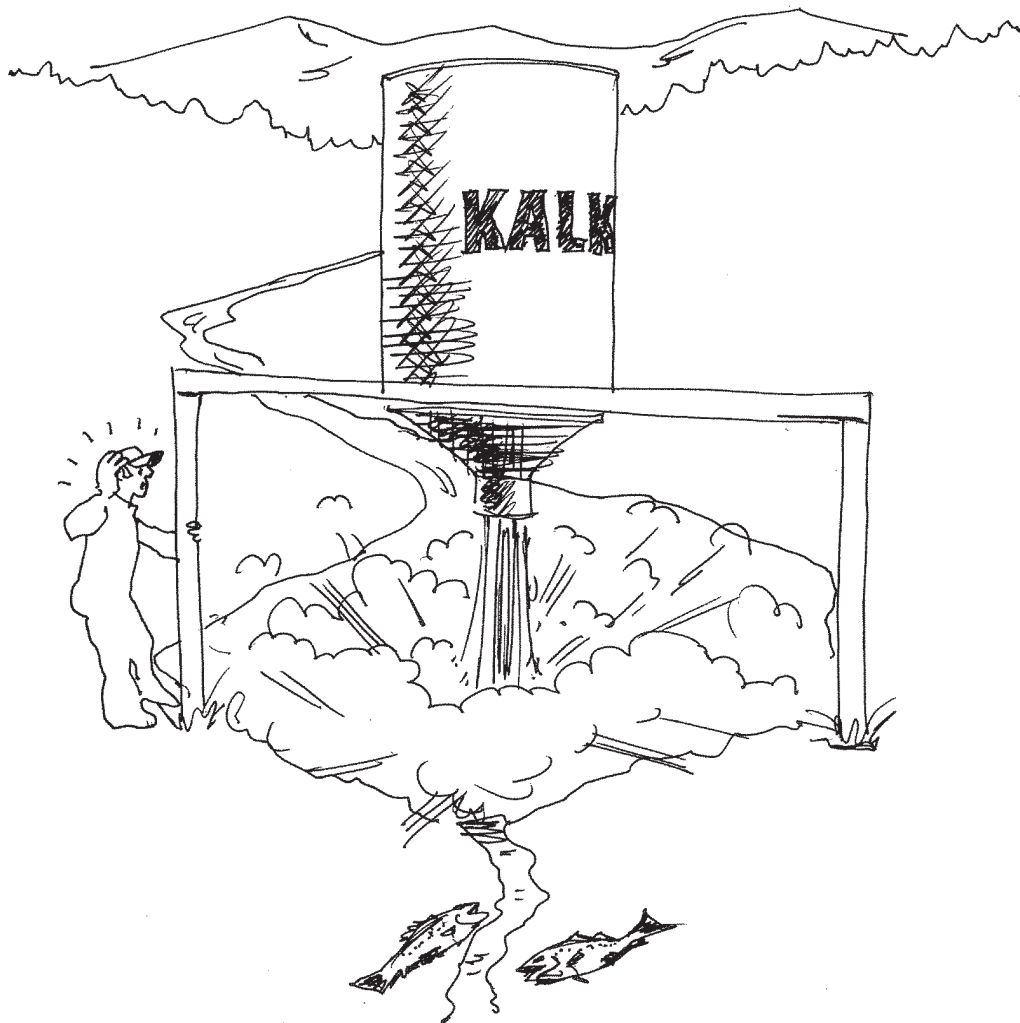


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget År 2021



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

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

Internett: www.niva.no

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget År 2021	Løpenummer 7753-2022	Dato 03.06.2022
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 22

Oppdragsgiver(e) Froland kommune	Kontaktperson hos oppdragsgiver Terje Flaten
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17132

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anleggene. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2021) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Bøylefoss kalkdoseringsanlegg hadde fem avvik fra pH-målet hvorav minst et kan ha hatt negativ betydning for smoltkvaliteten. Likevel betegnes driftssikkerheten som god. Kalkforbruket var 2/3 av forbruket i 2020, hovedsakelig på grunn av lavere avrenning i 2021. Ved Gauperå doseringsanlegg i Songeelva kom kalkingen tregt i gang ved flomsituasjoner, og utstrakt bruk av fast doseringshastighet gav svært varierende doser. Det var mange avvik fra pH-målet. Et stort avvik kan ha påvirket smoltkvaliteten negativt. Driftssikkerheten var ikke god. Omplussing av pH-stasjonen nedstrøms anlegget og/eller endring av styringsprinsipp kan endre forholdene. Tiltak for bedring av pH-målingene oppstrøms anlegget må også gjennomføres dersom disse skal benyttes som styringsparameter. Vanntemperaturen bør innføres som logget parameter i Songeelva.</p>
--

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Kalkdosering Overvåking Måleteknikk 	<ol style="list-style-type: none"> River system Lime dosing Monitoring Measuring technique

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

Rolf Høgberget

Prosjektleder/Hovedforfatter

Kvalitetssikrer

Sondre Meland

Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7489-9

NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget
År 2021**

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 2019 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, 02.06. 2022

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
1.1	Driftskontrollsystemet.....	7
1.2	Kalkingsstrategi i vassdraget	7
1.3	Ord og uttrykk.....	8
2	Driften av anleggene.....	10
2.1	Bøylefoss doseringsanlegg	10
2.1.1	Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen	10
2.1.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet	10
2.1.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen	10
2.2	Gauperå doseringsanlegg	13
2.2.1	Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen	13
2.2.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet	13
2.2.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen	13
3	Vurderinger og forslag til tiltak.....	18
3.1	Doseringseffektiviteten, Songeelva.....	18
3.2	Temperaturmålinger i Songeelva og Nidelva	18
3.3	For lave kalkdoser under flom.....	18
3.4	Sensorplassering for pH nedstrøms anlegget.....	19
4	Referanser.....	20

Sammendrag

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2021) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg

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 hovedelva, og mye avhenger derfor av at det fungerer tilfredsstillende til enhver tid.

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren gjennom året 2021. Vannstand, dosering og beholdning ble avlest kontinuerlig som stabile verdier gjennom hele perioden. Det oppsto målefeil på pH oppstrøms anlegget en del ganger. Slike feil forstyrrer forhåndsdoseringen som beregnes på grunnlag av vannføring og pH oppstrøms anlegget. pH nedstrøms anlegget falt også bort i to lange perioder. NIVAs driftskontroll oppdaget også feil målinger ved en anledning.

Det ble totalt dosert 2566 tonn kalksteinsmel. Dette er bare 2/3 av forbruket i 2020, noe som primært kan tilskrives lavere avrenning til vassdraget.

Fem avvik fra pH-målet oppsto i smoltifiseringsperioden. Spesielt ett avvik (2. mai) kan ha hatt negativ betydning for smoltkvaliteten.

Gauperå doseringsanlegg i Songeelva

Songeelva er en periodisk sur elv. Det betyr at den normalt har en akseptabel vannkvalitet for laks, men blir sur under flom. Doseringsanlegget som ble etablert i 2020 har som formål å dosere kalk i disse flommene slik at vannkvaliteten blir akseptabel hele tiden.

Loggedata er innhentet fra MikaCom, se 1.3. Disse viser komplette loggeserier fra anlegget gjennom hele året. Det var urealistiske vannføringstall i en lang periode, og pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget viste urealistiske verdier i januar og februar. Også om høsten var pH-målingene preget av flere store justeringer som indikerer at målingene var svært usikre.

Ved befaring foretatt 12. oktober 2021 ble det konstatert sedimentering ved pH-sensoren som medførte at denne målte i sedimentet (sand). Kalkingen kom tregt i gang ved flomsituasjoner. Dette er muligens årsaken til at anlegget ofte ble driftet med konstant dosering, noe som gir svært varierende doser. Det ble også dosert i lange perioder uten at dette ble registrert som dosering i styringssystemets logg. Totalt dosert ble det 37 tonn kalksteinsmel.

Det var mange avvik fra pH-målet, og flere av avvikene var store. Et stort avvik i perioden 11. – 19. mai oppsto midt i utvandringstiden. Dette kan ha påvirket smoltkvaliteten negativt i forbindelse med utvandring til havet. Alle disse forholdene antyder at anlegget var vanskelig å drifte, og effektiviteten på anlegget var ikke god.

For bedring av situasjonen bør det vurderes løsninger som korter ned reaksjonstiden ved flom. Aktuelle tiltak kan være: Omplussing av pH-stasjonen nedstrøms anlegget og/eller endring av styringsprinsipp for raskere reaksjon ved kalkbehov. pH oppstrøms må også vise korrekte verdier dersom denne skal benyttes som styringsparameter.

Vanntemperaturen bør innføres som logget parameter i Songeelva.

Summary

Title: Evaluation of lime dosing operation in Arendal River in 2021.

Year: 2022

Author(s): Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7489-9

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 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 2021, and includes recommendations based on discrepancies from optimal operation detected in 2021.

1 Introduksjon

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). Det utarbeides årlige rapporter som alle er listet under «Referanser».

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

- 1) Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal kalkes 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.
- 2) 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 Kalkingsstrategi 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, (Figur 1). Målet med denne dosereren er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva. For å øke lakseproduksjonen i dette området er det senere arbeidet med å bedre forholdene i sidevassdragene. Et ledd i dette var etableringen av Songeelva doseringsanlegg nær Gauperå. Anlegget ble satt i drift i april 2020. 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).

Begge doseringsanleggene er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. På Bøylefossanlegget er målestasjonen for pH nedstrøms er plassert på Eivindstad. Målet med kalkingen herfra er at pH ved Rykene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 14. april, 6,4 i perioden 15. april -31. mai og over 6,0 ellers i året. Det forhøyede pH-målet om våren skyldes at laksesmolt (*Salmo salar*) 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 Eivindstad være noe høyere enn målet ved Rykene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Dosereren i Songeelva har ikke fått egne pH-mål, men doserer etter de samme målene som i hovedelva (Froland kommune v/Kai Bakken pers. med.). Det er ikke etablert eget driftskontrollsystem på dette anlegget. Doseringsdata blir isteden innhentet fra MikaCom, se 1.3.

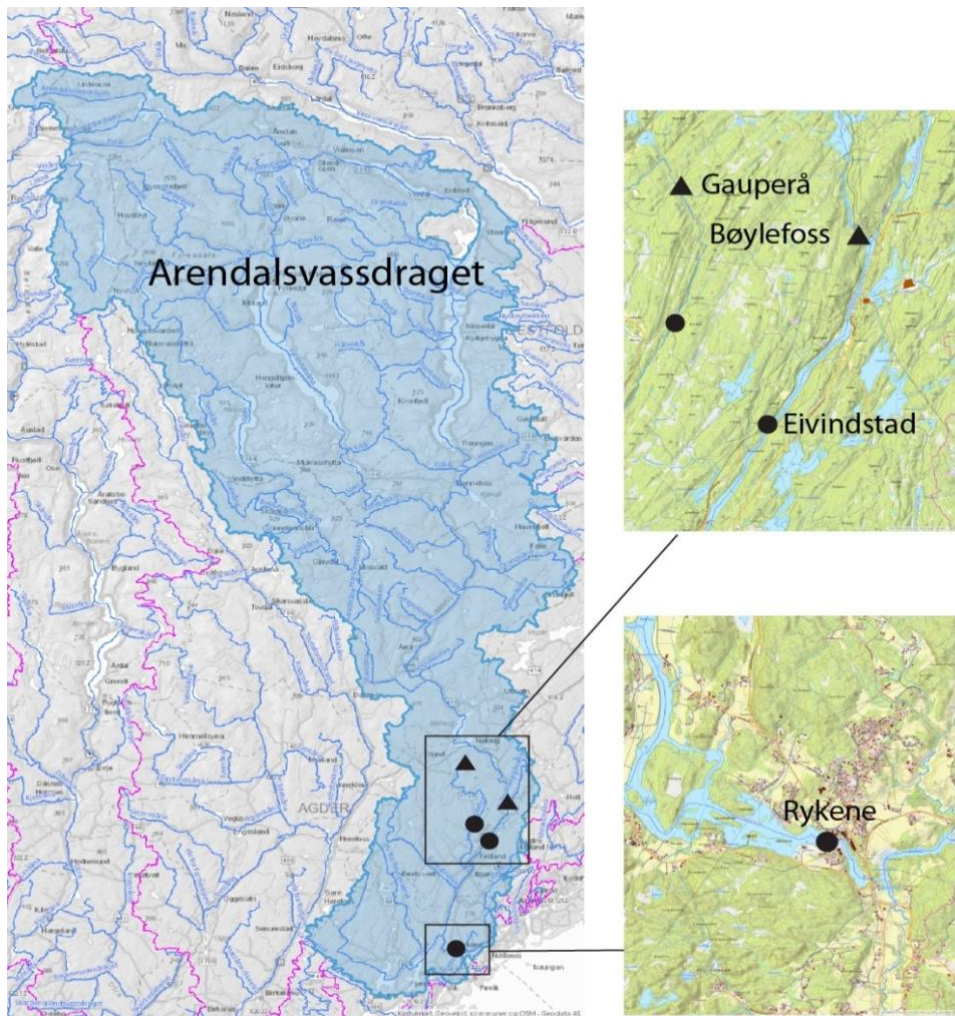
Optimal kalkdosering er avhengig av at det måles riktige pH-verdier. Også i 2021 ble kvaliteten av målingene sikret gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) selv om vår-møtet måtte avlyses grunnet samlingsrestriksjoner som følge av pandemi-utbrudd i Norge. pH-verdiene for 2021 ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rykene er kvalitetssikret av NIVA og blir publisert i en egen notatserie fra Miljødirektoratet. De øvrige pH-dataene har ikke gjennomgått slik kvalitetssikring.

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 mengde kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest gram per sekund (g/s).
Dose	Dosering av kalk per volum vann (konsentrasjonen). Den vanligste enheten er gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva. (g/m ³)
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	Lageret av kalk eller annet avsyingsmiddel på kalkdoseringsanlegget. Betegnes også som «silonivå».
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).
MikaCom	Programvare benyttet på anlegget til kontroll og styring av doseringsanlegget. Programvaren er utviklet av Miljøkalk, En avdeling av Franzefoss Minerals.



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av to områder som viser plasseringen av kalkdoseringsanleggene (triangler) og pH-målepunkter (sirkler).

2 Driften av anleggene

2.1 Bøylefoss doseringsanlegg

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Anlegget kan styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles på Eivindstad 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, der 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 Eivindstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rykene sluses 500-1500 fisk hvert år. Innretningen var i løpet av 2021 i ferd med å erstattes av en 270 m lang fisketrapp som gjør slusa overflødig. Ved Eivindstad 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 Eivindstad.

2.1.1 Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren gjennom året 2021, men tidsstempelen måtte justeres 8 timer ved en anledning i oktober. Grunnet manglende tilgang på temperaturdata fra stasjonen nedstrøms anlegget, har denne parameteren også i år vært utilgjengelig.

2.1.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Vannstand, dosering og beholdning ble avlest kontinuerlig som stabile verdier gjennom hele perioden.

pH oppstrøms anlegget hadde en del kortvarige målefeil på grunn av stans i gjennomstrømmingen av målekyvetta. Det oppsto også feil over lengre perioder fire ganger; 8. juli, 11. og 22. september og 11. desember. Målefeil oppsto da i henholdsvis 14, 14, 109 og 37 timer. Slike feil forstyrrer forhåndsdoseringen som beregnes på grunnlag av vannføring og pH oppstrøms anlegget.

pH nedstrøms anlegget falt bort i to lange perioder; 16. juni (26 timer) og 22. september (101 timer).

Kvaliteten på pH-målinger fra doseringsanlegget er sikret gjennom interkalibreringsarbeidet for kalkingsoperatører som benytter pH som prosess-signaler (pH-lauget). Likevel kan det oppstå feil som NIVAs driftskontroll oppdager. Et slikt tilfelle ble meldt 8. oktober, da pH nedstrøms anlegget viste for lave verdier.

For orden skyld nevnes at bare data fra pH-overvåkingsstasjonen på Rykene er kvalitetssikret av NIVA for rapportering i Miljødirektoratets notatserie; «Kalking av laksevassdrag skadet av sur nedbør».

2.1.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Tidlig i januar var dosene 1,5 1,7 g/m³. Deretter ble de redusert til ca. 0,5 g/m³ gjennom vinteren til midt i februar, da dosene ble øket til i området 0,8 g/m³. Midt i april økte dosene ytterligere til 1,5 g/m³. Høye doser ble opprettholdt til 1. juni da doseringen ble betydelig redusert, og opphørte nesten totalt midt i juni som følge av høy pH oppstrøms anlegget (pH >6). Det var ikke behov for kalk i en periode fra 14. juni til 6. oktober, bare avbrutt av en liten periode på 4 dager fra 16. august, da

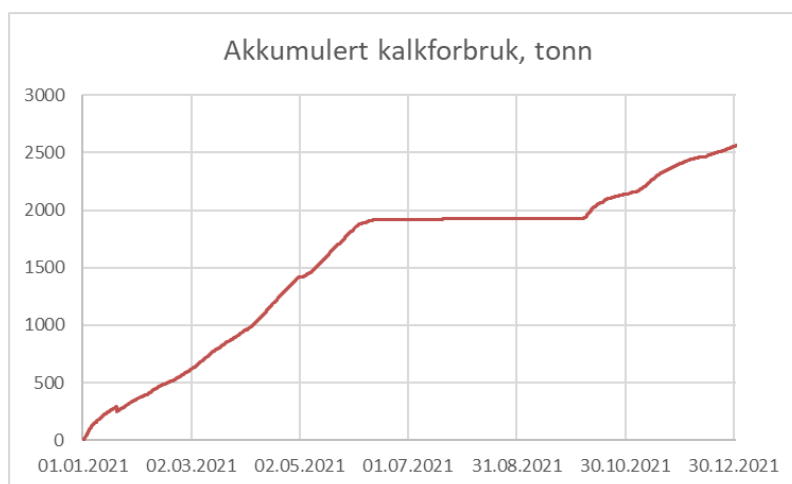
det ble dosert 2,75 tonn ved litt høy sommervannføring (125 m³/s). Selv om kalkbehovet uteble, ble det dosert ca. 10,4 tonn for å hindre at kalksteinsmel stivnet i beholdningstanken og dermed svekket doseringsevnen, (Figur 2). Da behovet for kalking oppsto om høsten, ble dosene raskt øket til 1,7 g/m³ for så igjen å bli redusert til 0,4 g/m³. Deretter økte dosene igjen til 1,5 g/m³ midt i november. Årsaken til disse svingningene var store variasjoner i pH oppstrøms anlegget. I desember ble dosene redusert til ca. 0,5 g/m³.

Det ble totalt dosert 2566 tonn kalksteinsmel. Dette er bare 2/3 av forbruket i 2020, noe som primært kan tilskrives lavere avrenning til vassdraget. Akkumulert kalkforbruk i Figur 2 viser hvordan kalkdoseringen ble fordelt gjennom året.

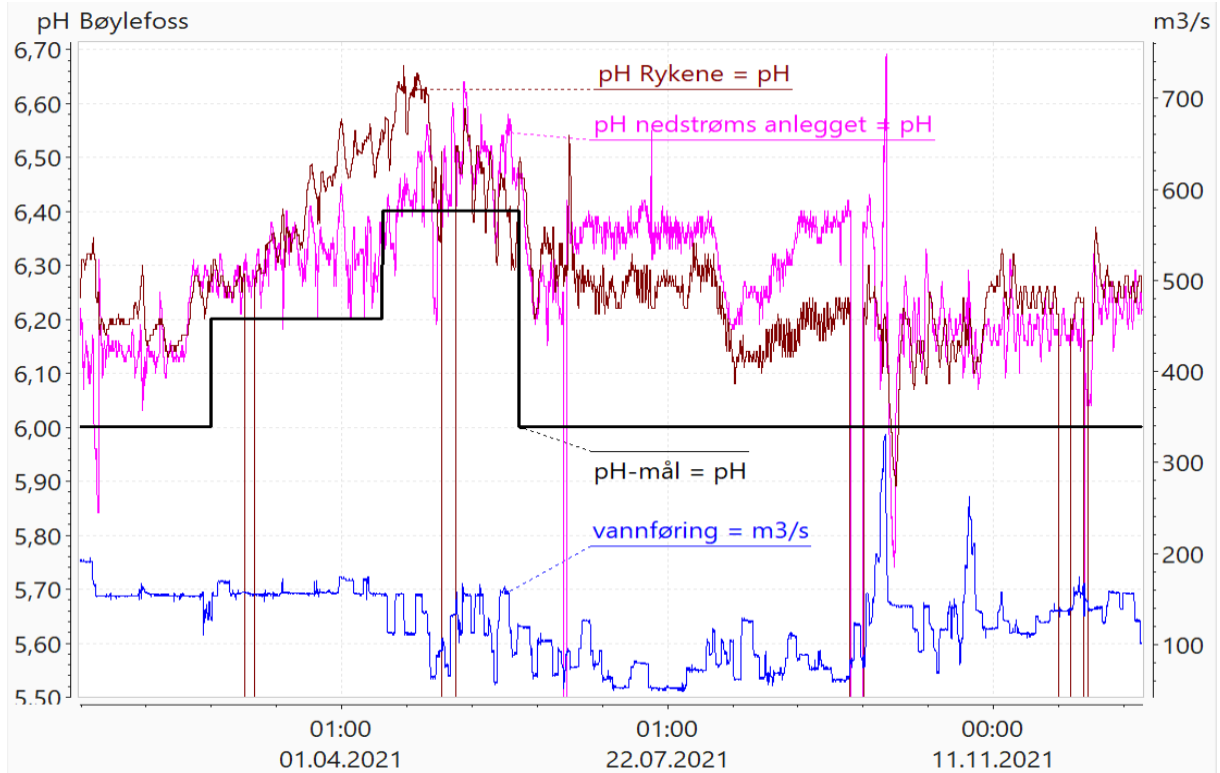
Figur 3 viser pH i lakseførende strekning av elva sammen med pH-målet gjennom året. Vannføring er også vist i figuren. Det oppsto 6 tilfeller med pH under målet i mer enn 8 timer i øvre eller nedre del av lakseførende strekning, Tabell 1. Fem av disse tilfellene oppsto i smoltifiseringsperioden med forhøyet pH-mål. Spesielt avviket 2. mai ved Evenstad kan ha hatt negativ betydning for smoltkvaliteten. Vanntemperaturen var da økende fra 7 til 8 °C, og smoltutvandring var da kommet i gang (Haraldstad og Johansen 2021). Avviket i hele lakseførende strekning 23. mai oppsto også før vanntemperaturen hadde steget vesentlig. Temperaturen var 10 °C, og en del smolt befant seg da fortsatt i elva. Selv ved neste avvik 27. mai var temperaturen lav. Smoltutvandringen var da avtatt, men ikke avsluttet. Vanntemperaturen ved Rykene gjennom året er gjengitt i Figur 4.

Tabell 1. Antall timer vannet i Nidelva var lavere enn pH-målet i hele lakseførende strekning året 2021. (Kortvarige episoder under 8 timer er ikke medregnet).

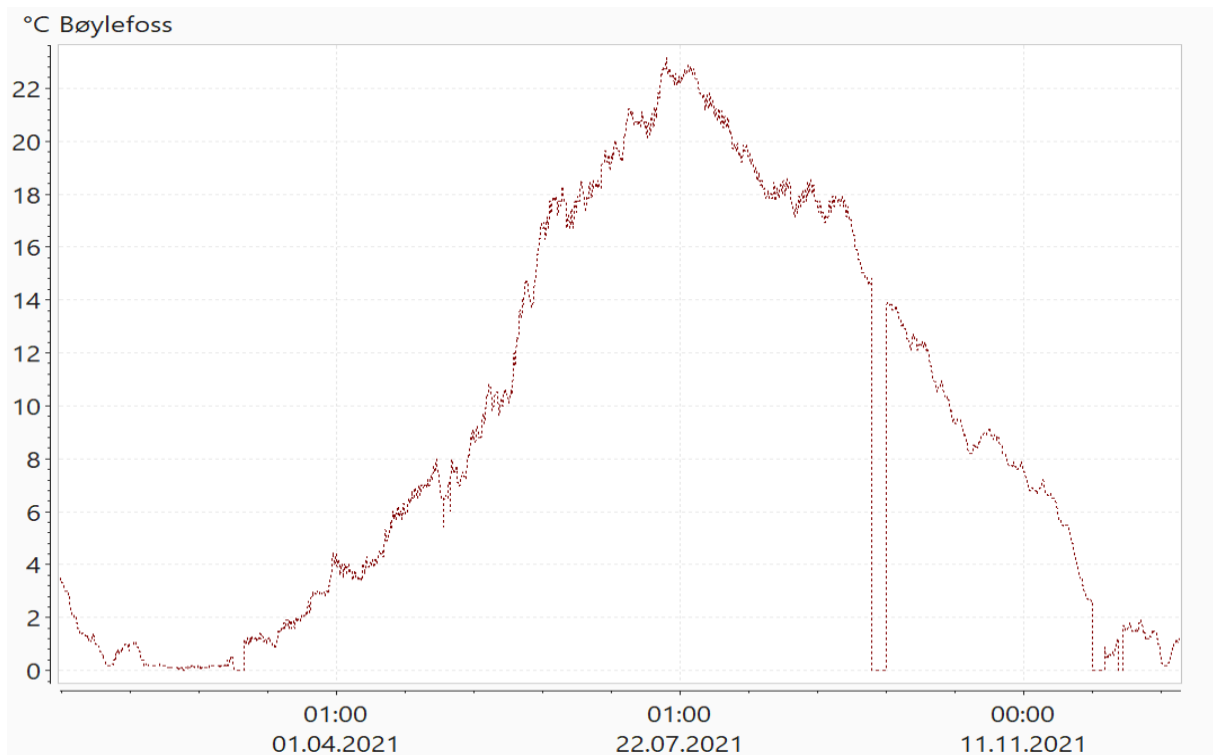
Dato	Timer under pH-målet Eivindstad	Rykene	Laveste verdi pH	pH-avvik	Merknad
15.04.2021	33		5,8	0,2	
17.04.2021	53		6,3	0,1	
02.05.2021	41		6,2	0,2	
23.05.2021	28	21	6,3	0,1	
27.05.2021		47	6,3	0,1	
04.10.2021	45	39	5,7	0,3	Avvik på Rykene var 0,1



Figur 2. Akkumulert kalkforbruk i Nidelva, Arendalsvassdraget året 2021. Det var en lang periode om sommeren og deler av høsten uten behov for kalk, da pH-målet for laks i denne tiden var oppnådd også ovenfor doseringsanlegget.



Figur 3. pH nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg og på Rygene sammenholdt med pH-målene gjennom året 2021. Vannføringen er også vist.



Figur 4. Vanntemperatur på Rygene gjennom året 2021.

2.2 Gauperå doseringsanlegg

Lakseproduksjonen i Arendalsvassdraget er vesentlig lavere enn ventet i forhold til antall oppvandrende fisk (Haraldstad m. fl. 2014). Et av forbedringstiltakene er å tilrettelegge for økt produksjon i sidevassdragene. Songeelva er en slik elv som har stort potensiale for lakseproduksjon, men elva har vært sporadisk sur (Høgberget 2014). Smoltfangst foretatt i elva har vist at tross marginal vannkjemi, har elva en viss lakseproduksjon (Haraldstad 2018). Lakseførende strekning i elva er 11,6 km. Oppvandringshinderet beskrives å være ved Gauperå, men det hevdes at laks kan vandre forbi dette punktet ved visse vannføringer. Doseringsanlegget er plassert ca. 1,2 km oppstrøms oppvandringshinderet. Doseringen blir styrt etter vannføring og pH oppstrøms og nedstrøms dosereren, (Figur 1). pH-stasjonen nedstrøms anlegget er plassert i en avstand på 3 km fra anlegget.

2.2.1 Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen

Det foreligger komplette loggeserier fra anlegget gjennom hele året 2021. Disse dataene ble innhentet fra MikaCom, se 1.3. Verdier for vannstand, silonivå, dosering, pH-oppstrøms anlegget og pH nedstrøms anlegget er alle intakte dataserier.

2.2.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Miljøkalk (leverandøren av doseringsanlegget) har utarbeidet en sammenheng mellom målt vannstand og vannføringen. Denne gir realistiske sammenhenger mellom lavvann og flom. Imidlertid ble det fra 28. august til 27. september registrert 0 i vannstand og vannføring. Det er tvilsomt at Songeelva var helt uten vannføring i denne perioden. pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget viste urealistiske verdier i januar og februar. Også om høsten var disse dataene preget av flere store justeringer som indikerer at målingene var svært usikre, (Figur 5).

Ved befaring foretatt 12. oktober 2021 ble det konstatert sedimentering ved pH-sensoren som medførte at denne målte i sedimentet (sand).

2.2.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Kalkingsanlegget doserte bare i flomsituasjoner. PLS-dosene viste da beregnede konsentrasjoner opp til 4,5 g/m³. Det ble også dosert i lange perioder uten at dette ble registrert som dosering i styringssystemets logg, (Figur 6).

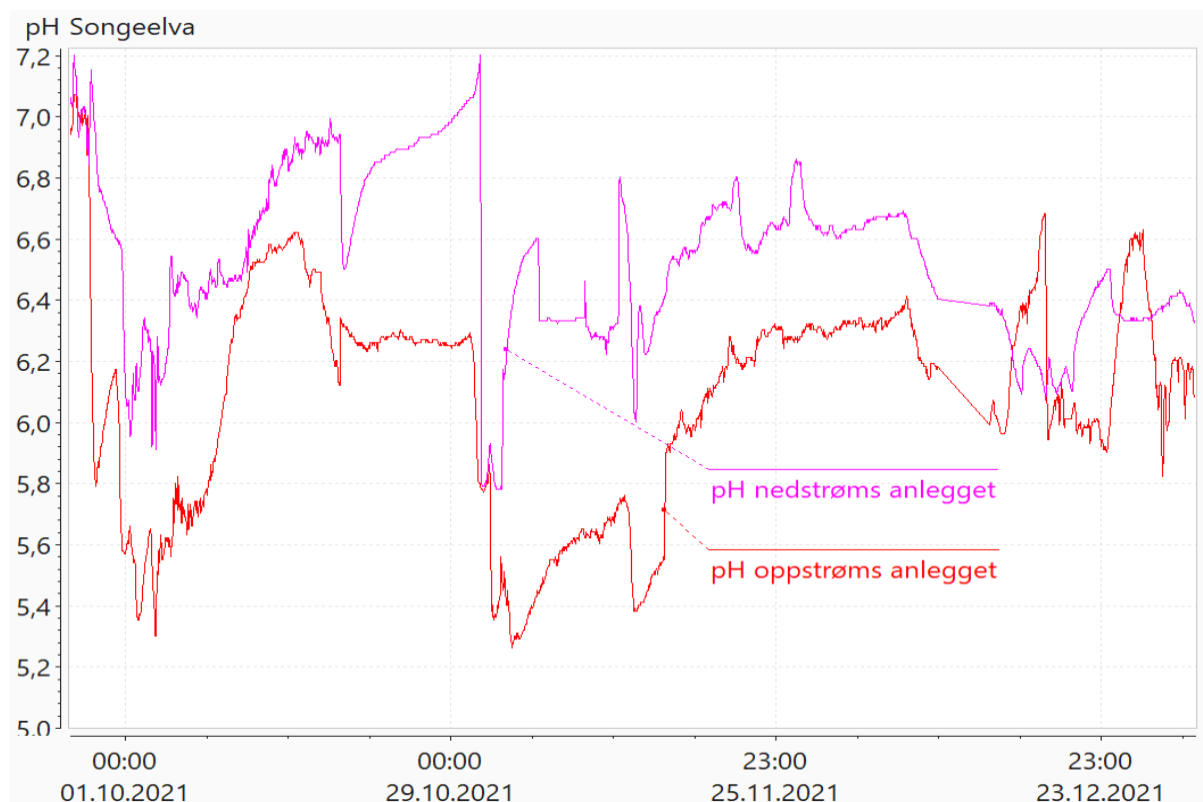
Kalkingen kom for seint i gang ved behov, (Figur 7). Det ble totalt dosert 37 tonn med kalksteinsmel. Figur 8 viser akkumulert kalkforbruk gjennom året. Figur 9 viser at anlegget ofte doserte med konstant dosering. Det betyr at dosene varierte en del, da vannføringen varierte mye. Dosene var ofte høye under flom (3-4 g/m³). Det ble også i flere perioder dosert kalk selv om loggen fra PLS-styringen viser null dosering.

Det var mange avvik fra pH-målet, til sammen 450 timer. Flere avvik var store, med pH 5,6 som laveste nivå i en tid med pH-mål 6,2. De fleste av periodene med for lav pH var også langvarige, se Tabell 2. Antall timer vannet i Songeelva var lavere enn pH-målet i året 2021. (Kortvarige episoder under 8 timer er ikke medregnet). Årsaken til de fleste tilfellene var at dosering ble startet for sent i forhold til begynnende flom, (ref. Figur 7). Kalkdosene ble også feil da anlegget gikk på fast dosering. PLS-dosen viste da null dosering, mens det i realiteten ble dosert kalk. Et slik tilfelle er vist i Figur 10. Da var den reelle dosen gjennom 34 dager gjennomsnittlig 0,46 g/m³, og for lite tilpasset det faktiske behovet til enhver tid.

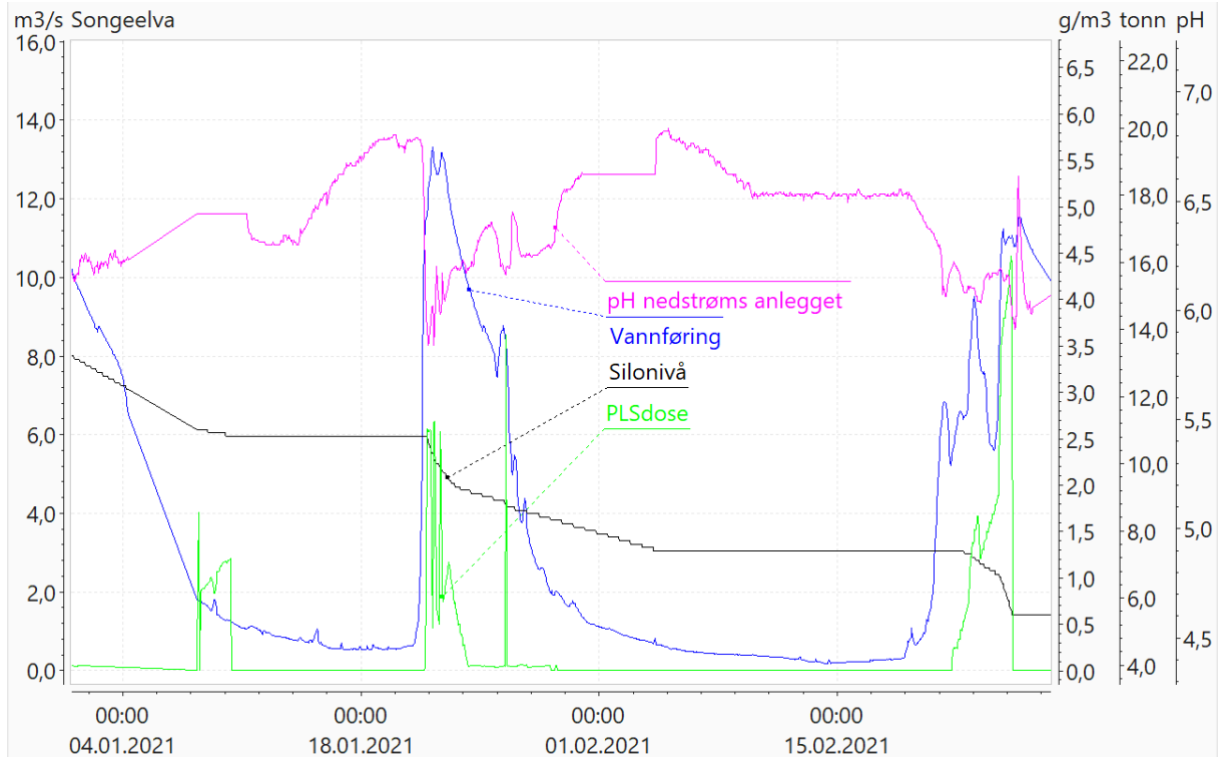
Tabell 2. Antall timer vannet i Songeelva var lavere enn pH-målet i året 2021. (Kortvarige episoder under 8 timer er ikke medregnet). Usikker registrering skyldes manglende logg inne i perioden.

Dato	Timer under pH-målet i Songeelva	Laveste verdi pH	pH-avvik	Merknader
21.02.2021	11	6,1	0,1	
22.02.2021	81	5,9	0,3	
26.02.2021	96	6	0,2	Usikker
11.03.2021	29	5,6	0,6	
27.03.2021	9	6,1	0,1	
10.05.2021	42	6,2	0,2	
16.05.2021	9	6,3	0,1	
17.05.2021	36	6,3	1	
25.05.2021	93	6,1	0,3	
31.10.2021	44	5,8	0,2	

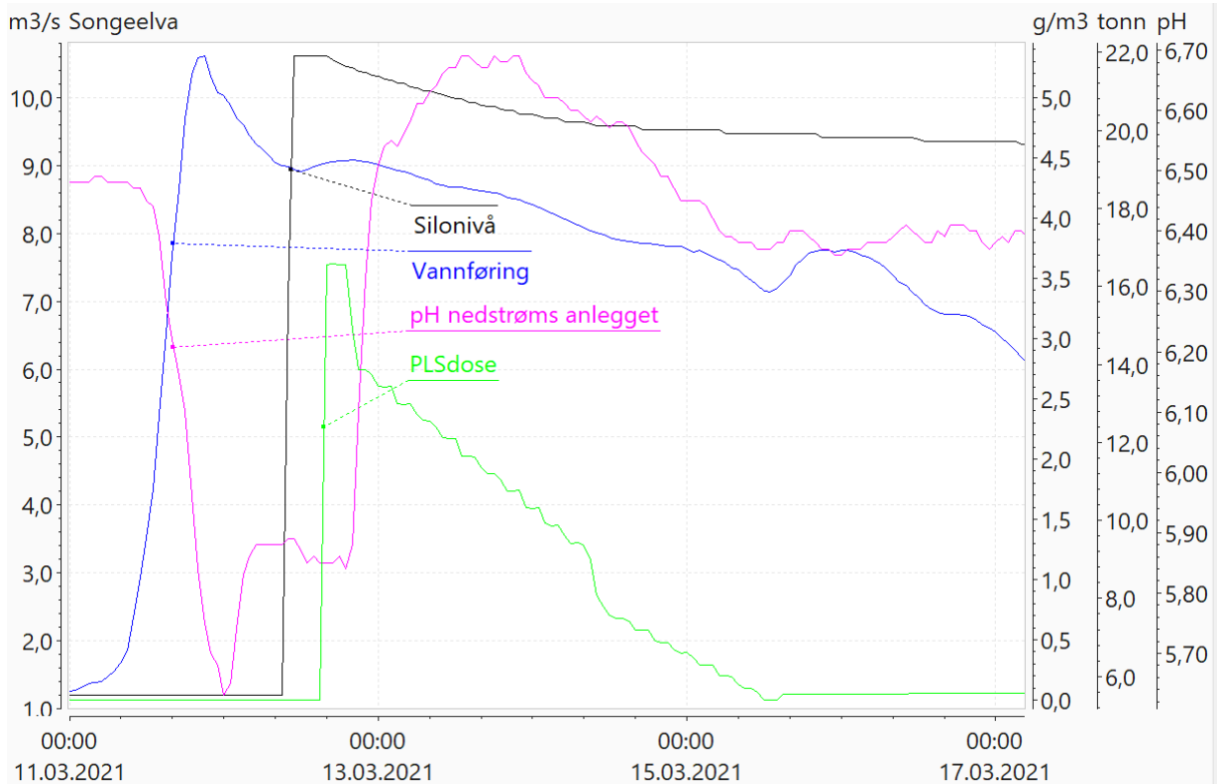
Det store avviket fra pH-målet 11. mars oppsto nokså tidlig i smoltfiseringsperioden. Det finnes ikke logg på vanntemperatur i Songeelva, men i hovedelva (Nidelva) var temperaturen omkring 2 °C på dette tidspunktet. Det er sannsynlig at smoltfiseringsprosessen derfor ikke hadde kommet særlig langt, og effekter på smoltfiserende laks var lav. Avvikene i perioden 11. – 19. mai oppsto midt i utvandringstiden, og dette kan ha påvirket smoltkvaliteten negativt i forbindelse med utvandring til havet. pH nedstrøms anlegget sammen med pH-målene gjennom året er gjengitt i *Figur 11*.



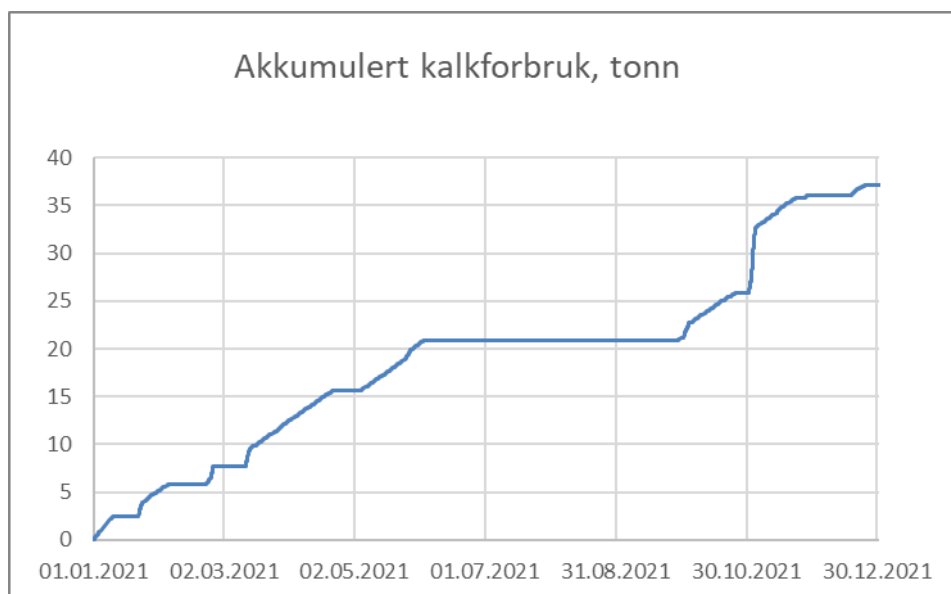
Figur 5. Ustabilitet i avleste pH-verdier på Songeelva doseringsanlegg høsten 2021.



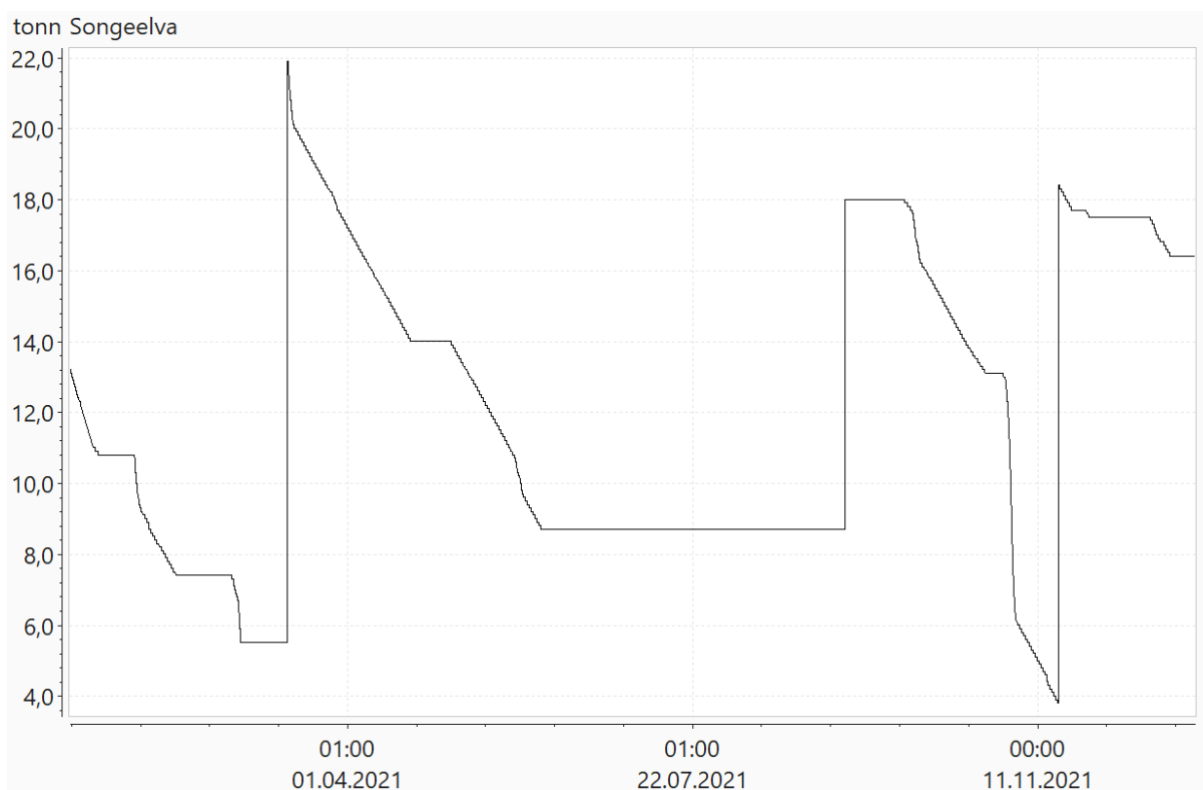
Figur 6. Vannføring, silonivå, PLS-dose og pH nedstrøms doseringsanlegget i Songeelva vinteren 2021.



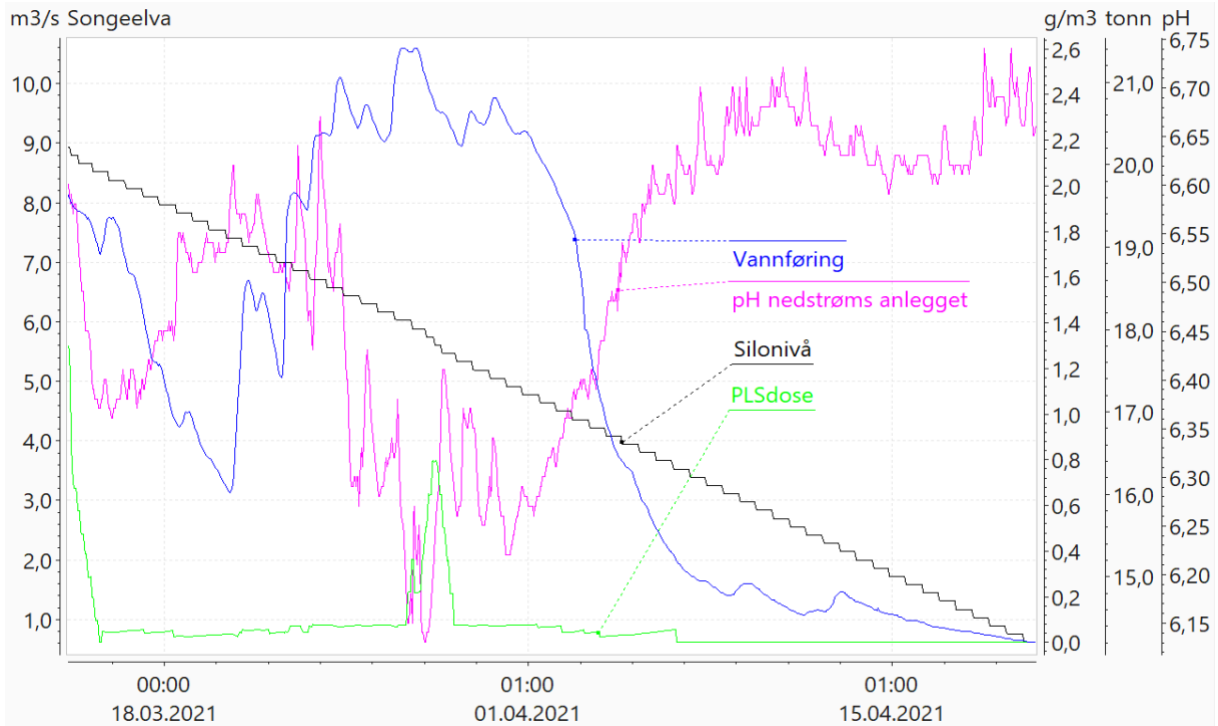
Figur 7. Et eksempel der doseringen kom alt for sent i gang. Vannføring, silonivå, PLS-dose og pH nedstrøms doseringsanlegget i Songeelva en uke i mars 2021.



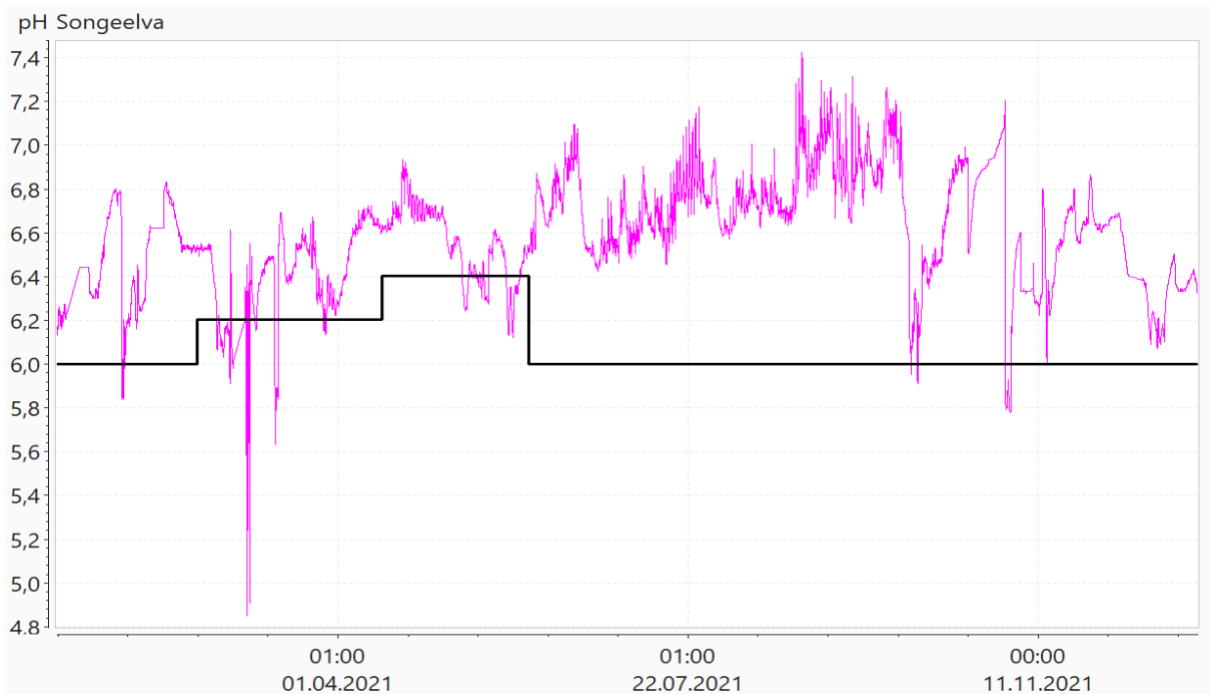
Figur 8. Akkumulert kalkforbruk i Songeelva, Arendalsvassdraget året 2021.



Figur 9. Silonivået i hele 2021. Rette linjer i grafen indikerer konstant dosering.



Figur 10. Vannføring, silonivå, PLS-dose og pH nedstrøms doseringsanlegget i Songeelva i deler av våren 2021. Det er nesten ingen sammenheng mellom doseringsmengden og kalkbehovet slik at dosene blir tilfeldige.



Figur 11. pH-målet for Songeelva sammen med pH medstrøms anlegget i hele 2021. Den store «dropen» i begynnelsen av mars er ikke reell (pH 4,8), men skyldes sannsynligvis elektroniske forstyrrelser.

3 Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 Doseringseffektiviteten, Songeelva

Songeelva er en periodisk sur elv. Det betyr at den normalt har en akseptabel vannkvalitet for laks, men blir sur under flom. Doseringsanleggets oppgave er å dosere kalk i disse flommene slik at vannkvaliteten blir akseptabel hele tiden. I 2020 skjedde dette i liten grad (Høgberget mfl. 2021). Også i 2021 fortsatte doseringen med lav grad av måloppnåelse. Som i 2020 var hovedårsaken til dette at doseringen kom for sent i gang ved behov. Det er tidligere pekt for lang tilbakemeldingstid ved synkende pH som skal utløse dosering. pH-stasjonen nedstrøms anlegget er plassert i for stor avstand fra doseringsanlegget. Det bør vurderes løsninger som korter ned denne reaksjonstiden.

Anlegget doserer med fast dosering i lange perioder når det ikke er behov for kalk. Når pH er høy, vil ikke kalken løses i vannmassene, men sedimenterer isteden midlertidig på elvebunnen. Dette virvles opp igjen ved begynnende flom, og går i løsning. pH vil da holdes høyt i begynnelsen av flommen, men blir raskt redusert når effekten opphører. Ved automatisk drift villeder denne effekten styringssystemet slik at doseringen ikke begynner tidlig nok.

Det er også et problem at pH oppstrøms ikke måler lave verdier når det er et reelt kalkbehov. Årsaken kan være feil på måleutstyr eller andre forhold som forårsaker feil målinger, se *Figur 12*.

3.2 Temperaturmålinger i Songeelva og Nidelva

Temperaturdata er viktig ved vurdering av smoltutvandringsperioder og rognklekkingstidspunkter. I Arendalsvassdraget er nøyaktig vanntemperatur bare mulig å innhente fra et sted. Det er ved pH-overvåkingsstasjonen på Rygene. Årsaken er at denne måleren er nedsenket i vannet, og ikke plassert i en kyvette der vannet blir pumpet opp før måling. Pumpevannet kan påvirkes av romtemperaturen der kyvetta er plassert og effekter av omgivelsestemperaturen i transportslangen. Dersom denne oppvarmes om vinteren, gir dette også temperaturutslag.

I Songeelva blir pH målt med en nedsenket sensor. Der måles også temperaturen, men denne blir ikke lagret i doseringsanleggets logg. Dette bør innføres som logget parameter. pH nedstrøms Bøylefoss-anlegget måles også med nedsenket sensor. For bedre kontroll av temperaturen i hele lakseførende strekning, er det en fordel om også denne blir dokumentert i en logg.

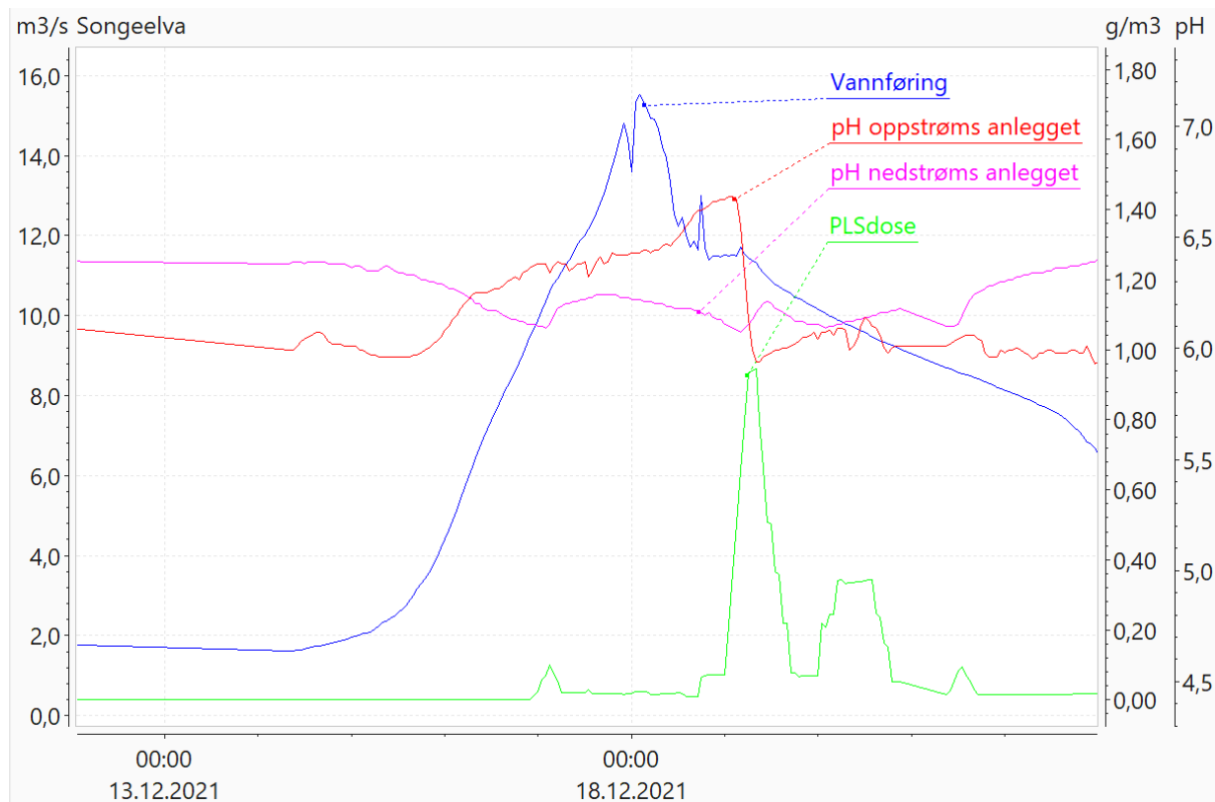
Temperaturloggene må være basert på riktig kalibrerte målinger, slik at de kan benyttes i beregning av døgngrader.

3.3 For lave kalkdoser under flom

Ved fast manuelt innstilt dosering ble det for lave doser under flom i smoltutvandringstiden om våren, (*Figur 10*). Det er ikke kjent hvorfor anlegget ble styrt med manuelle innstillinger, men dersom årsaken er å unngå forhold beskrevet i 3.1, forsterker dette behovet for bedre tilpasset kalkdosering.

3.4 Sensorplassering for pH nedstrøms anlegget

Det er tidligere påpekt problemer omkring sedimentering av sand rundt pH-måleren nedstrøms anlegget (Høgberget m. fl. 2021). Også i 2021 ble det observert slik sedimentering ved et tilfeldig besøk på stasjonen (12. oktober). Sand var da i ferd med å omslutte enden av røret der pH-elektroden er plassert. Dersom pH-nedstrøms anlegget blir omplassert, vil dette problemet bortfalle.



Figur 12. Eksempel på et tilfelle der feil målinger av pH oppstrøms anlegget kan ha redusert reaksjonstiden for start av dosering.

4 Referanser

- Haraldstad, T. 2018. Smoltutvandring Nidelva 2018. NIVA notat j.nr.: 1337/18.
- Haraldstad, T. Güttrup, J. og Haugen, T. O. 2014. Smoltutvandring i Nidelva 2014 - Utprøving 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 Johansen, K. 2021. Overlevelse og vandringsatferd til smolt og vinterstøinger av laks gjennom minstevannføringsstrekningen til Rygene kraftverk, Nidelva. NIVA-rapport 7666 - 2021.
- 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. 2014. Songeelva som potensiell lakseprodusent og kalkingslokalitet. NIVA rapport 6597.
- 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.

- Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2018. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2017. NIVA-rapport 7257.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2019. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2018. NIVA-rapport 7395.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2020. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2019. NIVA-rapport 7502.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2021. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2019. NIVA-rapport 7634.
- 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

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no