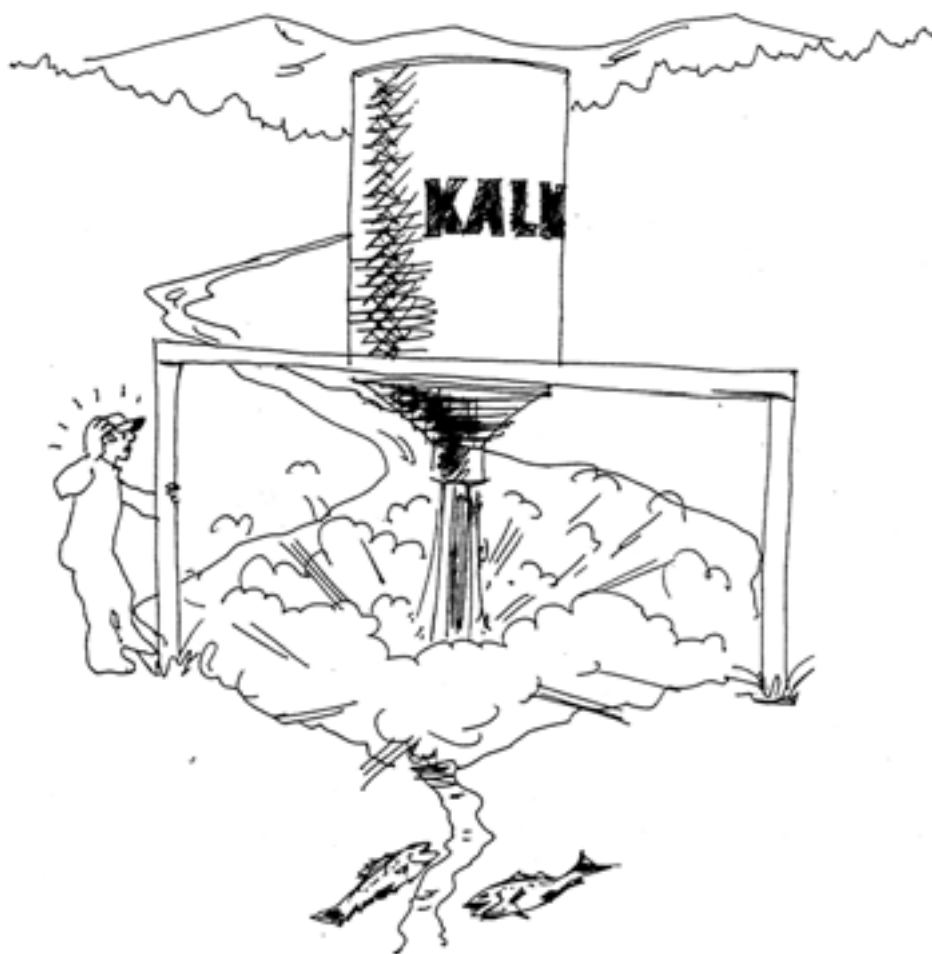


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg
i Mandalsvassdraget.
Avviksrapport 2010



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 41
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

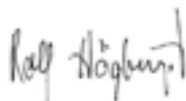
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport 2010	Løpenr. (for bestilling) 6171-2011	Dato April 2011
	Prosjektnr. Undernr. 11133	Sider Pris 22
Forfatter(e) Rolf Høgberget Lise Tveiten	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

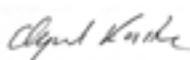
Oppdragsgiver(e) Samarbeid om kalking av Mandalsvassdraget, MANKALK. (Audnedal, Evje- og Hornnes, Mandal, Marnardal, Songdalen og Åseral kommune).	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til de enkelte anleggene i vassdraget. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Smeland doseringsanlegg hadde dårligere driftssikkerhet enn normalt. Det etterlyses klare retningslinjer for doseringsregimet ved anlegget. Håverstad-anlegget doserte meget tilfredsstillende. Doseringsbidraget fra Smeland kan være tilstrekkelig for å avhjelpe midlertidig forsuring ved ekstreme vannføringer i vassdraget. Bjelland-anlegget doserte tilfredsstillende for lakseførende strekning i elva til tross for langvarig defekt i radiooverføringene av pH-data. Vannføringsmåleren bør flyttes slik at maksimal vannføring kan registreres. Kartlegging av pH-effektene ved stasjonen nedstrøms anlegget bør gjennomføres. Logåna-anlegget hadde dårligere driftssikkerhet enn normalt. Mange signalfeil oppsto på anlegget. Anlegget var for lang tid stengt av. Tiltak må gjennomføres for å sikre bedre kontinuerlig driftsvakt.</p>
--

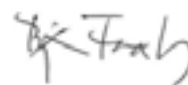
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Kalkdosering Overvåking Måleteknikk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> River system Lime dosing Monitoring Measuring technic
--	---



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Mandalsvassdraget**

Avviksrapport 2010

Forord

Tidligere erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer en upresis kalkdose til vassdragene de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift, er det avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at driften er tilnærmet optimal. Ideelt sett innebærer dette full kontinuerlig drift uten uønskede stopp og at dosen til enhver tid verken er for lav eller høy i forhold til oppsatte mål.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt. Dette systemet for driftskontroll ble etablert i Mandalsvassdraget i 1999 som et ledd i å dokumentere effektiviteten i den daglige driften ved anleggene i vassdraget, samt å være et ekstra prosessverktøy for operatører og annet personell i MANKALK (interkommunal stiftelse bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget). Det ble inngått ny rammeavtale 15. mai 2001, som inkluderer ansvaret for pH-målingsutstyr som prosessverktøy ved kalkingsanleggene.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun, Lise Tveiten og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har også laget kartene i rapporten.

De årlige avvikrapportene gir en dokumentasjon av arbeidet med driftskontroll ved kalkingsanleggene i Mandalsvassdraget.

Oppdragsgiver er MANKALK. Prosjektet støttes også av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

Grimstad, april 2011

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Driften av anleggene	10
2.1 Smeland	10
2.2 Håverstad	11
2.3 Bjelland	12
2.4 Logåna	15
3. Tiltak	20
3.1 Smeland	20
3.2 Bjelland	20
3.3 Logåna	20
4. Generelle doseringsforhold før Bjelland	21
5. Referanser	22

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden.

pH-målet for lakseførende strekning av Mandalselva ble heller ikke i 2010 oppnådd til enhver tid. Det var imidlertid ingen store avvik, og det var bare 4 dager med noe lav pH i elva. I vassdragsavsnittet oppstrøms Bjelland ble doseringen spesielt observert i forbindelse med en flom i oktober. Da doserte Håverstad kontinuerlig med $\frac{3}{4}$ av full dosering, mens Smeland-anlegget ikke doserte spesielt mye for å holde sine dosekrav. På Bjelland ble det et kortvarig stort doseringskrav. Forholdene avdekker at ved en eventuell ekstrem flom vil Håverstad-anlegget få relativt moderat hjelp fra Smeland. Bidraget vil likevel bli så stort at det kan avhjelpe manglende dosering fra Håverstad.

Smeland

- Driftssikkerheten var noe dårligere enn normalt. Totalt var det 25 dager uten dosering fra anlegget. Siden Smeland er så perifert plassert i forhold til den del av elva der kontinuitetskravene er høye, bidro ikke driftstansene til forrykking av doseringsregimet. Det ble gjennomgående dosert lavere doser fra anlegget enn observert tidligere år. Grenseverdien som ble satt for dosene fra anlegget ble brutt mye av tiden. Det etterlyses en revurdering av doseringsregimet (dosekrav) ved Smeland-anlegget.

Håverstad

- Det var meget god driftssikkerhet på anlegget. Ingen langvarige stans ble registrert.

Bjelland

- Det var en del problemer med dataoverføringen fra anlegget. Det analoge overføringssystemet mellom driftskontroll-logger og databanken på NIVA ble erstattet med GSM-kommunikasjonsutstyr.
- Vannføringen oversteg maksimalt mulige registreringsnivå ved én anledning. Vedtak om å utsette flytting av vannstandsmålingen bør oppheves.
- Antall tilfeller av stillstand i målekyvetter var moderat høyt. pH-signalet fra måleren nedstrøms anlegget var likevel ute av funksjon en lang periode på grunn av ødelagt kommunikasjonsenhet.
- Problemer med for lave pH-verdier nedstrøms i forhold til oppstrøms anlegget kan skyldes hydrologiske forhold. Et sett med pH-målinger i vann hentet fra forskjellige dyp og steder nær pH-stasjonen bør foretas.

Logåna

- Driftssikkerheten på anlegget var dårligere enn normalt.
- Anlegget ble satt inaktivt om vinteren på grunn av is og kulde og om sommeren på grunn av for lav vannføring til å kunne ta ut vann til pH-måling.
- Det var lange perioder med mangler eller feil på parametere inn til driftskontroll-loggeren. Både vannstand, dosering og beholdningssignal var ofte utsatt for feil.
- pH-signalet på anlegget var feil eller ikke operativt i til sammen 170 dager. Det bør gjøres tiltak slik at signalet kan være operativt i større deler av året, spesielt i kuldeperioder.
- Det ble registrert et tilfelle der anlegget ikke doserte, selv om pH ble lav og det var tilstrekkelig vannlassbeholdning. Feil i forbindelse med oppkobling av utstyr til eksportering av doseringssignaler til Songåna-anlegget kan ikke utelukkes. Forholdet må oppklares.

Summary

Title: Operation Report from lime dosers in Mandal River, S Norway. Non-conformance report 2010.

Year: 2011

Author: Rolf Hoegberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5906-3

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

This report summarizes discrepancies detected during the last year.

1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Bakgrunnen for utviklingen av systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels lite tilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige 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 faktiske målte pH-verdier vises effektiviteten til anlegget.

I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad, Bjelland samt et lite anlegg som doserer SiO₂ (vannglass) i Logåna. Anlegget på Smeland er vannføringsstyrt, mens anlegget på Håverstad skal være styrt av pH oppstrøms anlegget. Imidlertid har det vist seg at pH-målingene knyttet til anlegget på Håverstad ikke har fungert optimalt (Høgberget 2000). Derfor styres anlegget som et vannføringsstyrt anlegg. Anlegget på Bjelland er styrt etter pH, både oppstrøms- og nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Logåna-anlegget er pH-styrt etter verdiene oppstrøms anlegget. Grunnlaget for driftskontrollen i Logåna avviker minimalt fra de andre anleggene ved at det er volumberegning av beholdningstank og ikke vekt som er utgangspunktet for doseberegninger. Plasseringen av de fire doseringsanleggene i Mandalsvassdraget som er omtalt i denne rapporten, er vist på kartet (*Figur 1*).

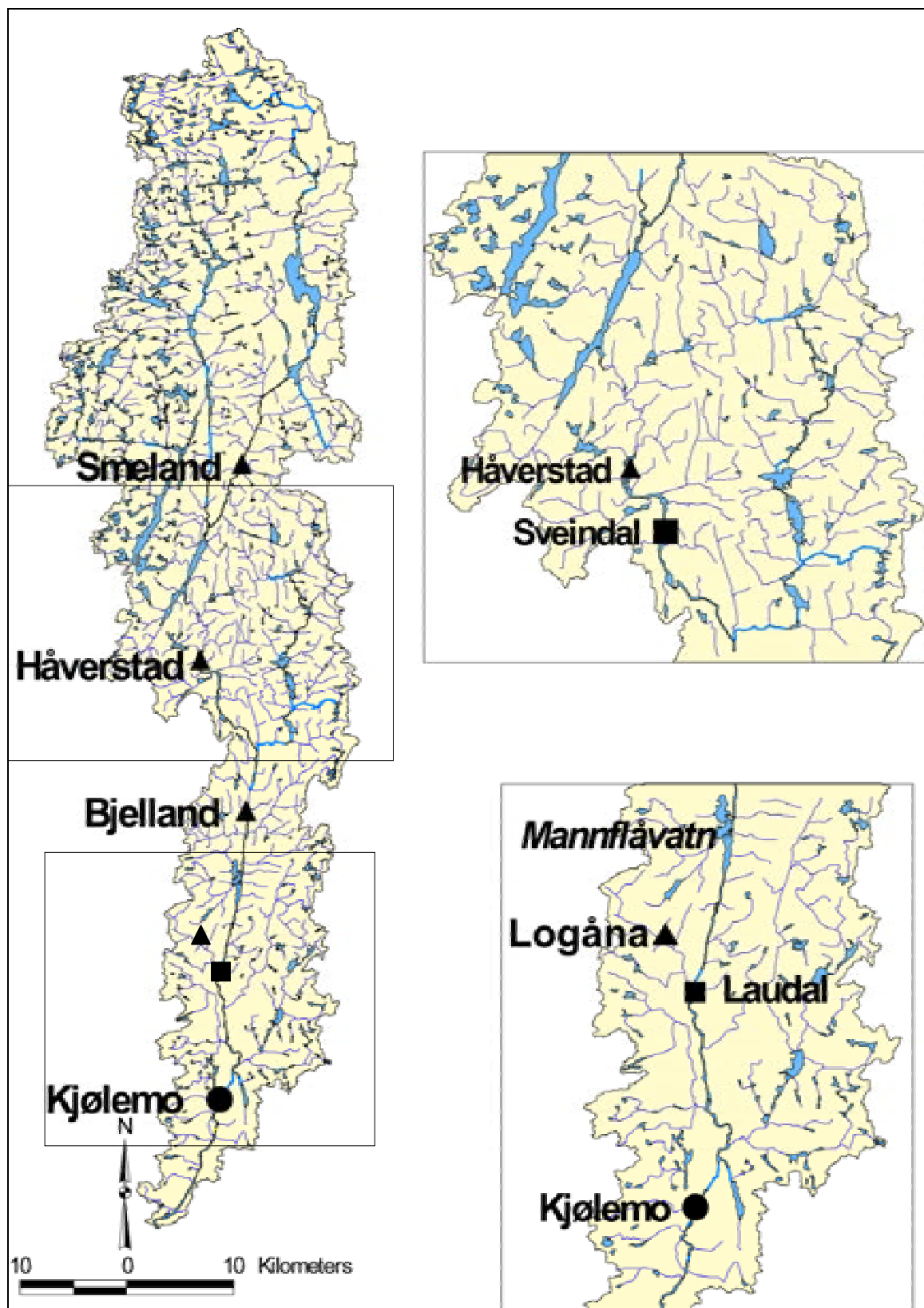
Det er tidligere utgitt følgende avviksrappporter for Mandalsvassdraget:

- oppstart av driftskontrollen i 1999 – 1. juni 2000 (Høgberget 2000)
- 1. juni 2000 – 1. juli 2001 (Høgberget 2001)
- 1. juli 2001 – 31. desember 2001 (Høgberget 2002)
- 1. januar 2002 – 31. desember 2002 (Høgberget, Skancke og Håvardstun 2003)
- 1. januar 2003 – 31. desember 2003 (Høgberget 2004)
- 1. januar 2004 – 31. desember 2004 (Høgberget og Håvardstun 2005)
- 1. januar 2005 – 31. desember 2005 (Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006)
- 1. januar 2006 – 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2007)
- 1. januar 2007 – 31. desember 2007 (Høgberget og Håvardstun 2008)
- 1. januar 2008 – 31. desember 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009)
- 1. januar 2009 – 31. desember 2009 (Høgberget 2010)

Denne avviksrapporten for Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2010.

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 times doser 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 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 målekyvetta for å få riktige pH- og termometermålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i meterriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i "fast fjell" eller i forhold til m.o.h. (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 meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7)



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Mandalselva med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoserings- og vannglassanlegg (triangler) og pH-målestasjon (sirkel). Øvrige stedsnavn er merket med kvadrater.

2. Driften av anleggene

2.1 Smeland

Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget på Smeland (**Figur 1**). Dette anlegget er et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg. Et slikt anlegg skal kalke med fast dose. Det teoretiske kalkdosemålet for anlegget på Smeland er gitt som ≥ 1 g kalksteinsmel/m³ vann. Ved driftskontroll registreres dosen som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets kalkbeholdning (kalksilo) sammenholdt med vannføring ved kalkingspunktet. Kalkdoseringsanlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi doseringsanlegget. Vanlig utvikling gjennom et døgn er lavest vannføring tidlig på morgenen, deretter en fordobling utover dagen. Maksimum vannføring nås om ettermiddagen da det normalt passerer ca. 25 m³/s forbi kalkdoseringsanlegget.

Det ble et langt avbrudd i driftskontrollens dataserie fra 23. mai til 12. juli. Årsakene var feil på loggeutstyr og rutinesvikt ved back-up. I denne tiden er det hentet inn data fra Mankalks egen driftsovervåking.

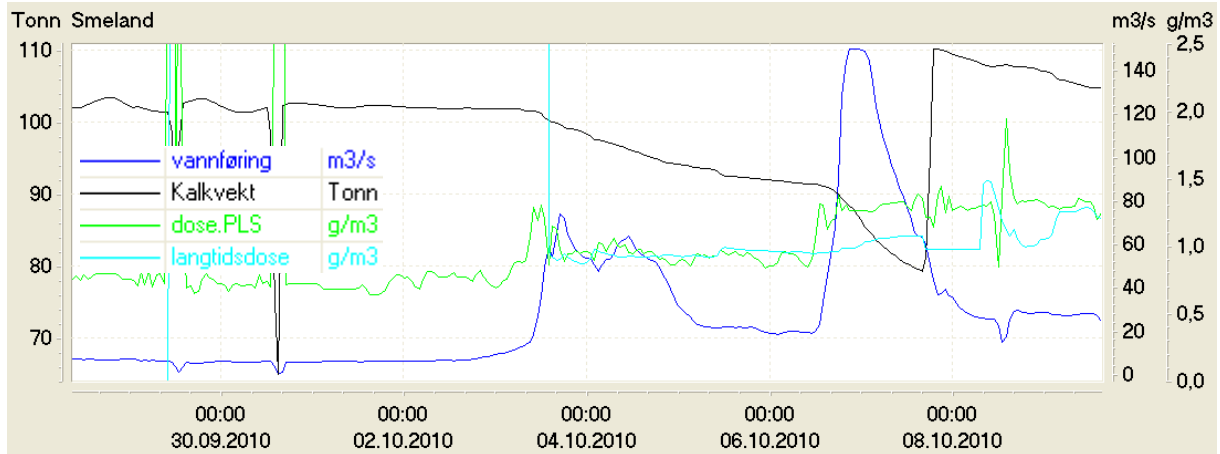
Vannstandssignalet forsvant fra anlegget ved flere anledninger. Det var 4. og 13. juni og 16. og 17. juli. Dette utgjorde til sammen ca. en uke uten vannstandssignal, og dermed ikke grunnlag for doseringssignal. Den 13. juni forsvant også veiesignalet i litt over to dager. Under flom 7. oktober oversteg vannføringen maksimalt avlesingsnivå (150 m³/s).

Anlegget hadde flere tilfeller der doseringen stoppet i mer enn 8 timer. Til sammen utgjorde dette 25 dager. Dato og varighet pr. tilfelle er listet i **Tabell 1**.

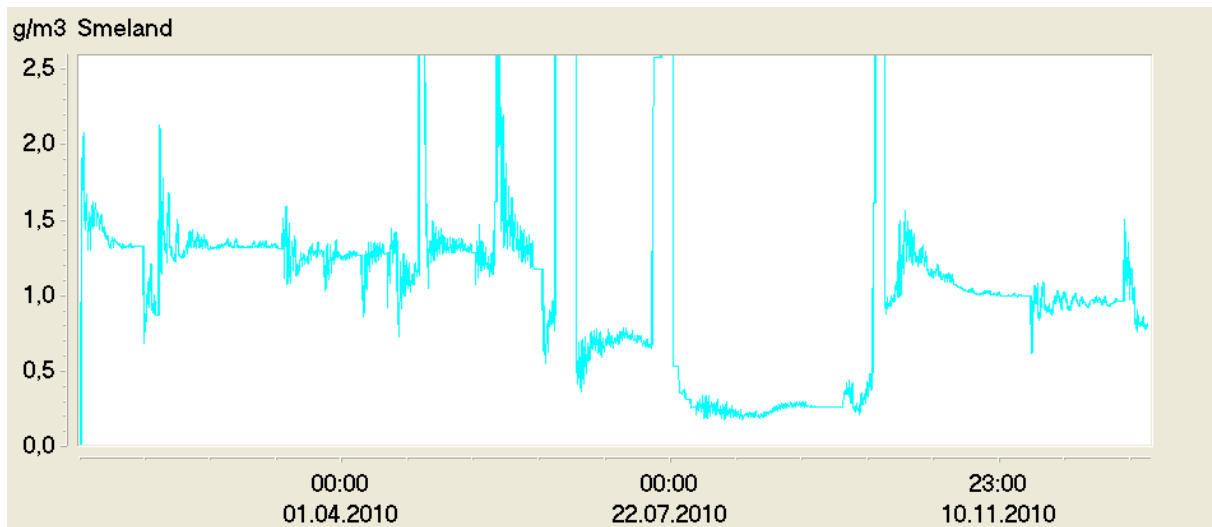
Tabell 1. Doseringsstopp på Smeland doseringsanlegg året 2010. Anlegget sto stille i til sammen 25 dager.

Dato	Dager	Merknad
26.01.2010	1,8	
04.06.2011	1,7	Ikke vannstandssignal
13.06.2011	5,5	Ikke vannstandssignal deler av tiden
16.07.2011	5,8	Ikke vannstandssignal deler av tiden
24.07.2011	4,9	Ved lav vannføring
05.08.2011	5	Ved lav vannføring

Dosene som ble levert fra Smeland-anlegget varierte gjennom året. Driftskontroll-dosen var ca 1,3 g/m³ vinter og vår, til og med første uka i juni. Da ble dosen redusert til ca. 0,7 g/m³ i 6,5 uker for så å bli ytterligere redusert til ca. 0,2-0,25 g/m³ fram til månedsskiftet september/oktober. I denne tiden var det også unormalt lav vannføring i elva. Tørken ble avløst av en stor flom 6.-7. oktober. Maksimum vannføring var da 150 m³/s. Under denne flommen ble det dosert på en utmerket måte, (**Figur 2**). Dosene som ble levert under denne flommen og resten av høsten var 1 g/m³ eller noe lavere enn dette. De siste dagene i 2010 var dosen 0,8 g/m³. Hele årets dosering gjengitt som doser er vist i **Figur 3**.



Figur 2. Vannføring, kalkvekt, PLS-dose og langtidsdose ved Smeland doseringsanlegg ved overgang fra lav meget lav vannføring til flom høsten 2010. Dosene var meget stabile selv om vannføringen økte betraktelig.



Figur 3. Langtidsdosen på Smeland doseringsanlegg over hele året 2010. Dosene var meget lave i en lang periode på ettersommeren og høsten fram til oktober.

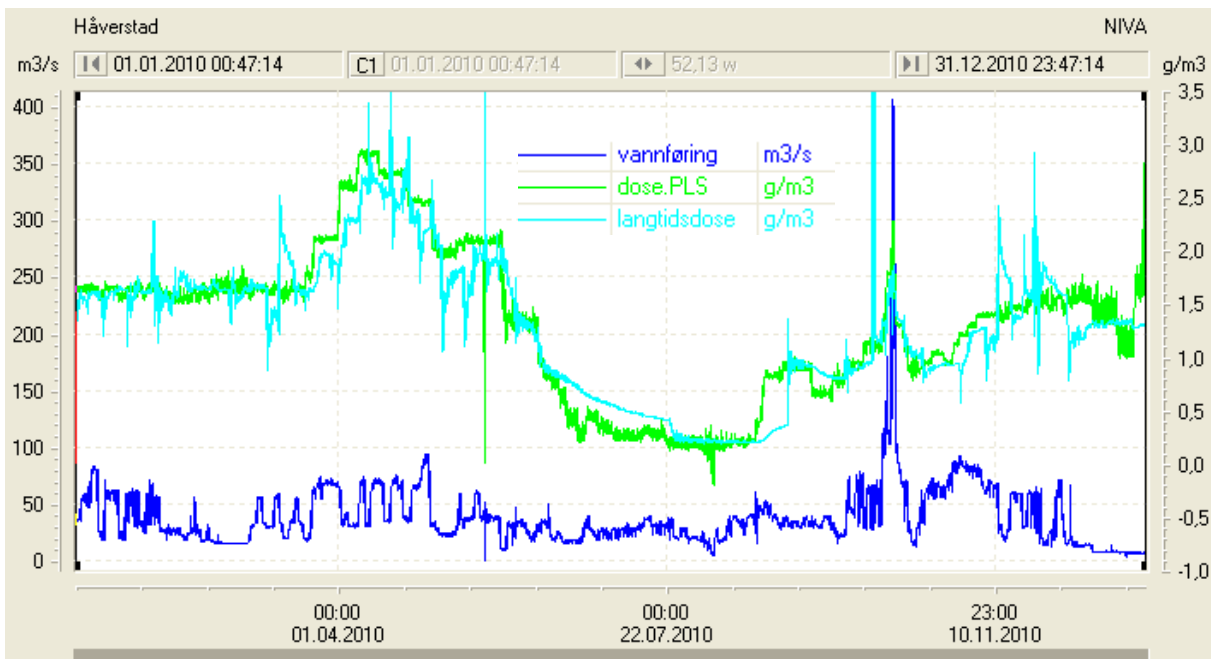
2.2 Håverstad

Kalkdoseringsanlegget på Håverstad ligger mellom anleggene på Smeland og Bjelland (**Figur 1**), på en tange mellom utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk og det gamle elveløpet. Anlegget er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at pH-verdier som blir målt i elva oppstrøms kalkingsanlegget styrer doseringen av kalk. Imidlertid har det vist seg at det oppstår bakevjeeffekter i elvevannet ved dette doseringsanlegget. Kalket vann trekkes oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen oppstrøms anlegget. pH-målingen oppstrøms anlegget blir dermed påvirket av utdosert kalk fra kalkdoseringsanlegget. Det er derfor uegnet som styringsverktøy for kalkdoseringen. For å unngå problemet er pH satt til en fast verdi (pH 4,7) slik at pH-forandringene overstyres. Anlegget fungerer da som et vannføringsstyrt anlegg, med dosering av fast dose i forhold til vannføringen.

Det var ingen avbrudd i driftskontrolloggeren.

Det var ingen sviktende veie- eller vannstandssignal, bortsett fra en kort periode på 8 timer den 20. mai, antagelig pga. strømbrudd. Veiesignalet hadde kun forstyrrelser én gang på ca. 9 timer den 30. september, så vektavlesningen var veldig god i år. Vannstandssignalet fungerte også fint hele året.

Dosene som ble levert fra anlegget varierte gjennom rapporteringsperioden. Året begynte med en dose i underkant av 2 g/m³ i begynnelsen av januar. Denne ble suksessivt øket til ca. 3 g/m³ i begynnelsen av april. Fra slutten av april ble dosene trappet ned til laveste målte dose midt i juni (noe over 0,3 g/m³). Fra midt i august ble dosene langsomt øket utover sensommer og høst til ca. 1,7 g/m³ ved årsskiftet. Dosene ble ikke påvirket av vannføringssituasjonen i elva (**Figur 4**).



Figur 4. Vannføring, PLS-dose og langtidsdose ved Håverstad doseringsanlegg i 2010. Det er ganske godt samsvar mellom styringssignalet som PLS-dose og langtidsdose, særlig første halvdel av året.

2.3 Bjelland

Kalkingsanlegget på Bjelland ligger nedenfor Smeland og Håverstad (**Figur 1**) og styrer mesteparten av vannkvaliteten på lakseførende strekning (Bjelland–Kjølemo). I praksis vil ønsket vannkvalitet i denne sammenheng bety ønsket pH-verdi. Anlegget på Bjelland er derfor pH-styrt og doserer kalk etter pH-verdiene som registreres oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget.

Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Vest-Agder har fastsatt pH-mål gjennom året (teoretiske grenseverdier for pH) for lakseførende strekning i Mandalsvassdraget. Disse målene ble sist revidert 24. april 2006, og er som følger: 15/2-14/4: pH 6,2, 15/4-31/5: pH 6,4 og pH 6,0 resten av året. Generelt er det ofte ønskelig med en dosering som gir pH litt over det fastsatte målet for å ha noe bufferkapasitet i forhold til eventuelle forsurende forhold nedstrøms anlegget. pH-kravet på anlegget blir derfor ofte satt høyere enn pH-målet for elva.

Det var ikke brudd i driften av driftskontrolloggeren i 2010. Imidlertid var det en del problemer med de automatiske dataoverføringene blant annet på grunn av modemproblemer. Utstyr ble byttet i april uten at problemene forsvant. I desember ble den analoge telefonlinjen sagt opp og ny mobilt data-abonnement opprettet. Nytt GSM-modem ble montert.

Det ble ikke registrert langvarig sviktende veie- og vannstandssignal ved anlegget i 2010 (over 8 timers varighet). Vannstanden økte imidlertid over maksimum registrerbar grense i 20 timer den 7. oktober. Da ble feil vannføring beregnet (*Figur 5*).

Det var periodevis problemer med pH-signaler både oppstrøms- og nedstrøms anlegget. pH-signalet oppstrøms anlegget hadde brudd 28. august og 4. november. Disse varte i henholdsvis 1,4 og 1 dag. Nedstrøms anlegget oppsto det også samtidig brudd i signaltilgangen. Disse bruddene varte henholdsvis 3 uker og én dag. Årsaken til det første bruddet var at strøminntaket på radiomottakeren smeltet slik at mottakeren ble defekt. Nytt radiosett for pH nedstrøms anlegget ble montert 20. september. Den 27. september ble elektroden til pH-meteret oppstrøms anlegget defekt. Ny elektrode ble montert en uke senere. Den 18. oktober ble det foretatt kalibrering med standard buffere (to punkts kalibrering). I ett døgn etter denne kalibreringen viste både pH oppstrøms og nedstrøms anlegget for lave verdier. Forholdet ble rettet opp ved prosesskalibrering.

Det var enkelte tilfeller av manglende vanngjennomstrømming i målekyvettene for pH-målinger både oppstrøms- og nedstrøms anlegget. Til sammen var det 4 dager ved pH-målinger oppstrøms- og 5 dager ved målinger nedstrøms anlegget der pH ikke viste reelle verdier på grunn av stillstand i kyvettene (*Tabell 2*).

Det var 6 tilfeller der pH oppstrøms anlegget ble målt vesentlig høyere enn nedstrøms anlegget. Noen av disse forholdene oppsto selv om anlegget kasket. Totalt var det 15 dager med slike pH-målinger. Årsakene til dette kan være flere. Både dårlig kalibrerte elektroder og innblanding fra lokalt vann ved pH-målestasjonen medstrøms anlegget er mulige årsaker. *Tabell 3* viser når og i hvor lang tid slike forhold oppsto.

Tabell 2. Dato og varighet med stillstand i målekyvettene for pH-målinger ved Bjelland doseringsanlegg i 2010. Bare tilfeller med stillstand over 8 timer er listet opp. Til sammen var det 9 dager uten vanngjennomstrømming i pH-kyvettene.

Dato	Dager uten gjennomstrømming i målekyvetta	
	Oppstrøms doserer	Nedstrøms doserer
22.03.2010	0,4	
07.06.2010	0,8	
12.07.2010	0,5	
21.07.2010	0,7	
02.11.2010		4,3
07.12.2010		0,4
25.12.2010	2	

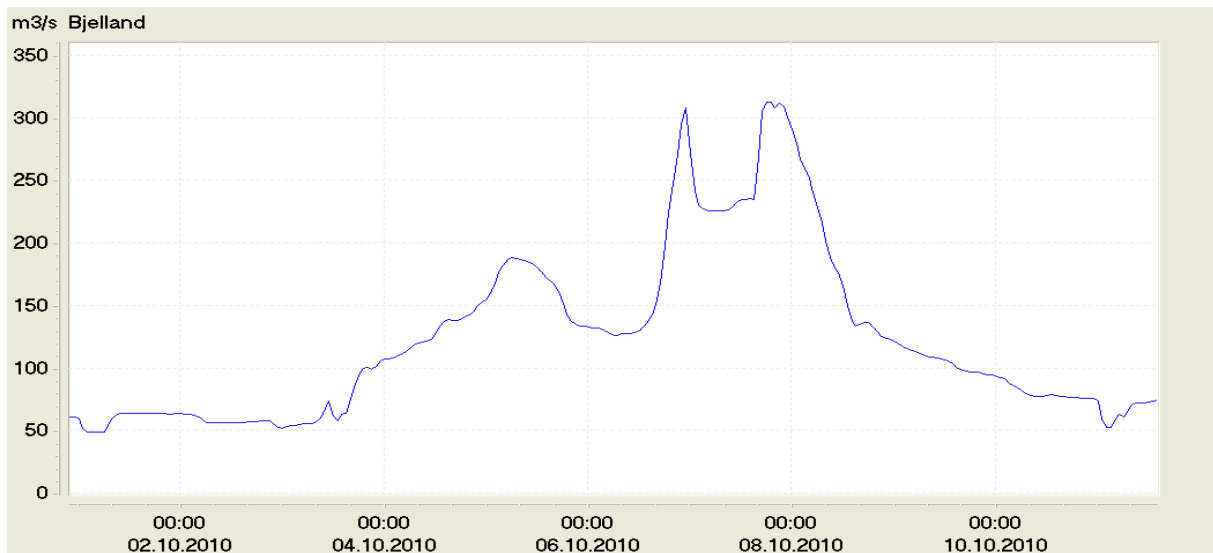
Tabell 3. Antall dager der pH oppstrøms anlegget ble målt høyere enn nedstrøms anlegget.

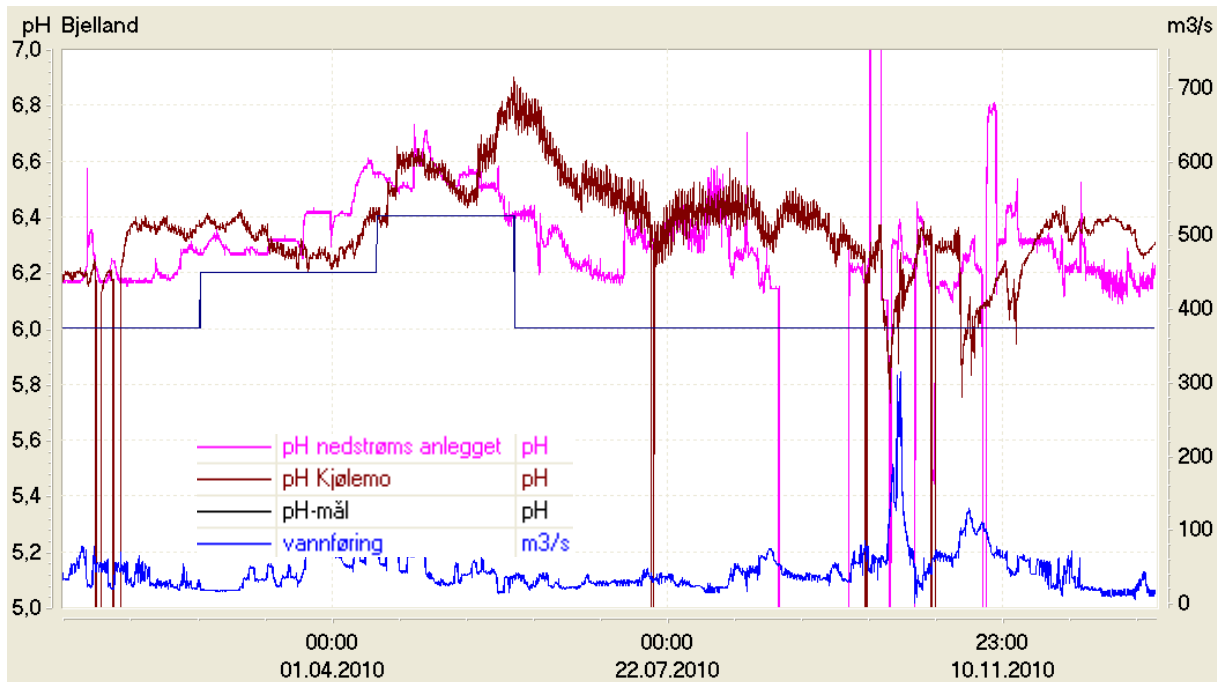
Dato	Dager
27.07.2010	1,7
08.08.2010	1,2
11.08.2010	1,7
15.08.2010	5,2
09.10.2010	3,3
23.10.2010	2,1

Det var 6 tilfeller der pH i lakseførende strekning av elva ble målt lavere enn pH-målet for elva. Disse tilfellene er gjengitt i **Tabell 4**. Til sammen utgjorde dette ca. 100 timer med for lav pH. pH gjennom hele året er gjengitt i **Figur 6**.

Tabell 4. Dato og varighet som pH i lakseførende strekning av elva var under pH-målet. Totalt var pH under målet i ca 4 dager.

Dato	Antall timer under pH-målet		Laveste pH	pH mål
	Bjelland	Kjølemo		
03.10.2010	Ingen data	41	5,7	6
07.10.2010		7	5,9	6
28.10.2010		27	5,8	6
31.10.2010		15	5,8	6
01.11.2010		8	5,9	6
15.11.2010		3	5,9	6

**Figur 5.** Vannføringsutviklingen ble feil registrert ved overskridelse av måleområdet den 7. oktober. Den reelle vannføringsutviklingen var med et kulimineringspunkt. Maksimal reell vannføring er ukjent. Avlest vannføring ble langt lavere enn maksimumsnivået. Dette kan føre til for lav dosering fra anlegget.



Figur 6. pH i lakseførende strekning av Mandalselva ved Bjelland og Kjølemo sammen med vannføring ved Bjelland. pH-målene for elva er også inntegnet. Figuren viser at målene i det alt vesentlige ble opprettholdt. De vertikale linjene er ikke reelle, men oppstår ved signalforstyrrelser eller bortfall av signal.

2.4 Logåna

Logåna er en periodisk sur sideelv til Mandalselva. Den er laks- og sjørretførende, men på grunn av store variasjoner i surhetsgraden, har det vært vanskelig å vedlikeholde en stabil fiskebestand. Det har også tidligere forekommet massiv fiskedød flere ganger i forbindelse med ekstreme forsurende episoder. Elva var før 2002 kalket ved hjelp av kalkdoseringsanlegg.

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg for vannglass (SiO_2) etablert. Det er et pH-styrt anlegg. pH-meteret har etter januar 2005 vært plassert oppstrøms doseringspunktet. For beskrivelse av prinsipp, se Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006. Det er vannføringssignal tilkoblet styringsautomatikken for å kunne gi optimal dosering ved behov. Siden det i lange perioder ikke er nødvendig å avsyre elvevann, gir anlegget ingen kontinuerlig dose, men justerer doseringen for å oppnå et valgt pH-krav ved forsurende episoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var satt til pH 5,9.

Det var ingen avbrudd i loggingen fra anlegget i rapporteringsperioden. Unntaket var 5 timer i begynnelsen av august. Årsaken var langvarig strømbrudd. Dette resulterte i at UPS-reserven ble oppbrukt.

Doseringsanlegget ble satt ut av drift om vinteren. Årsaken var stabile vinterforhold med nedising av elva. Det var da ingen behov for dosering. Vannstandsverdiene var i denne perioden ikke reelle.

Beholdningssignalet var også periodevis ute av funksjon i denne tiden. Informasjon om forholdene omkring denne tilstanden mangler. Derfor er det umulig å forklare hva som var årsaken til de

urealistiske verdiene (**Figur 7**). Anlegget var i drift igjen fra 19. mars. Urealistiske beholdningssignal oppsto også kortvaring i forbindelse med langvarig strømbrudd 25. juli.

Vannstandssignalet viste urealistiske verdier periodevis fra 7. november og til nyttår (**Figur 8**).

pH-målingene var ikke reelle store deler av vinteren 2010. Fra 21. mars var målingene operative til 15. juni. Da ble pH-stasjonen flyttet inn i ny målebu. Stasjonen ble ikke operativ igjen før 16. juli.

Sviktende pH-signaler oppsto 5 ganger, f.eks. fra 9. januar til 20. mars pga. tilfrysing i instrumentskapet og forstyrrelser av signalet. Blant annet ble det registrert pH 4,5. Denne verdien vil vises dersom styringssystemet blir strømløst. Den 15. juni ble pH-stasjonen flyttet inn i ny målebu og deretter ble vannpumpa stoppet på grunn av lav vannstand frem til 16. juli. Fra 22. juli ble pumpa igjen stoppet på grunn av for lav vannstand i elva. Fra 25. juli til 1. august var anlegget strømløst. Vannpumpa forble fortsatt inaktiv til 10. august. I perioden 26. desember og ut året ble anlegget stengt på grunn av ising i innløpet til pH-målingen. Til sammen utgjorde dette noe over 170 dager uten pH-verdier ved anlegget.

Stans i vannstrømmingen gjennom pH-kyvetta skjedde 7 ganger. Dette førte til 22 døgn uten reelle pH-målinger (**Tabell 5**). Stillstand oppsto ofte i forbindelse med flom.

Tabell 5. Dato og varighet for stopp i vannstrømmingen gjennom målekyvetta for pH på Logåna doseringsanlegg i 2010. Til sammen utgjorde dette 22 dager.

Dato	Dager	Merknad
20.05.2010	0,7	Periodevis stopp
01.08.2010	9,5	
15.09.2010	1,2	
03.10.2010	1	Ingen utfall for leverte doser
06.10.2010	0,5	Ingen utfall for leverte doser
18.10.2010	3,1	
26.12.2010	5,5	Manuelt stoppet pga ising

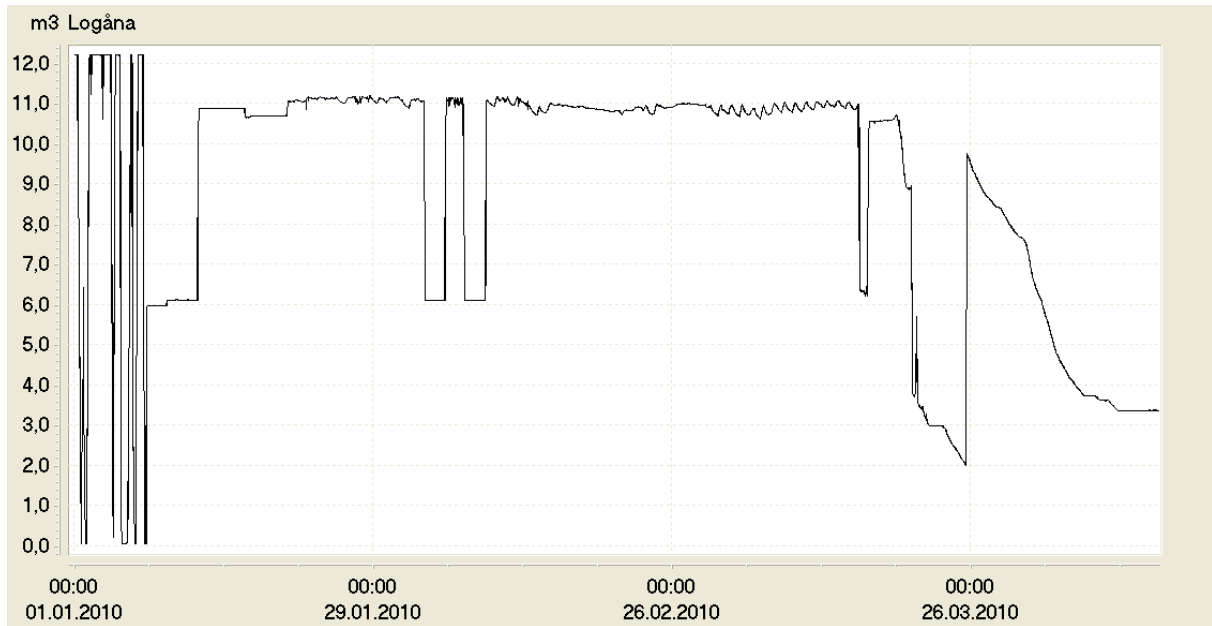
Det var to registrerte tilfeller der anlegget ikke doserte vannglass da det høyst sannsynlig var behov. Det var 10. august, da avstengt doseringsanlegg bevirket at pH ble registrert med for høye verdier under en flom. Anlegget ble startet for sent, men tidsnok til at lav pH ble dokumentert i ”halen” av flommen og dosering oppstartet (**Figur 9**). Den 18. oktober var det stillstand i målekyvetta, men pH-meteret viste ca. pH 5. Så lav pH skulle automatisk aktivere dosering, men dette uteble. Vannføringsutviklingen på dette tidspunktet tilsa også lav pH slik at det burde vært dosert vannglass (**Figur 10**). Årsaken til dette tilfellet er ikke oppklart.

De reelle dosene som ble tilført elva var normalt i tråd med dosene som styringssystemet viste eller noe høyere. Anlegget hadde en tendens til å avslutte dosering for tidlig i forhold til ønsket grenseverdi for doseringsstopp (pH 5,9), særlig i begynnelsen av året. Om høsten stoppet doseringen ofte når pH passerte 5,8 på vei opp.

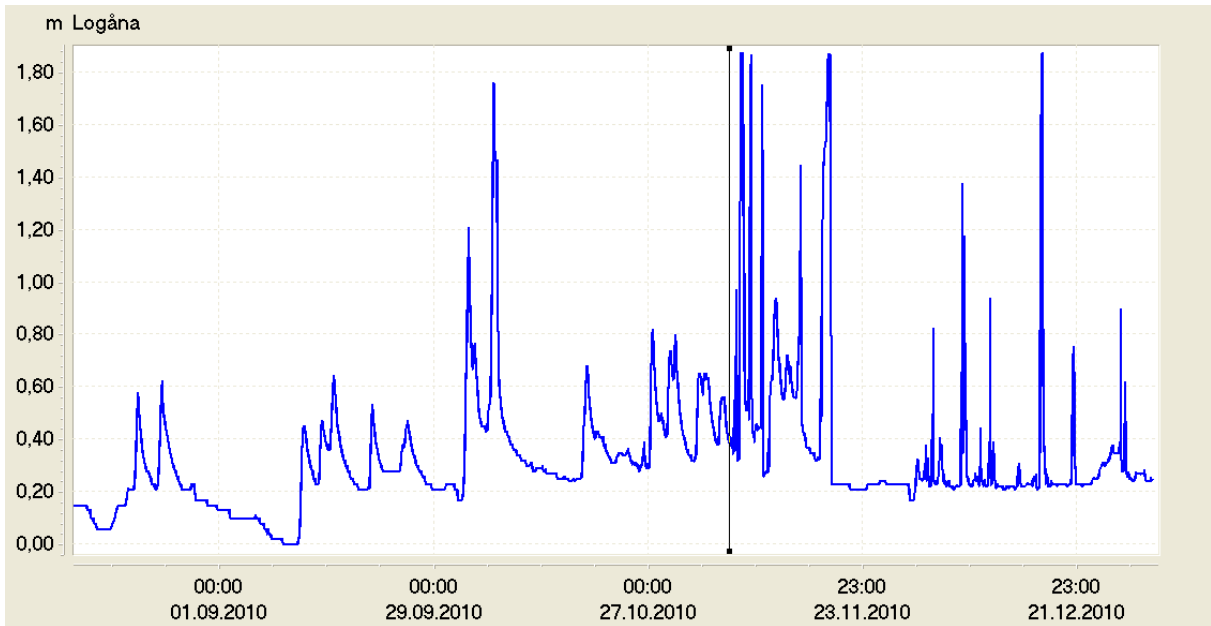
Det oppsto uforklarlige forhold siste halvdel av mars. Beholdningsverdiene var meget ustabile, og det oppsto uforklarlige ”dropp” i verdiene. Hvordan doseringen egentlig forløp mellom 18. og 20. mars er usikkert. Av **Figur 7** synes det som om det var et ukontrollert utslipp av vannglass til elva, men dette kan ikke bekreftes av operatør.

Figur 11 viser beholdningsutvikling, vannføring og pH for hele 2010. Det var i perioden mange urealistiske verdier for alle de viste parametere. Driftssikkerheten var dårligere enn normalt for anlegget. Eventuell dosering/doseringsbehov før 21. mars er ikke dokumentert på grunn av manglende reell pH og beholdningslogg.

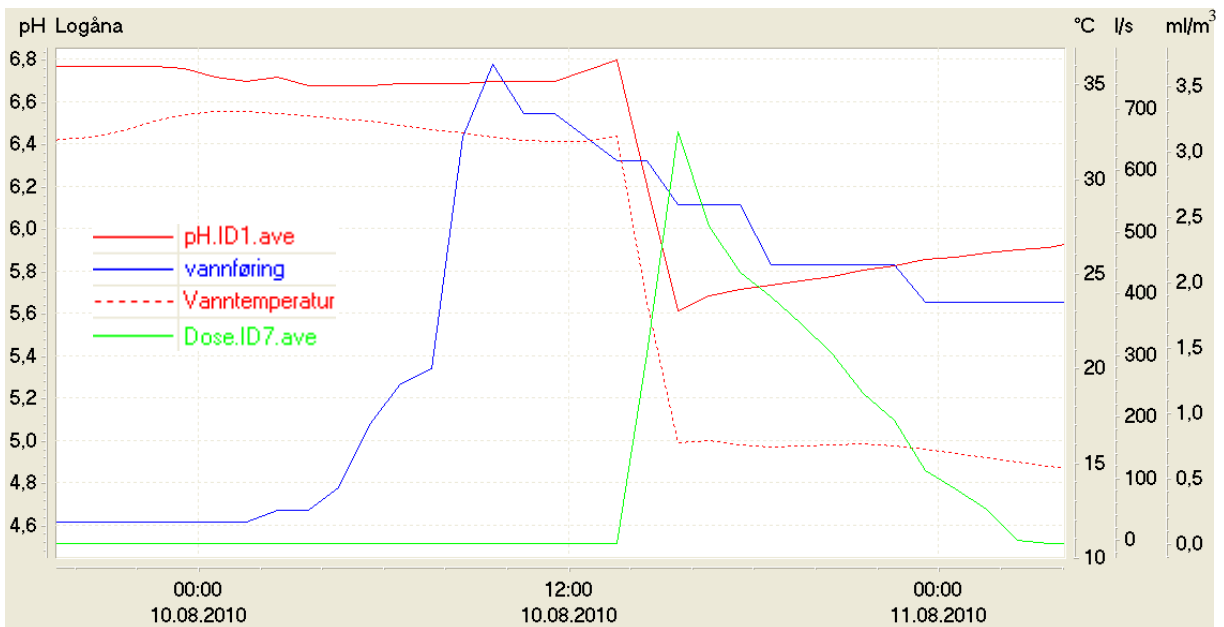
Noe av årsaken til lavere driftssikkerhet enn normalt er at anlegget var utsatt for isproblemer både vinter og høst, men også at anlegget ble avstengt en lang periode om sommeren. I begynnelsen av året ble signalene på anlegget koblet til utstyr for eksport av data til ekstern doserer (Songåna-anlegget). Det utelukkes ikke at dette arbeidet kan ha forstyrret signalinngangen til driftskontroll-loggeren.



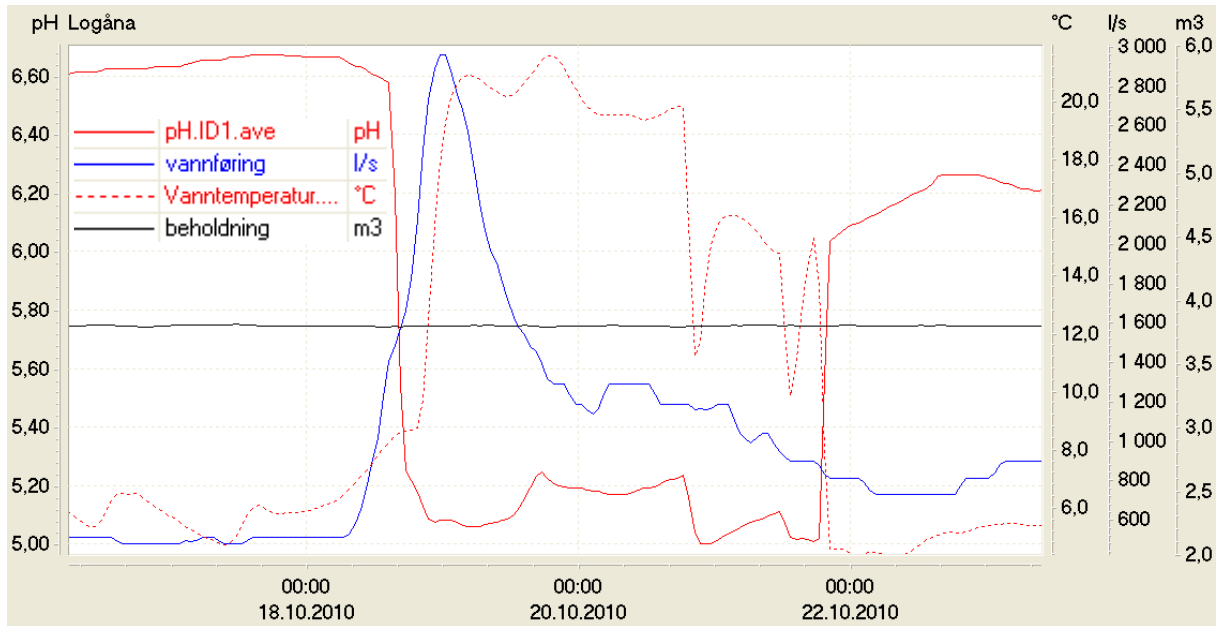
Figur 7. Vannglassbeholdningen på Logåna-anlegget. Denne har alltid tidligere blitt avlest med stabile verdier. Vinteren 2010 oppsto feil som ikke kan forklares med de opplysningene som vi har om driften på anlegget.



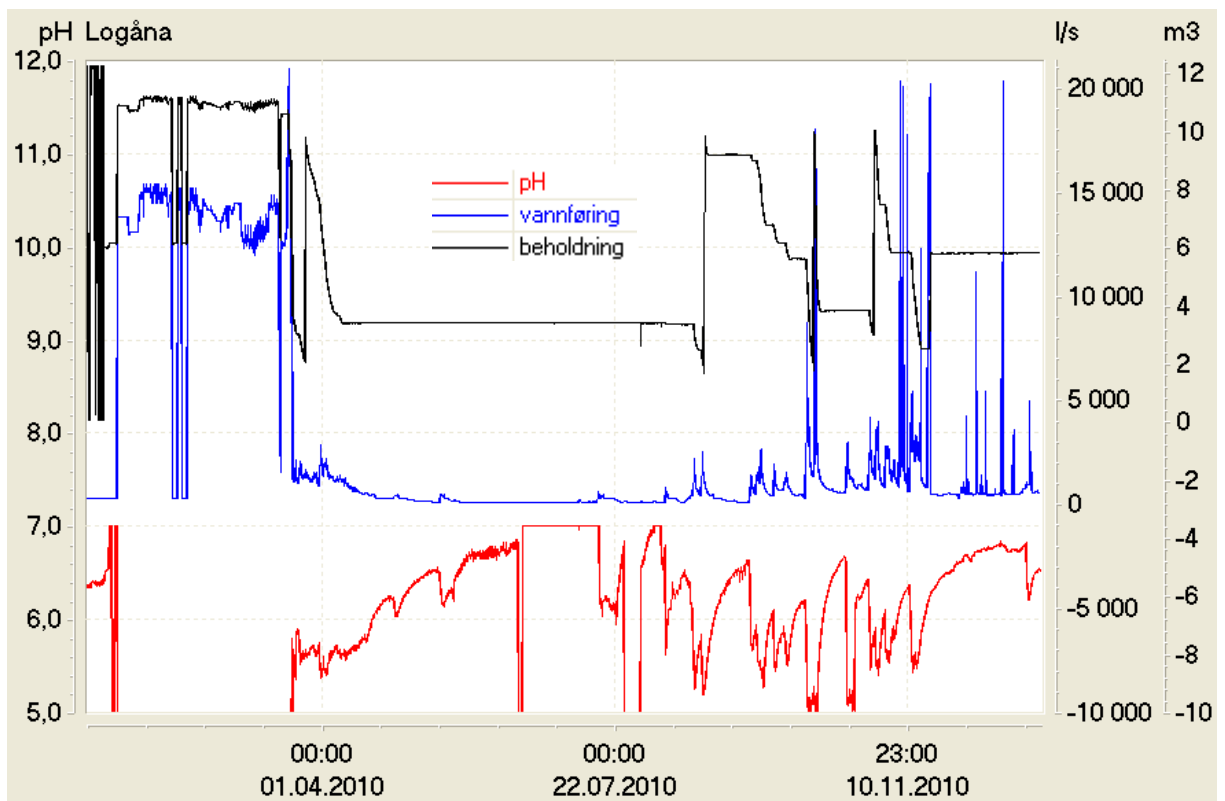
Figur 8. Vannstandssignalet ved Logåna-anlegget høsten 2010. Signalet ble periodevis uriktig fra 7. november (markert med vertikal linje).



Figur 9. Vannføring (l/s), styringsdose (ml/m³), pH og temperatur (°C) i måle-kyvetta på Logåna doseringsanlegg ved økende vannføring med surt vann i august 2010. Etter lengre tids avstenging ble anlegget satt for sent i gang i forbindelse med økt vannføring med surt vann i bekken.



Figur 10. Vannføring, beholdning, pH og temperatur i deler av oktober 2010. Det oppsto flom med surt vann hvor det ikke ble dosert. Manglende dosering synes på beholdningsmengden som ikke avtok.



Figur 11. pH, vannføring (l/s) og beholdning (m³) på Logåna doseringsanlegg i hele 2010. Året var preget av mange feil og manglende loggedata fra anlegget.

3. Tiltak

3.1 Smeland

Driftssikkerheten var dårligere enn normalt for dette anlegget. Totalt var det 25 døgn uten dosering. Den selvpålagte minimumsdosen som har vært regelen, fastsatt av Fylkesmannens miljøvernnavdeling tidlig i kalkingsprosjektets historie, fravikes stadig mer. Dette er både økonomisk, miljømessig og kalkingsstrategisk akseptabelt. En revurdering av strategien for bruk av anlegget bør gjennomføres. Dette bør ende i nye kalkingskrav for Smeland-anlegget.

3.2 Bjelland

Driften på anlegget var preget av mange episoder med urealistiske pH-målinger. Noen av problemene nedstrøms anlegget kan skyldes at målevannet ikke representerer det ferdig innblandete prosessproduktet fra kalkdoseringsanlegget. En Ruttner vannhenter er tidligere levert operatøren slik at han kan benytte denne til å forsøke å finne forskjeller på tvers av elva i forhold til kalkinnblanding. Siden forholdet også oppstår når anlegget ikke kalker, er det også mulig at lokalt vann fra nærområdet blir overrepresentert i vanninntaket til pH-måling nedstrøms anlegget. Det er foreløpig ikke foretatt målinger som kan avkrefte, eventuelt bekrefte nevnte forhold. Disse undersøkelsene bør nå foretas.

Det er tidligere bestemt at målepunktet for vannstand bør flyttes, men tiltaket er satt på vent inntil videre (Høgberget 2010). Det er fortsatt behov for å kunne måle riktige vannføringer også ved ekstrem flom. *Figur 5* viser også at uønsket lavt vannføringssignal kan oppstå ved stor flom over maksimalnivået for måleutstyret. Dette kan redusere dosering fra anlegget. Disse forholdene bør føre til at vedtaket om å utsette flytting av vannføringsmålingene revurderes.

3.3 Logåna

Det var generelt for mange signalproblemer på Logåna-anlegget i 2010. Spesielt var driftssikkerheten på pH-stasjonen for dårlig. Mye av årsaken var isingsproblemer i den kalde årstida. Det bør gjøres tiltak slik at kontinuerlig drift av pH-stasjonen kan opprettholdes, selv i kuldeperioder.

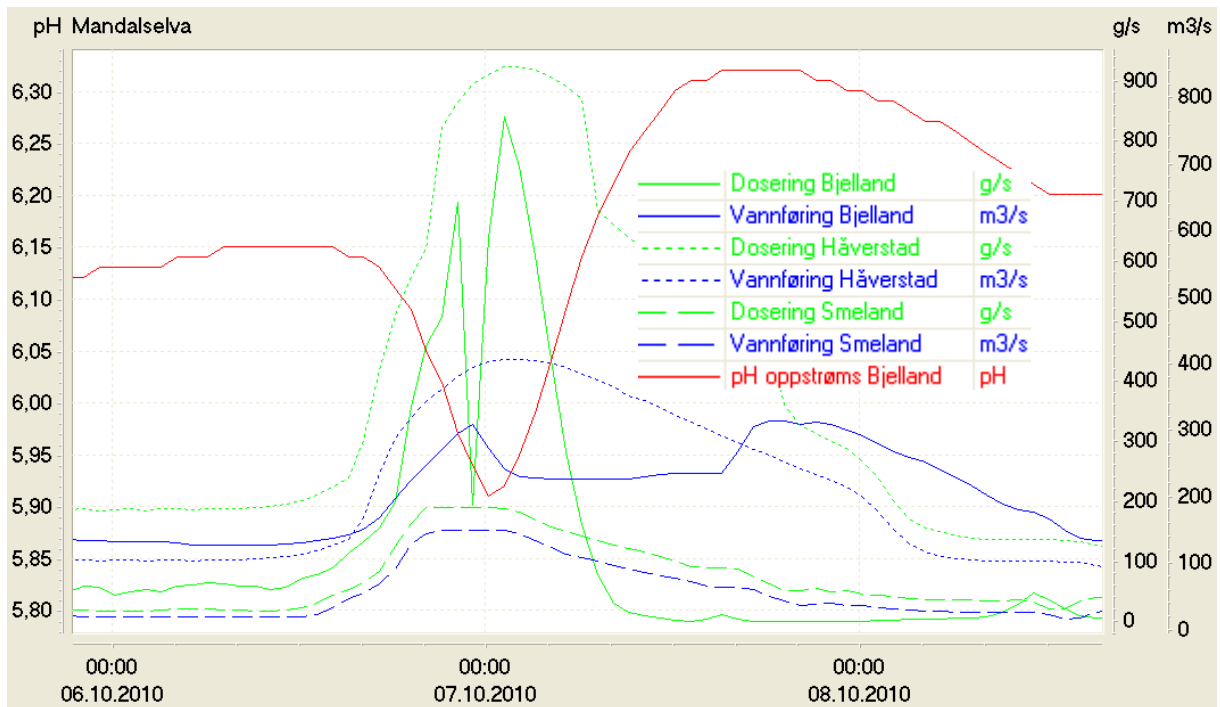
Driftssikkerheten på anlegget blir unødig svekket dersom det settes inaktivt. Derfor bør avstenging av hele anlegget om sommeren unngås så lenge det er mulig å trekke opp vann til pH-kyvetta.

Situasjoner med lav pH i elva uten at det doseres fra anlegget må unngås. I 2010 ble det ved ett tilfelle registrert manglende dosering uten at årsaken til forholdet er klarlagt. Det oppsto feil i signalregistreringene på driftskontroll-loggeren etter ombygging for eksport av signaler til Songåna-anlegget. Mistanken om at doseringssignalet også kan være utsatt for slike feil gjør at det anbefales sjekking av koblinger og overganger i det nye monteringsopplegget.

4. Generelle doseringsforhold før Bjelland

Under flommen den 7. oktober økte vannføringen til 406 m³/s. Håverstad-anlegget doserte da nesten 70 % av full effekt selv om Smeland-anlegget kalket korrekt (**Figur 2**). Effektene av kalkingen ble målt oppstrøms Bjelland. Der oppsto en kortvarig forsurening som førte til midlertidig 77 % av full dosering fra Bjellandsanlegget for å kunne opprettholde pH-kravet. Smeland-anlegget har en teoretisk meget høy kapasitet, men siden anlegget er vannføringsstyrt, og dosene alltid er satt lave, vil ikke kapasiteten bli utnyttet. Fordrøyningsforhold i Øre (innsjøen nedstrøms Smeland) utsetter også eventuell effekt av økte doser fra Smeland-anlegget. Dette viser at ved en eventuell ekstrem flom vil ikke Håverstad-anlegget få relativt bedre hjelp fra Smeland enn den som årets høstflom viser. Bidraget vil likevel bli så stort at det kan avhjelpe manglende dosering fra Håverstad. På dette grunnlag anbefales å beholde Smeland doseringsanlegg eller eventuelt å utvide kapasiteten oppstrøms Håverstad tilsvarende tapet av bidraget fra Smeland-anlegget dersom dette legges ned. (Austnes og Hindar 2011) anbefaler fortsatt kalkingstiltak i Øre. Dette underbygger anbefalingen om fortsatt drift av Smelandsanlegget.

Forsuringsstøtet oppstrøms Bjelland må være en effekt av tilført flomvann nedstrøms Håverstad. Da flommen fra Håverstad ankom Bjelland, var dette vannet så godt oppkalket at doseringsbehovet opphørte under store deler av flommen. Dette viser at den reelle dosen fra Håverstad på ca 2 g/m³ var mer enn tilstrekkelig for å holde pH-målet. Det viser også at kapasiteten på Håverstad ble noe overutnyttet. **Figur 12** viser sammenhengen mellom vannføring og dosering fra de tre anleggene.



Figur 12. Vannføring og dosering fra de tre anleggene i Mandalselva sammen med pH oppstrøms Bjelland under en stor flom i oktober 2010. Kapasiteten ble ulikt utnyttet fra de tre anleggene. Maksimum kapasitet på Smeland og Håverstad er 1388 g/s, mens Bjelland har maksimum dosering på 1088 g/s. På grunn av hydrologiske forhold er midlertidig lav pH oppstrøms Bjelland vanskelig å unngå.

5. Referanser

Austnes, K. og Hindar, A., 2011. Sidebekker i Mandalsvassdraget - effekter av kalkslutt. Notat 2011.

Høgberget, R., 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA rapport L. nr. 4277.

Høgberget, R., 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA rapport L. nr. 4415.

Høgberget, R., 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA rapport L. nr. 4488.

Høgberget, R., 2004. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA rapport L. nr. 4904.

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

Høgberget, R. og Håvardstun, J., 2005. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA rapport L. nr. 5050.

Høgberget, R., Skancke L. B. og Håvardstun, J., 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA rapport L. nr. 4697.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA rapport L. nr. 5210.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA rapport L. nr. 5461.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA rapport L. nr. 5618.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA rapport L. nr. 5787.

Høgberget, R., 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2009. NIVA rapport L. nr. 5959.

Kroglund, F., Kleiven, E., Barlaup, B.T. (LFI), Halvorsen, G.A. (LFI), Gabrielsen, S.E. (LFI), Skoglund, H & Wiers, T. (LFI), Gutterup, J. (Tvedestrand kommune), Teien, H.C. (UMB). 2007. Fisk og bunndyr, effekter av sjøsaltepisoder venteren 2004/2005. NIVA rapport L. nr. 5369.

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