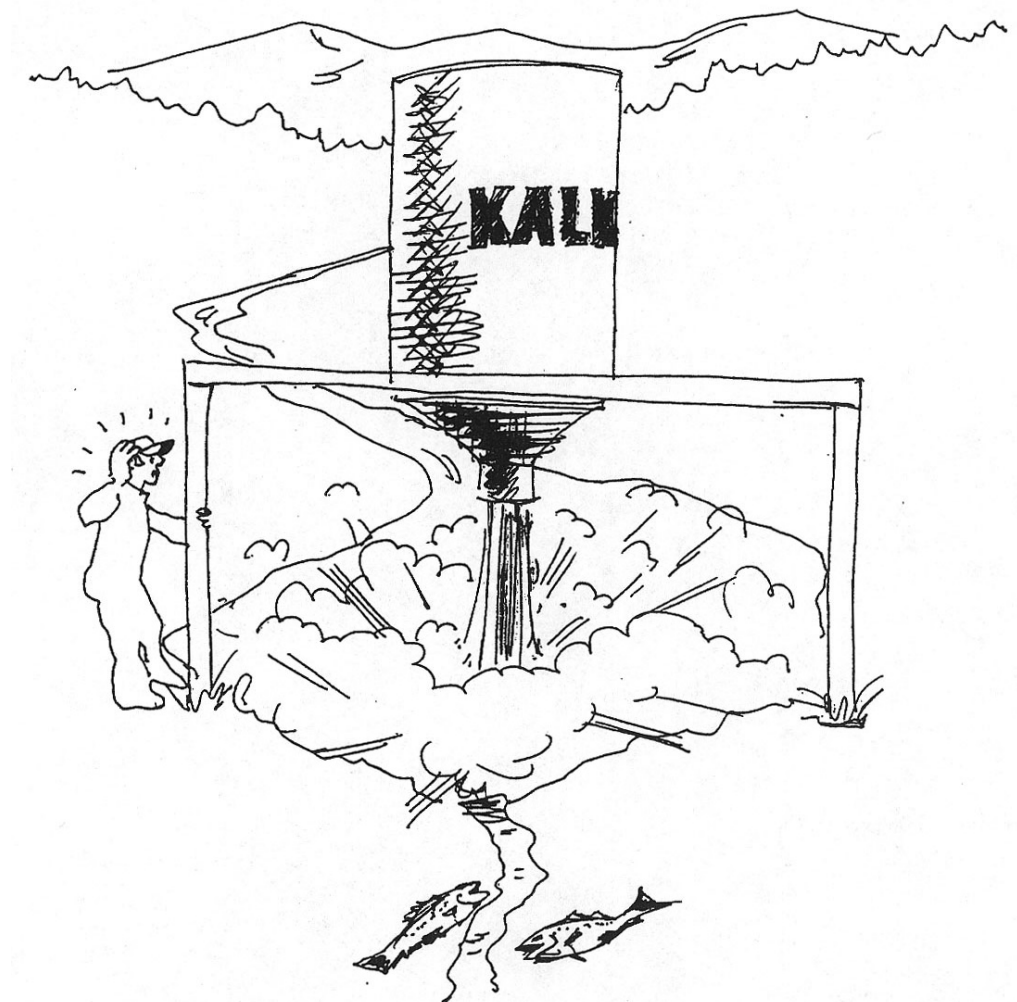




RAPPORT LNR 5210-2006

Driftskontroll av
kalkdoseringsanlegg i
Mandalsvassdraget

Avviksrapport 2005



Illustrasjon: Petter Wang

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport 2005.	Løpenr. (for bestilling) 5210-2006	Dato 31.03.06
	Prosjektnr. Undernr. O-26033	Sider Pris 27
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Lise Tveiten	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) MANKALK	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalselva er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Smeland doseringsanlegg fungerte tilfredsstillende, men driftskontrollen var noe mangelfull på grunn av problemer som oppsto ved strømstans. Håverstad doseringsanlegg fungerte tilfredsstillende, men dosene avvek noe i forhold til innstillingene. På Bjelland doseringsanlegg var driftssikkerheten skjemet av for mye feil ved pH-målingene. Alle tre anleggene har ujusterte vekter. Logåna-anlegget doserte ikke tilfredsstillende før ombygging. Det var for mye stopp i vannkretsen. Anlegget gikk også tom for vannglass. Disse forhold førte til fiskedød. Etter ombygging fungerte anlegget bedre, men det ble gitt for lave doser til elva. Forholdene ble rettet høsten 2005. Anlegget står nå foran omfattende reovering med nytt pumpesystem som skal driftes på lav spenning med gode reserver ved brudd på nettstrømmen.

Fire norske emneord 1. Vassdrag 2. Kalkdosering 3. Overvåking 4. Måleteknikk	Fire engelske emneord 1. Rivers 2. Liming 3. Monitoring 4. Technical measurements
--	---



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg

i Mandalselva

Avviksrapport 2005

Forord

Tidligere erfaringer har vist at kalkdoseringsanlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer tilfeldig kalkdose til vassdragene som de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift, er det avgjørende for et økonomisk 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 bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene i vassdraget, samt å være et ekstra prosessverktøy for operatører og annet personell i MANKALK. 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.

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

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen MANKALK, bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget. Prosjektet støttes også av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

Grimstad, 31. mars 2006

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Driften av anleggene	8
2.1 Smeland	8
2.2 Håverstad	9
2.3 Bjelland	11
2.4 Logåna	15
2.4.1 pH-styring etter verdier målt oppstrøms doseringsanlegget	15
2.4.2 Historikk	16
3. Tiltak	25
3.1 Smeland	25
3.2 Håverstad	25
3.3 Bjelland	25
3.4 Logåna	25
Referanser	27

Sammendrag

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. Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Denne rapporten omhandler drift av kalkdoserere i Mandalsvassdraget

Smeland doseringsanlegg hadde mangelfull strømreserve store deler av perioden. Dette resulterte i problemer for driftskontrollsystemet hver gang det ble brudd på nettstrømmen ved anlegget. Det ble registrert kun to driftstanser på kalkdoseringsanlegget. Anlegget doserte varierende doser i forhold til innstilte verdier i styringsautomatikken. Doseringen var da til tider langt under dosekravet. Anlegget har ujustert maksimalverdi på vekt.

Håverstad doseringsanlegg hadde tre driftstanser i rapporteringsperioden. Det var også en periode da anlegget gav alt for lav dose i forhold til innstilt verdi. Det ble generelt dosert ca 80 % av innstilt verdi, med unntak av en del tilfeller med mer samsvar mellom reel og innstilt dose da det var lav vannføring i elva. Anlegget har ujustert maksimalverdi for vekt.

Bjelland doseringsanlegg hadde god driftssikkerhet. Det ble registrert kun et tilfelle da doseringen stoppet på grunn av feil. Imidlertid var det mange feil på pH-målingene ved anlegget. Det var spesielt mange stans i vanngjennomstrømmingen til målekyvetta for vann oppstrøms anlegget. pH-meteret nedstrøms anlegget hadde feil oppsett. Dette medførte ofte "fastfrysing" av verdier slik at de ble ubrukelige som styringssignaler. Det ble også registrert høyere pH oppstrøms enn nedstrøms anlegget i to lange perioder. Dette skyldes feil eller mangelfull kalibrering. Det var få tilfeller av for lav pH i lakseførende strekning av elva i forhold til pH-målene. Under de to tilfellene som ble registrert, var pH-verdiene bare marginalt under målet. Anlegget har ujustert maksimalverdi for vekt.

Logåna doseringsanlegg ble bygd om til "pH-oppstrøms" styring i februar 2005. Før ombyggingen var det massive problemer med vannsirkulasjonen på anlegget. Dette førte til mye stillstand i målekyvetta. Fiskedød i vassdraget som ble registrert 26. januar (Kroglund et al.) må tilskrives manglende dosering som følge av nevnte forhold. Imidlertid var det også manglende dosering ved stort vannglassbehov en periode fra 9. januar. Denne episoden alene var tilstrekkelig til å drepe fisk. Det var også problemer med for lav dosering ved lav vannføring og lav pH.

pH-målingsstasjonen for måling av verdier oppstrøms anlegget hadde ingen svikt i vanngjennomstrømmingen. pH oppstrøms anlegget var derfor kontinuerlig fra den dagen som denne loggen ble satt i drift. Det var innkjøringsproblemer som førte til dårlig dosering under flom rett etter ombyggingen av anlegget. Senere ble det registrert to flommer hvor doseringen uteble ved behov. Det ble også registrert for lav eller for sen start av dosering ved flere anledninger. Noe av årsaken lå i tekniske forhold ved pumpa, men også for lav vektlegging av dosesignal ved start. Doseringen fra anlegget var generelt for lav fra 2. februar til 22. november på grunn av for lavt estimat av vannføringen. Mer korrekt dosering ble oppnådd etter at vannføringskurve med grunnlag i forhold ved Nyvoll bru ble lagt inn høsten 2005. Det foreslås lagt inn et dosesignal som øker doseringen hurtigere ved start av doseringsbehov.

Det ble foretatt pH-målinger under flom for å avdekke eventuelle problemer med vannglassinnblandingen ca 75 meter nedstrøms anlegget. Målingene viste at vannglasset var homogent innblandet.

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.

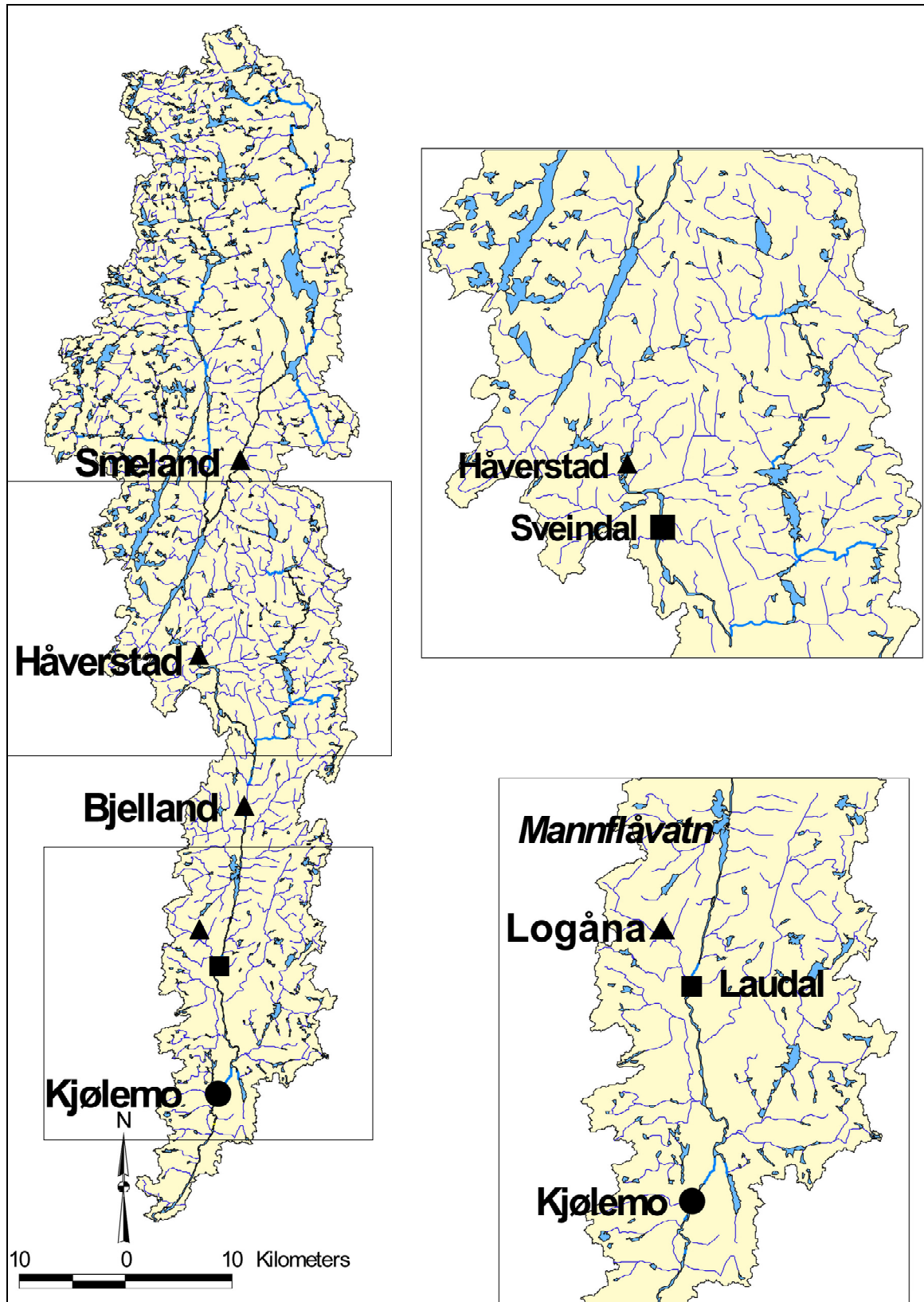
pH-styring: pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktiske målte pH-verdier vises effektiviteten til anlegget.

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 koblet 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 doserte inntil februar 2005 etter pH nedstrøms anlegget. Etter denne dato ble styringssystemet forandret til pH-styring 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 avvikrappporter 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 m.fl. 2003)
- 1. januar 2003 – 31. desember 2003 (Høgberget 2004)
- 1. januar 2004 – 31. desember 2004 (Høgberget og Håvardstun 2005)

Denne avvikrappporten fra Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2005



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

2. Driften av anleggene

2.1 Smeland

Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget Smeland (**Figur 1**). Dette anlegget er et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg. Et slikt anlegg skal kalke med fast dose. Den teoretiske kalkdosen for anlegget på Smeland er gitt som $\geq 1 \text{ g kalksteinsmel/m}^3 \text{ vann}$. Ved driftskontroll registreres dosen som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets kalkbeholdning (kalksilo) sammenholdt med vannføring ved kalkingstidspunktet. Kalkdoseringsanlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi doseringsanlegget. Vanlig utvikling gjennom et døgn har lavest vannføring tidlig på morgenen, deretter en fordobling utover dagen. Maksimum vannføring nås om ettermiddagen da det normalt er ca $25 \text{ m}^3/\text{s}$ forbi kalkdoseringsanlegget.

Det ble registrert mange stopp i driftskontroll-loggeren i avviksperioden (**Tabell 1**). UPS (reserveforsyning av strøm) ble installert i mars 2004 for å unngå stopp på logger ved strømstans. Problemene forsvant likevel ikke. Årsaken var at UPSen ikke fungerte slik den skulle. Den 29.4.05 ble UPSen ødelagt. Denne ble erstattet av en ny sent på sommeren 2005. Problemene har totalt ført til at det er 24 dager uten driftskontroll-logg fra anlegget i rapporteringsperioden.

Grunnet problemer med den daglige overføringen av nye data til databasen på NIVA, ble det til tider meget vanskelig å gjennomføre den rutinemessige driftskontrollen av anlegget. Årsakene ligger mye i problemene omkring strømstans på anlegget, men også programvare-problemer ved lagring av nye data på databasen.

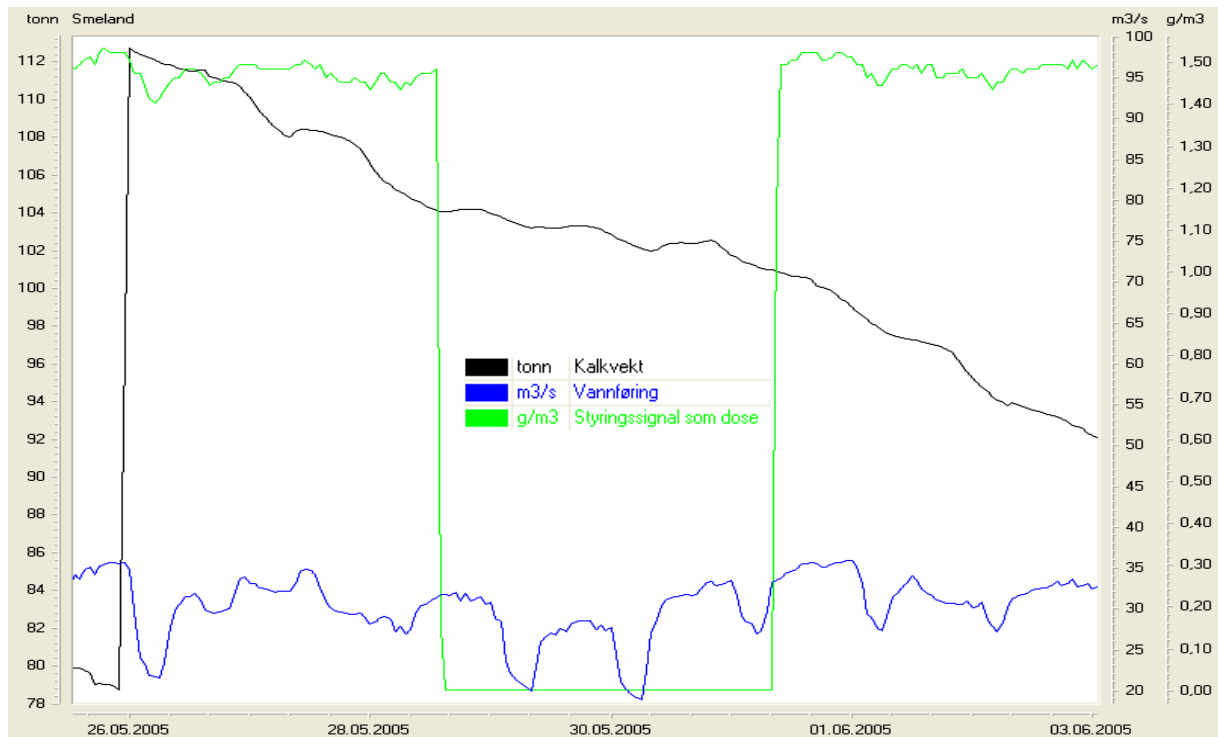
Tabell 1. Antall dager uten logging i driftskontroll-systemet. Mange strømstanser på anlegget stoppet loggeren.

Dato	Dager uten driftskontroll-logg
08.01.2005	1,9
13.04.2005	10,0
29.04.2005	3,4
14.06.2005	6,5
19.07.2005	1,9

Driftskontroll-data viser at doseringen stoppet to ganger i perioder lengre enn en arbeidsdag (8 timer). Det var 16. juli, da anlegget sto i ca. 3 døgn og 28. september da den stoppet i 2,9 døgn.

Anlegget doserte i lange perioder etter et dosekrav på $1,5 \text{ g/m}^3$. Anleggets reelle dose var da ca $1,2 \text{ g/m}^3$. Om sommeren fra slutten av juni til siste uke i august ble den fastsatte dosen gradvis redusert til et minimum på $0,8\text{-}0,9 \text{ g/m}^3$. Doseringen var spesielt lav i intervallet mellom kalkfylling 7. august og 14. august. Da var den reelle dosen bare $0,3 \text{ g/m}^3$. Imidlertid var den reelle dosen vesentlig høyere enn innstilt dose en uke fra 15. august (ca $1,5 \text{ g/m}^3$). Lav dosering ble også registrert en periode på 2,5 dager fra 28. mai da styringssignalet uteble på doseringsanlegget. Forklaring mangler på hvorfor anlegget doserte uten automatisk styringssignal, men det kan ha sammenheng ned kortvarig strømbrudd på anlegget, se **Figur 2**.

Kalkvekta gikk over maksimal avlesbar verdi på 116 tonn 4 ganger i rapporteringsperioden (8. mars, 22. august, 30. oktober og 6. desember). Til sammen 6 dager.



Figur 2. Kalkvekt, styringsdose og vannføring på Smeland doseringsanlegg i mai 2005. Figuren viser at det ble dosert kalk selv om styringssignalet uteble. Det er ikke klarlagt hvorfor doseringen fortsatte, men antagelig har det sammenheng med automatisk overgang til manuell drift ved strømbrudd.

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 nær kalkingsanlegget styrer doseringen av kalk. Imidlertid har det vist seg at det oppstår bakevje-effekter 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 en stans i driftskontroll-loggingen i rapporteringsperioden. Det var 27. desember, da logging uteble i 5 timer.

Doseringsanlegget stoppet til sammen ca 3 døgn i 2005. Det var 26. januar og 31. august da anlegget stoppet i ca 1 døgn. Den 12. februar var det også tilnærmet stopp på anlegget i to døgn, men det ble dosert noe, ca 1,15 tonn. Dette gav imidlertid en dose som var alt for lav, ca 0,13 g/m³ (se **Figur 3**).

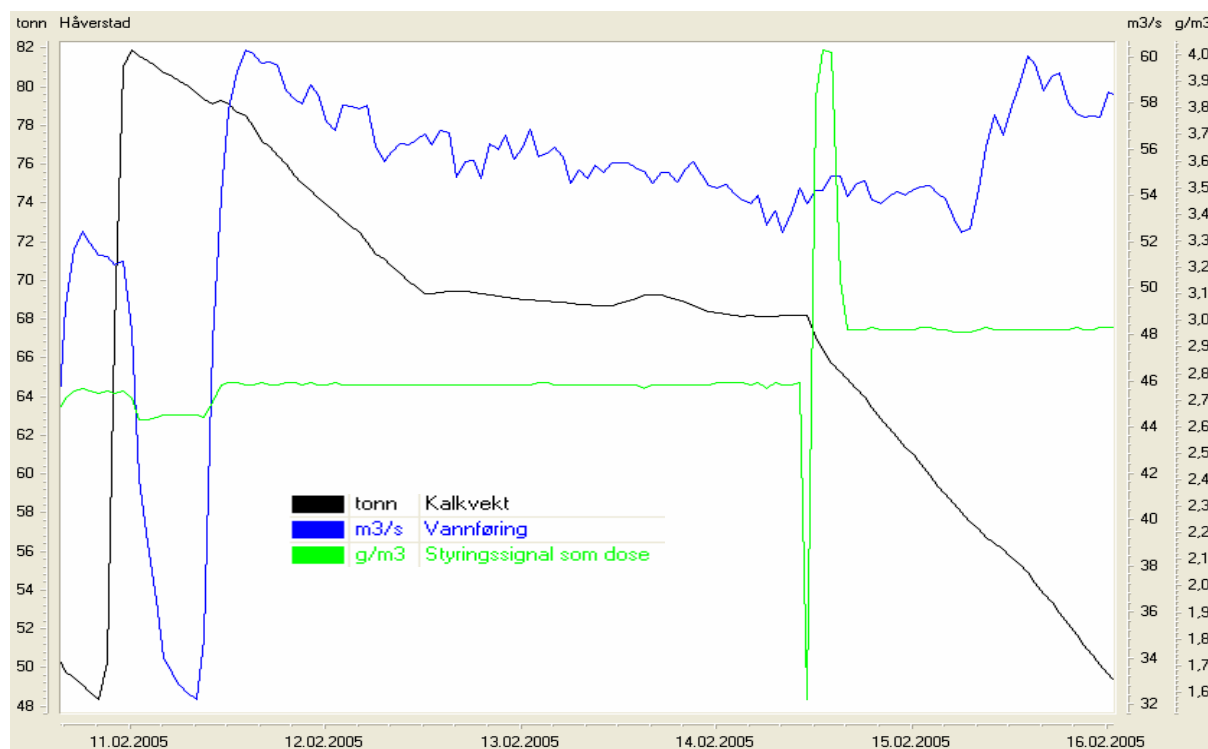
Kalkvekta oversteg maksimal avlesbar verdi på måleinstrumentet (124 tonn) 5 ganger. Totalt var grenseverdien for vektavlesning overskredet i nesten 3 dager. Tidspunktene er gjengitt i **Tabell 2**

Tabell 2. Tidspunktene for overskridelse av grenseverdien for maksimalt avlesbar vekt på Håverstad doseringsanlegg i 2005.

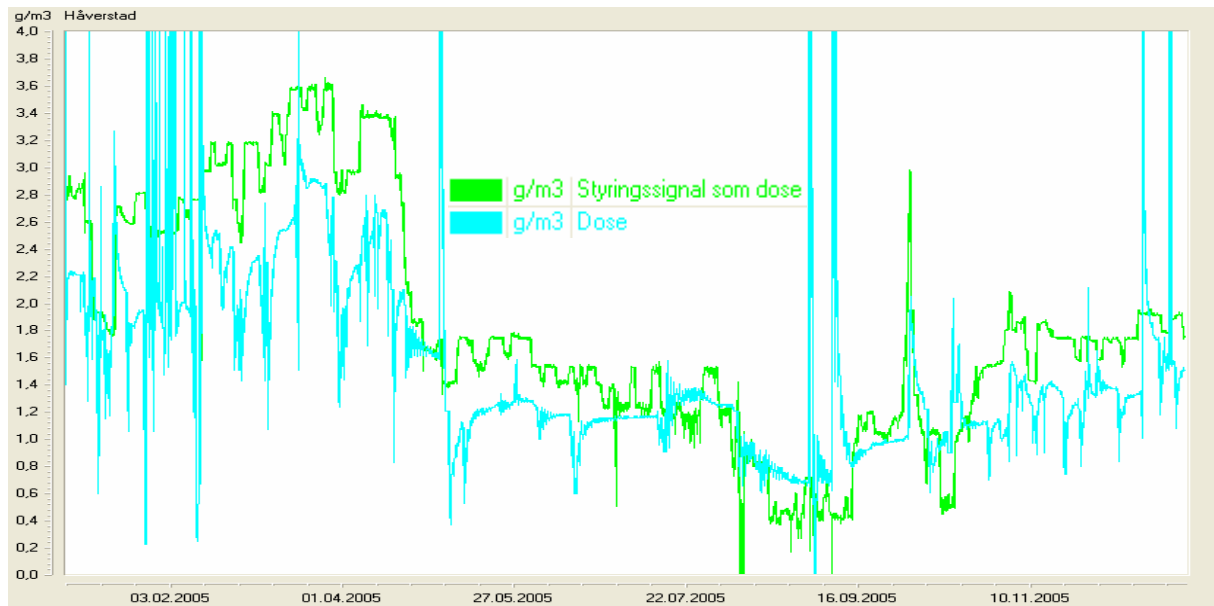
Dato	Antall timer uten riktig vektavlesning
07.03.2005	10
17.04.2005	16
21.04.2005	4
04.05.2005	27
10.05.2005	11

Alle parametere inn til driftskontroll-loggeren fungerte i hele avviksperioden.

Den vanligste tilstanden på Håverstad er at den doserte mengde kalk er ca 80 % av innstilt dose. Dette var også forholdet i 2005. Imidlertid ble forskjellen mellom innstilt og faktisk dose mindre da vannføringen ble redusert midt på sommeren. Da var det også til tider noe høyere dose tilført vassdraget enn den som var innstilt på doseringsanlegget (se **Figur 4**). Styringssignalet blir manuelt justert etter behov på Bjelland. Derfor varierte dosene en del mellom 0,4 og 3 g/m³. Høyeste dose i 2005 var ca 3,6 g/m³.



Figur 3. Kalkvekt, vannføring og styringssignal som dose på Håverstad doseringsanlegg i februar 2005. Figuren viser en situasjon der det ble gitt automatisk signal til dosering tilsvarende 2,8 g/m³, men den reelle dosen ble mye lavere (0,13 g/m³). Årsaken til forholdet er uvisst, men en påvirkning av systemet skjedde den 14. februar som fikk doseringen til å forløpe normalt igjen, (se forstyrrelsene på dose-kurven).



Figur 4. Styringsignal som dose og den reelle dosen fra Håverstad doseringsanlegg i 2005. Figuren viser stor variasjon i dosene over året. Årsaken til at registrert dose gjør store hopp i kurven er at små svikt i vektregistreringene forstyrrer beregningsgrunnlaget for utregning av dose. Utregnet dose er mest eksakt i fyllingsøyeblikket for ny kalkforsyning (Høgberget og Hindar 1998).

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 sammenhengen 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 har fastsatt pH-mål gjennom året (teoretiske grenseverdier for pH) for lakseførende strekning i Mandalsvassdraget slik: 15/2-31/5: pH 6,2 og 1/6-14/2: pH 6,0 (DN 2002). 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 ble ikke registrert avbrudd i driftskontrollen på anlegget. Imidlertid var det noen episoder med strømbrudd som førte til mangelfulle signaler fra sensorene inn til loggeren. Dette gjelder datoene gjengitt i **Tabell 3**

Tabell 3. Datoer og varighet av mangelfulle data på driftskontroll-loggeren som følge av strømbrudd på anlegget. Kalkvekt og vannstand uteble da.

Dato	Dager uten driftskontroll-logg
01.03.2005	1,2
08.03.2005	0,9
01.10.2005	1,5

Kalkvekta gikk over maksimalt avlesbar verdi to ganger i rapporteringsperioden. Det var ca 1,5 uke fra 21.april og 9 timer den 12. november. Vekta viste da 116 tonn selv om beholdningen veide mer enn dette.

Vannføringsmålingene uteble på grunn av for høye vannstander til å kunne registreres på vannstandsmåleren i 6 dager fra 7. januar under flommen "Gudrun".

Det var ufrivillig stans i doseringen fra anlegget kun én gang i en periode over 8 timer. Det var 7. februar da anlegget sto i 9 timer (se **Figur 5**). Dette var tilstrekkelig tid til at pH i elva ble redusert til 5,9 (litt under pH målet). Siden episoden var kortvarig antas det at den hadde ubetydelig effekt for livet i elva.

Det var mye feil ved pH-målingene på anlegget. Til sammen var det 27 døgn uten korrekte pH-målinger på grunn av svikt i vanngjennomstrømmingen til pH-kyvettene. Spesielt var det mange slike feil i målingene av pH oppstrøms anlegget (se **Tabell 4**).

pH-styringen på anlegget var også svært mangelfull på grunn av mange og langvarige svikt i signalene fra pH-meteret på målestasjonen nedstrøms doseringsanlegget **Tabell 5**. Da det ble registrert intern feil i pH-meteret som utløste en feilkode, ble siste verdier (pH og vanntemperatur) beholdt som utgangssignaler. pH og temperaturforløpet ble i denne tiden en horisontal strek (se **Figur 6**).

To ganger i perioden var pH oppstrøms høyere enn pH nedstrøms anlegget. Det var 4. juli til 9. august (**Figur 7**) og 16. desember til 31. desember. Før inntaksbrønnen på Bjelland ble flyttet, kunne slike tilstander skyldes påvirkning fra lokalt sigevann inn til pH-målingen oppstrøms anlegget. Imidlertid er denne feilkilden nå fjernet gjennom etablering av det nye inntakspunktet i elva. Dermed kan det fastslås at forholdet skyldes feil eller mangel på kalibrering av pH.

Tabell 4. Tid uten gjennomstrømming i målekyvettene for pH-måling. Det var totalt 27 dager uten korrekte målinger som følge av stillestående vann.

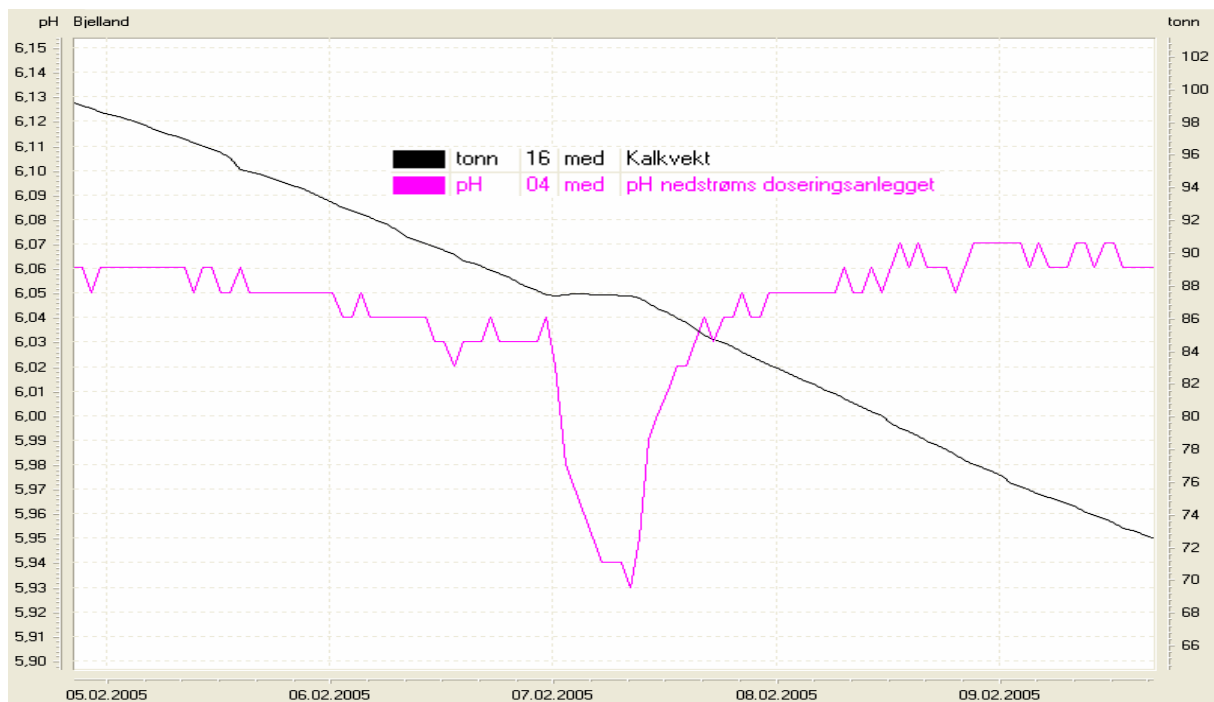
Dato	Dager uten gjennomstrømming i målekyvetta	
	pH oppstrøms doserer	pH nedstrøms doserer
08.01.2005	0,5	
09.01.2005		1,7
09.02.2005	0,8	
23.02.2005	3,1	
01.03.2005		1,4
18.04.2005	4,3	
10.05.2005	3,2	
29.06.2005		0,5
06.09.2005		5,6
13.10.2005	1,3	
04.11.2005	0,3	
11.11.2005	2,7	
15.11.2005	1,9	

Tabell 5. Antall dager uten korrekte signaler fra pH-stasjonen nedstrøms Bjelland doseringsanlegg i 2005. Til sammen var det 114 døgn uten korrekte pH-signaler.

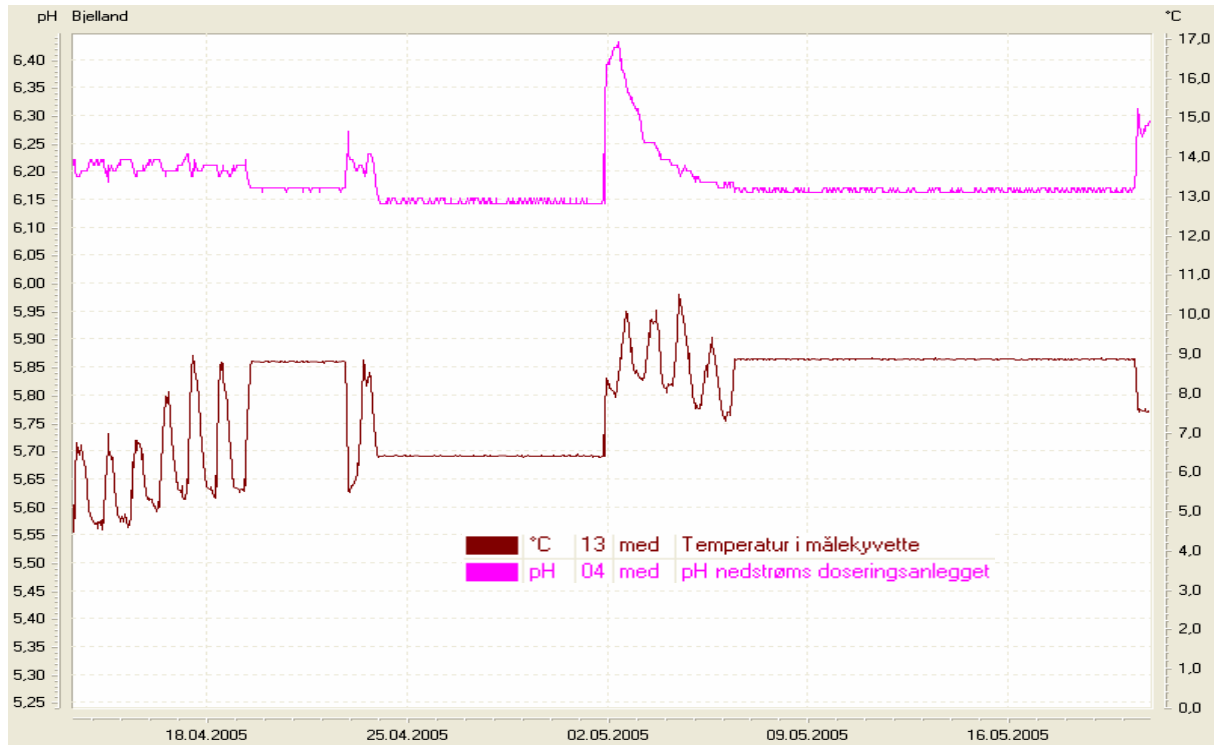
Dato	Dager uten signaler fra pH-stasjonen nedstrøms doseringsanlegget.
13.04.2005	3,1
24.04.2005	7,8
06.05.2005	13,8
08.08.2005	9,3
14.09.2005	18,7
06.10.2005	10,6
26.10.2005	50,6

Det var få tilfeller hvor pH ikke holdt de mål som er satt for den lakseførende strekningen av elva. To tilfeller med varighet over flere timer er registrert. Det ene tilfellet er gjengitt i **Figur 7**. Forholdet begynte 27. juli og varte i ca 6 dager. Laveste pH var da 5,9. Det andre tilfellet ble registrert den 7. februar. Da var pH 5,9 i kun 9 timer. Imidlertid gikk det to dager før pH ble justert opp til målet som gjelder for smoltifiseringsperioden fra 15. februar.

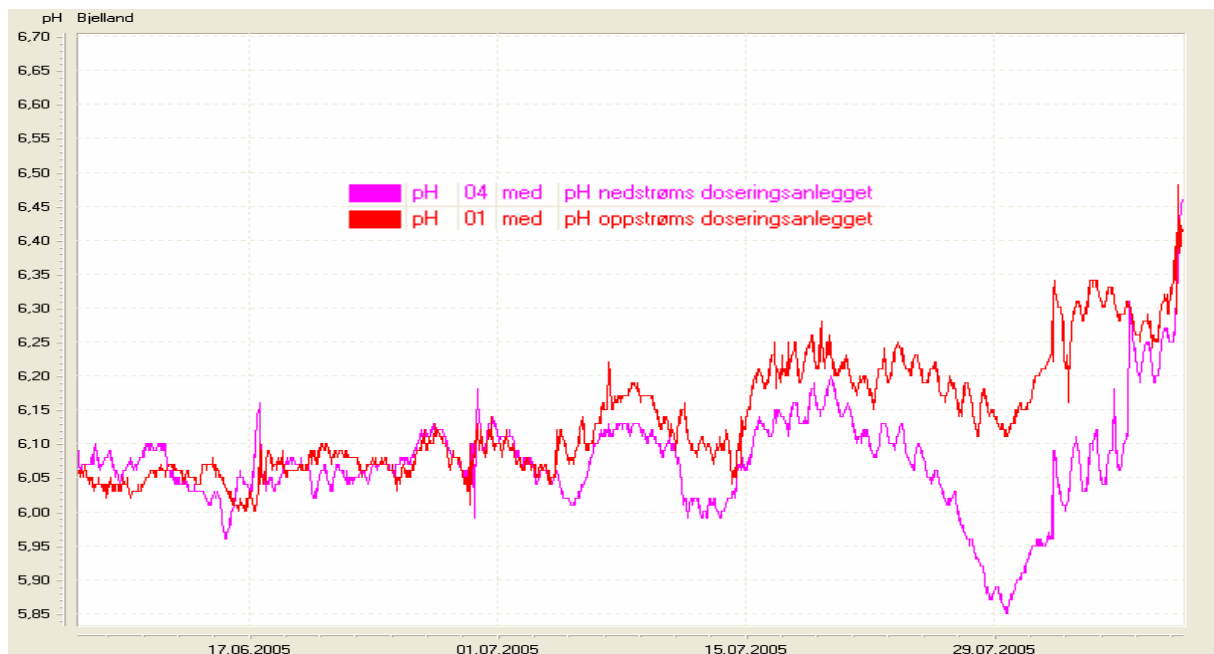
pH var høy en periode i januar i forbindelse med en stor flom i vassdraget. Uheldigvis finnes ikke pH-data fra den automatiske pH-overvåkingsstasjonen på Kjølemo som kan synliggjøre effekten i nedre deler av elva. Det er sannsynlig at den høye doseringen ble gitt med overlegg for å dempe effekten av sure tilførsler nedstrøms Bjelland doseringsanlegg. pH-verdiene og doseringen som ble gitt under denne episoden er gjengitt i **Figur 8**.



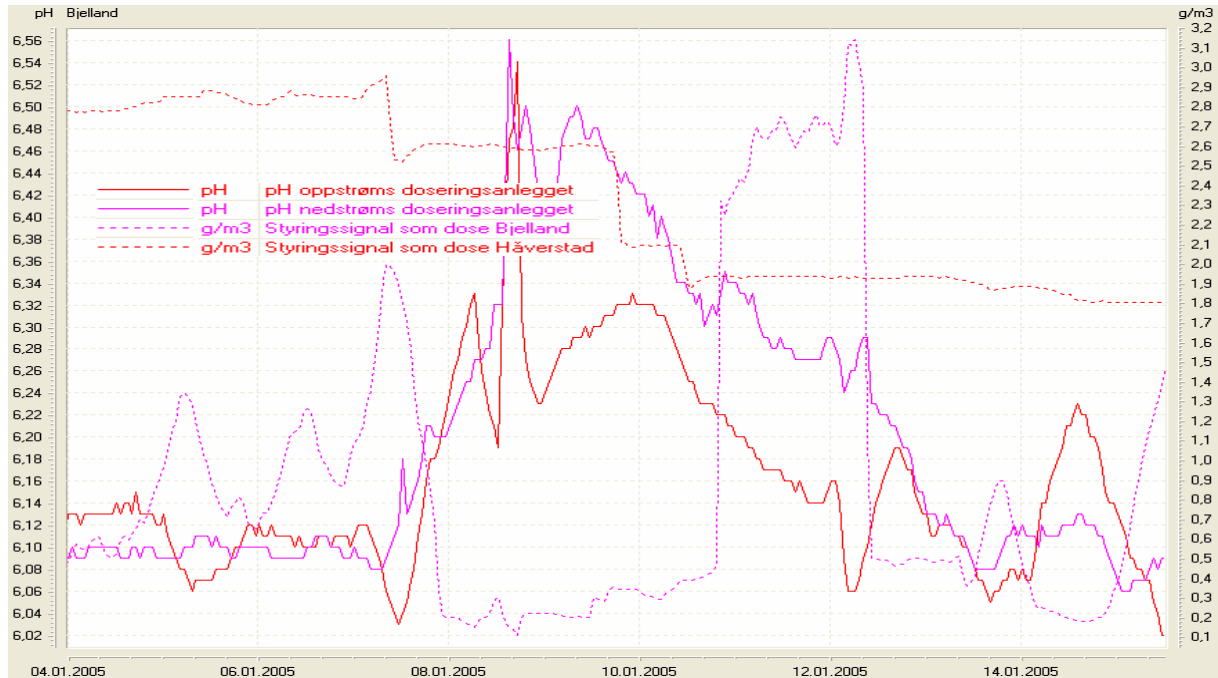
Figur 5. Kalkvekt og pH nedstrøms Bjelland doseringsanlegg februar 2005. Stopp i doseringen fra anlegget førte til pH-verdier under målet for lakseførende strekning. Imidlertid var episoden meget kortvarig. pH var også minimalt under pH-målet på 6,0. Derfor antas episoden ikke å ha hatt noen innvirkning på de biologiske forholdene i elva.



Figur 6. Vanntemperatur og pH nedstrøms Bjelland doseringsanlegg i slutten av april og begynnelsen av mai 2005. Figuren viser tre episoder da signaler fra pH-stasjonen nedstrøms anlegget ikke forandret seg. Årsaken var feilkoding i pH-meteret.



Figur 7. pH oppstrøms og nedstrøms Bjelland kalkdoseringsanlegg i juli 2005. Figuren viser utvikling til høyere pH oppstrøms enn nedstrøms anlegget. Dette tyder på feil måling av pH.



Figur 8. pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget på Bjelland sammen med styringssignalet fra Håverstad og Bjelland som dose i januar 2005. Dosen fra Håverstad påvirker pH oppstrøms Bjelland. Dosen fra Bjelland doseringsanlegg påvirker pH nedstrøms Bjelland. Figuren viser hvordan dosen fra Håverstad ble stegvis satt ned i løpet av episoden. Dosen fra Bjelland gikk ned. På tross av dette økte pH ytterligere. Så økte dosen voldsomt uten at dette påvirket utviklingen. Det antas at styringssignalene til doseringen ble overstyrt av manuell dosering.

2.4 Logåna

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

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg etablert. Det er et pH-styrt anlegg for dosering av vannglass (SiO_2). pH-meteret var inntil januar 2005 plassert nedstrøms doseringspunktet. Det er vannføringssignal tilkoblet anlegget 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 forsuringsepisoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var satt til pH 5,9.

2.4.1 pH-styring etter verdier målt oppstrøms doseringsanlegget

Den 7. februar ble det etablert et annet prinsipp for dosering. Da ble pH-meteret flyttet oppstrøms doseringsanlegget. I prinsippet gjaldt det samme pH-kravet til behandlet elvevann, men det ble umulig å kontrollere pH-effekten via driftskontrollen på anlegget. Styringssignalet ble satt med utgangspunkt i en pH-SiO₂ titeringskurve, pH og vannføring. Titeringskurven som ligger til grunn for utregning av doseringssignalet baserer seg på en analyse som er foretatt av surt vann fra lokaliteten. Denne titeringskurven er gjengitt i **Figur 9** og er meget lik titeringskurver i andre analyser fra lokaliteten. Den normerte formelen for pH-utviklingen ved SiO₂-titring har følgende uttrykk:

$$y = 3,4x^2 - 28,7x + 57,7$$

$$x = \text{pH}$$

$$y = \text{ml vannglass/m}^3$$

Doseringsbehovet ved de aktuelle pH-verdier multipliseres med vannføringen og vektlegges slik at den tilpasses spennet i doseringskapasiteten på anlegget. Denne formen for pH-styring er ikke så nøyaktig som styring fra pH nedstrøms anlegget. Imidlertid er det ikke pH alene som viser om det oppnås tilfredsstillende resultater, men også at dosen har vært tilstrekkelig høy til å immobilisere giftig aluminium i elva. Dosen har uansett vært høy nok dersom det har blitt tilført 6-7 ml vannglass/m³ ved ekstremt surt elvevann (pH 4,8-5,0) med høye konsentrasjoner av labilt aluminium .

2.4.2 Historikk

Det var stans i logging av driftskontroll-data en gang i avviksperioden. Det var i forbindelse med omlegging av styringssystemet på dosereren i januar. Da var det 1,5 døgn uten logg.

Det har ikke vært svikt i signaler for beholdning, vannstand eller dose. Imidlertid var det urealistiske vannstander i forbindelse med ising i inntaksbrønnen eller elektronisk forstyrrelse på signalet i 2,4 uker fra 18. januar (se **Figur 12**).

pH ble målt på stillestående vann i målekyvetta i en lang periode før ombygging av anlegget. Dette var en feil som utviklet seg langsomt i løpet ca 2,5 uker fra 1. januar. Antagelig var det da en liten gjennomstrømming som gjorde at temperaturen ikke gikk noe særlig opp. I denne tiden må man anta at pH viste tilnærmet realistiske verdier.

Etter ombyggingen ble pH målt i en egen automatisk pH-målingsstasjon. Denne utgjør en separat enhet skilt fra doseringsanlegget og med egen vannkrets. Det var ingen tilfeller av svikt i vannstrømmingen gjennom målekyvetta ved pH-stasjonen i 2005.

Anlegget manglet pH- og temperaturdata i 12 timer den 7. september. Også de andre signalene sviktet da i en kort periode. Årsaken til dette var at jordfeilbryteren på anlegget slo seg av slik at nettstrømmen uteble.

I januar 2005 fortsatte de samme problemene som omtalt i tidligere avviksrapporter (Høgberget og Håvardstun 2005). Den 6. januar begynte en periode med tre raske flomtopper med ekstremt forurende forhold i elva. Dette var effekter av "saltepisoder" under stormen "Gudrun" (Hindar og Enge 2006). For å avsyre disse vannmengdene ble det forbrukt store mengder vannglass. Behovet økte til over 20 ml/m³, og da vannføringen økte til 2-4 m³/s ble beholdningen tom lenge før ny forsyning ble tilført anlegget. Elvevannet ble da meget surt (pH 5,3) i 2,5 dager. Også en flom 12. januar ga høyt doseringsbehov. Da økte den reelle dosen til 30 ml/m³ i et halvt døgn i etterkant av flomtoppen (**Figur 10**).

Feltarbeid ble utført på anlegget den 18. januar. Da var det ingen gjennomgang i målekyvetta, og pH-meteret viste alt for høye verdier på stillestående vann. Det ble foretatt kalibrering og vannkretsen ble åpnet gjennom kyvetta. Riktig pH i elvevannet ble da målt til pH 4,8. pH økte raskt til settpunktet (pH 5,9) da doseringen startet (se **Figur 11**).

Fra 18. januar ble doseringen fra anlegget mer tilfeldig. Vannføringsavhengig slaglengde i doseringspumpa fulgte ikke lenger vannføringsutviklingen slik den kommer fram på loggen. Slaglengden gikk nesten ned mot null. Dette førte til at det ikke ble dosert tilstrekkelig vannglass selv om pumpefrekvensen var meget høy. Denne tilstanden varte til 4. februar. Da forsvant frekvenssignalet. Anlegget fungerte ikke. Forholdene ble rettet etter omkobling til dosering med grunnlag i pH oppstrøms anlegget den 7. februar. I forbindelse med dette arbeidet ble det gjort forandringer den 4.

februar som bevirket at vannføringen igjen ble registrert på normalt vis. Kurvene viser da at det var spesielt lav vannføring sammen med lav pH. Dette er forhold som ikke tidligere er omtalt i våre avviksrappporter. At slaglengden før ombygging var nær null tyder på at signalomformerer har fått riktig signal fra vannstandsmåleren selv om ikke loggeren registrerte disse verdiene (mulig jordingsfeil, som tidligere omtalt) se **Figur 12**. I denne tiden kan derfor anlegget ha fått for lav dose av vannglass til å opprettholde tilfredsstillende vannkvalitet i elvevannet. Manglende vannglass førte til lav pH. Den sank ned mot pH 5,2.

Den første uken etter ombygging av anlegget doserte ikke anlegget som det skulle. Grunnet en feil i programmeringen av en signalomformer, ga denne inverst styringssignal til doseringspumpen. Feilen ble raskt oppdaget da Logåna gikk i flom 9. februar. Anlegget stoppet da å dosere (se **Figur 13**).

Det nye doseringssystemet inneholdt en forandring i bruk av styringssignalene inn til pumpa. Det var ikke lenger nødvendig å benytte to inngangssignaler. Slaglengden på doseringspumpa ble derfor fiksert til maksimalt slagvolum (30 ml) som fast innstilling. Frekvensen ble så benyttet til å variere pumpekapasiteten. Det ble da vanskelig å dosere lavere enn ca 3 ltr/ time. Årsaken var at følsomheten på signalmottaket ble for dårlig ved lave pumpefrekvenser. Dersom signalet ble redusert, fortsatte doseringen til et lavere nivå før den stoppet enn nivået på startsignalet ved neste start. Det skulle derfor høyere signal til for å starte pumpa enn for å stoppe den. Dette førte til doseringsproblemer ved lav vannføring og surt vann. Tilsvarende forhold ga også problemer med doseringen ved styring etter pH nedstrøms anlegget (se kapittel over). Dette ble først registrert ved manglende dosering i forbindelse med lav vannføring og surt vann i februar 2005. Forholdet vises på **Figur 14**.

Ved to anledninger i august startet ikke dosering da det ble behov for vannglass (se **Figur 15**). Det er ikke klarlagt hvorfor, men situasjonen oppstod ved første doseringsbehov etter ca 3 måneders stillstand. Generelt er det tendenser til startproblemer etter lang tid uten drift på doseringsanlegg.

Også ved andre anledninger var det manglende dosering fra anlegget. For sen start av dosering og for tidlig avslutning var de hyppigste årsakene til manglende dosering. **Tabell 6** viser en oversikt over doseringsstoppene.

Tabell 6. Tid uten dosering fra Logåna doseringsanlegg da det var behov vannglass og anlegget skulle dosert. De fleste av tilfellene skyldtes for tidlig avslutning av doseringen etter sure episoder.

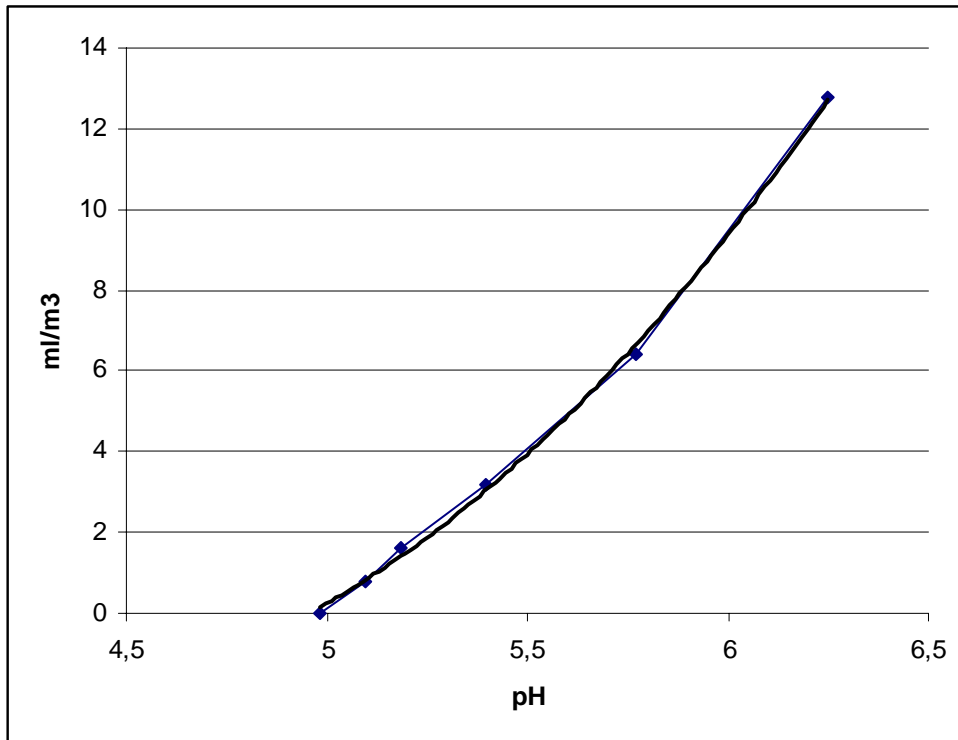
Dato	Dager uten dosering	Merknad
16.02.2005	2,2	
20.02.2005	7	
17.03.2005	1,3	Treg start
21.03.2005	3,5	
29.05.2005	7	Lite behov
14.06.2005	1	
25.08.2005	1	Stort behov, men ingen start
29.08.2005	1,4	Stort behov, men ingen start
28.10.2005	0,8	Stopper å dosere ved ca 5,7-5,75
18.11.2005	1,5	Ser ut til at det stopper å dosere ved ca 5,7-5,75
26.11.2005	1,6	Ser ut til at det stopper å dosere ved ca 5,7-5,75
05.12.2005	3	Ser ut til at det stopper å dosere ved ca 5,7-5,75
13.12.2005	2,6	
22.12.2005	1	

Det var gjennomgående for lav dosering fra anlegget i forhold til ønsket behov. **Figur 16** viser et eksempel på hvordan doseringen var i forbindelse med surt vann i høstflommen. Titreringskurven i **Figur 9** viser hva den teoretiske pH-reaksjonen vil bli på vannglass-tilsetning. **Figur 19** viser utviklingen av dosene under den samme tiden som **Figur 16**, men i tillegg vises dosen som er beregnet av titreringskurven. Totalt vannglassforbruk var da vesentlig lavere enn tidligere år. Dette kan også ha sammenheng med mindre mengder surt vann enn tidligere registrert. Forbruket hele året var ca 36 m³.

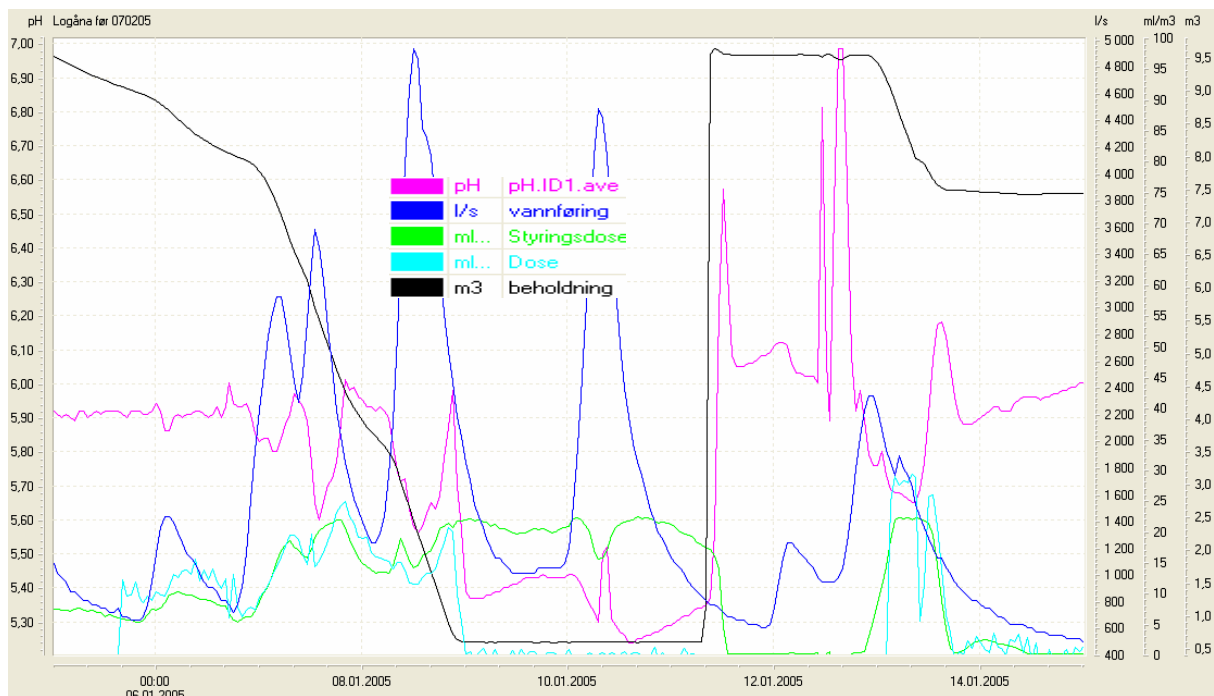
Dårlig pH-effekt av dosering under høstflom ble registrert av operatøren på anlegget. Dette forholdet ble også dokumentert av oss under en befaring den 4. november. På vår logg var behovet 6,6 ml/m³. Vannføringen var 2,87 m³/s. Dette skulle gi god pH-effekt i elva. Vi ville undersøke om manglende innblanding kunne være årsak til lav pH. pH oppstrøms anlegget var 5,15. **Tabell 7** viser manglende forskjeller i pH-verdier mellom de to sidene av elven, mens pH-effekten alt for lav. Årsaken til manglende effekt var at vannføringskurven som ble benyttet viste for lav vannføring i forhold til den kurven som er utarbeidet av Agder Energi på Nyvoll (**Figur 17**), ca 300 m lengre nede i elva. I følge denne skulle vannføringen være 4,75 m³/s. Ny vannføringskurve (**Figur 18**) ble lagt inn i signalomformerer den 22. november. Effekt av dette vises på **Figur 19**.

Tabell 7. pH målt med to pH-metere på begge sider av elva for å avdekke eventuelt manglende innblanding. Sveindal bru er ca 70 m nedstrøms doseringspunktet som ligger på nordsiden av elva. Nyvoll bru ligger ca 375 m nedstrøms doseringspunktet. Det ble ikke observert forskjeller i pH fra de to sidene. Elva gjør en sving til hver side mellom doseringspunktet og Sveindal bru. Dette bevirker god innblanding på tvers i elva.

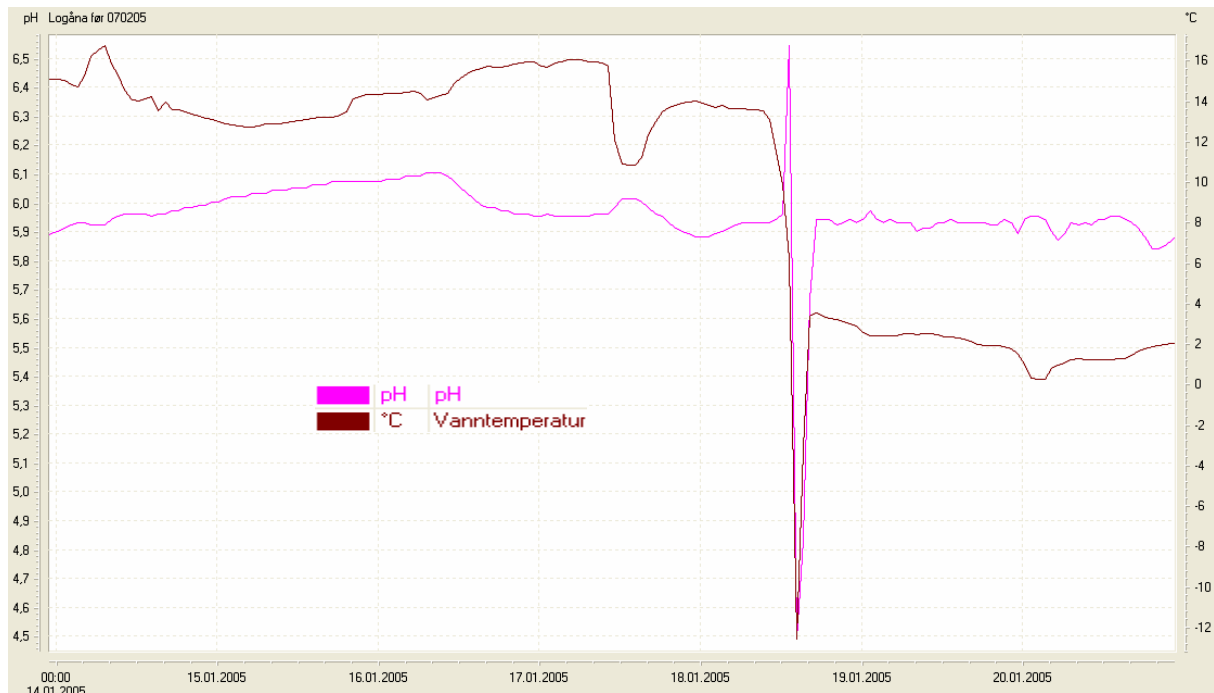
Sted	Elvebredd	pH nr. 1	pH nr. 2
Sveindal bru	Nord	5,45	
	Syd	5,35	5,35
Nyvoll bru	Nord	5,49	5,46
	Syd	5,51	5,45



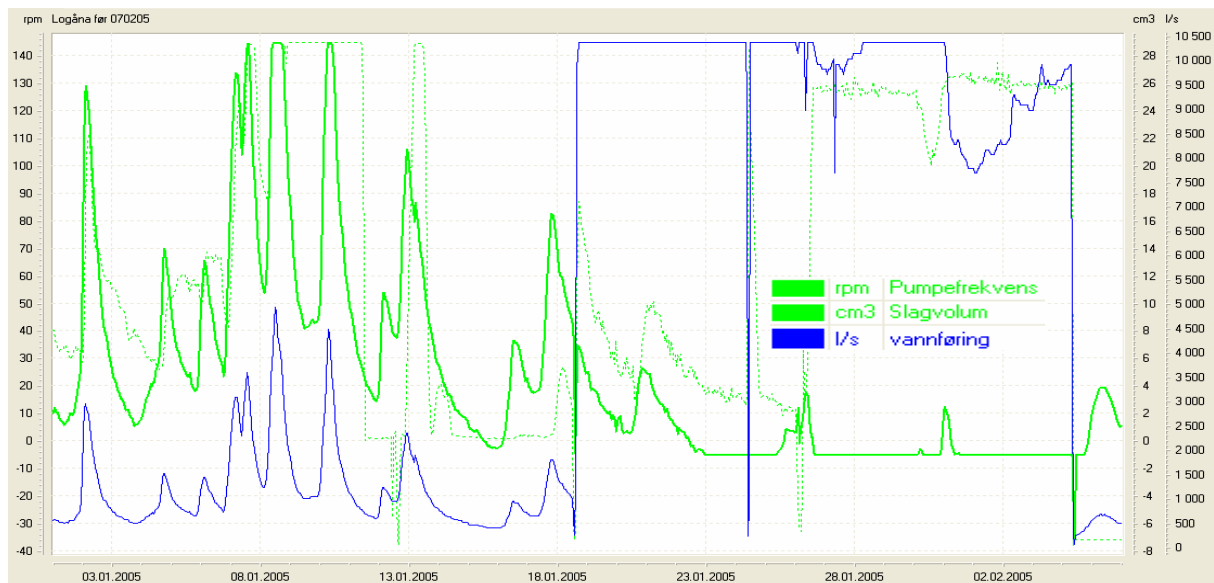
Figur 9. Titreringskurven som ligger til grunn for doseringssignalet ved pH-styringen på Logåna doseringsanlegg fra februar 2005. Anlegget styres etter pH-verdier oppstrøms anlegget.



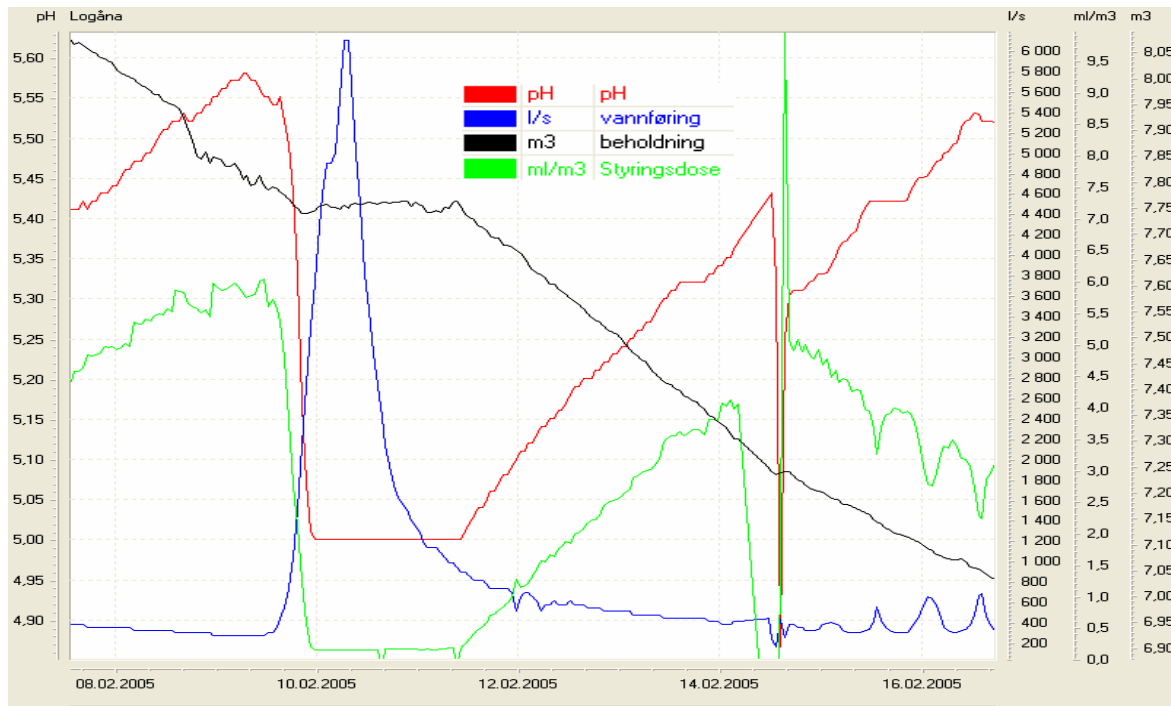
Figur 10. pH, vannføring, vannglassbeholdning og doser som styringsdose og avlest faktisk dose på Logåna doseringsanlegg de to første ukene av januar 2005. Figuren viser situasjonen under fire flommer. pH ble redusert som følge av sur avrenning til elva. Doseringsanlegget gikk tom for vannglass midt under de verste forholdene med vannføringer opp mot $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatet ble dermed surt elvevann i 2,5 dager. Dette var dødelige forhold for fisken i elva. Den siste flommen var den sureste. Da ble det dosert mest vannglass.



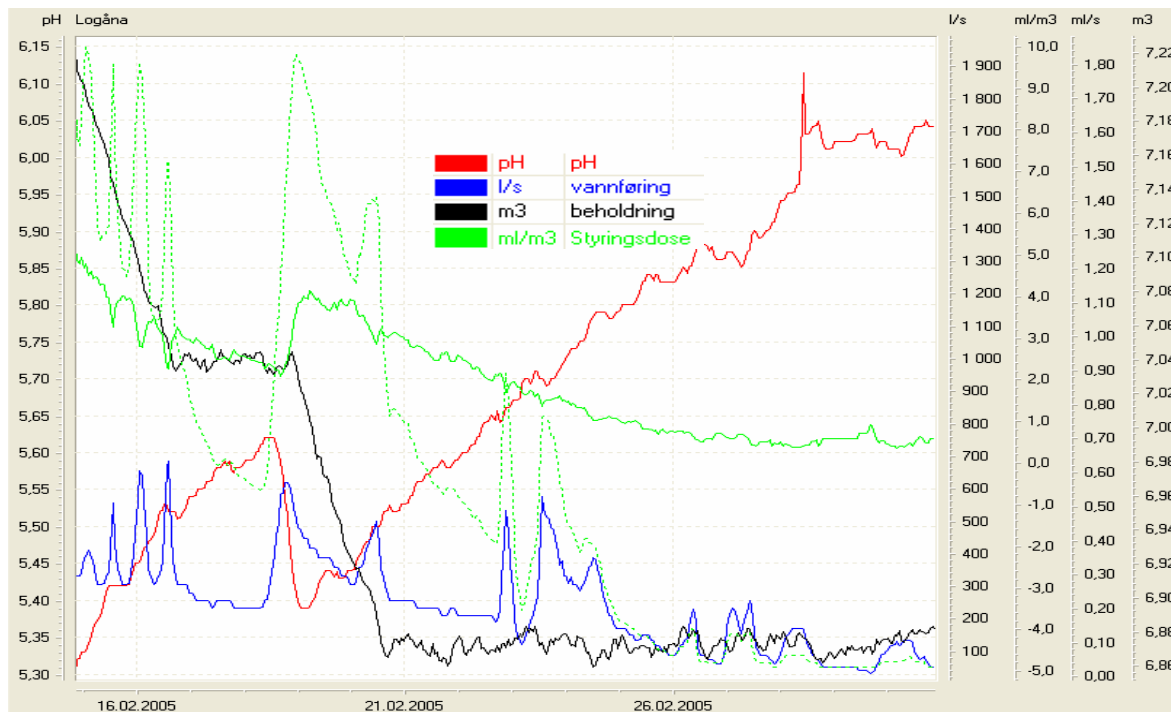
Figur 11. pH og vanntemperatur i målekyvetta på Logåna doseringsanlegg i januar 2005. Figuren viser pH-reaksjonene på kalibrering og påfølgende dosering etter åpning av vannkretsen. pH stilte seg inn på settpunktet (pH 5,9).



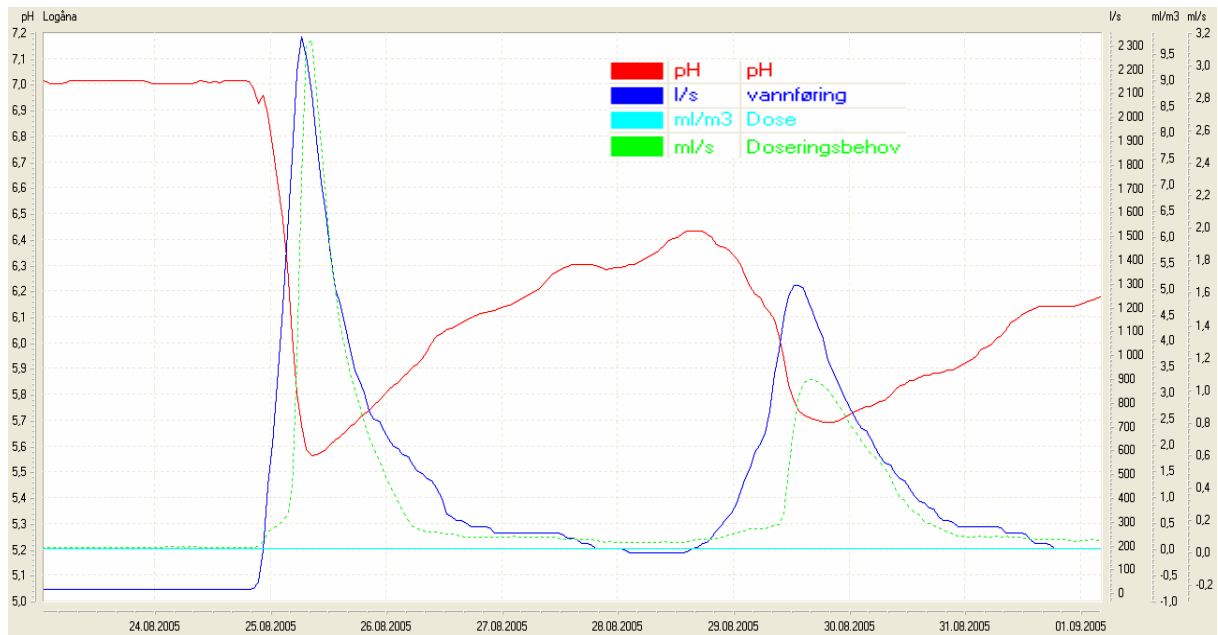
Figur 12. Vannføring i Logåna, pumpefrekvens og slagvolum til doseringspumpa på Logåna doseringsanlegg i perioden før ombygging av doseringsanlegget i februar 2005. Figuren viser avhengigheten mellom slagvolum og vannføring. Da vannføringssignalet ble ubrukelig, fortsatte slagvolumet å vise realistiske verdier. Pumpefrekvensen gikk opp hver gang behovet for økt pH var tilstede. Behovet var spesielt høyt helt mot slutten av perioden. Slagvolumet var for lite til å kunne gi den ønskede pH i elva.



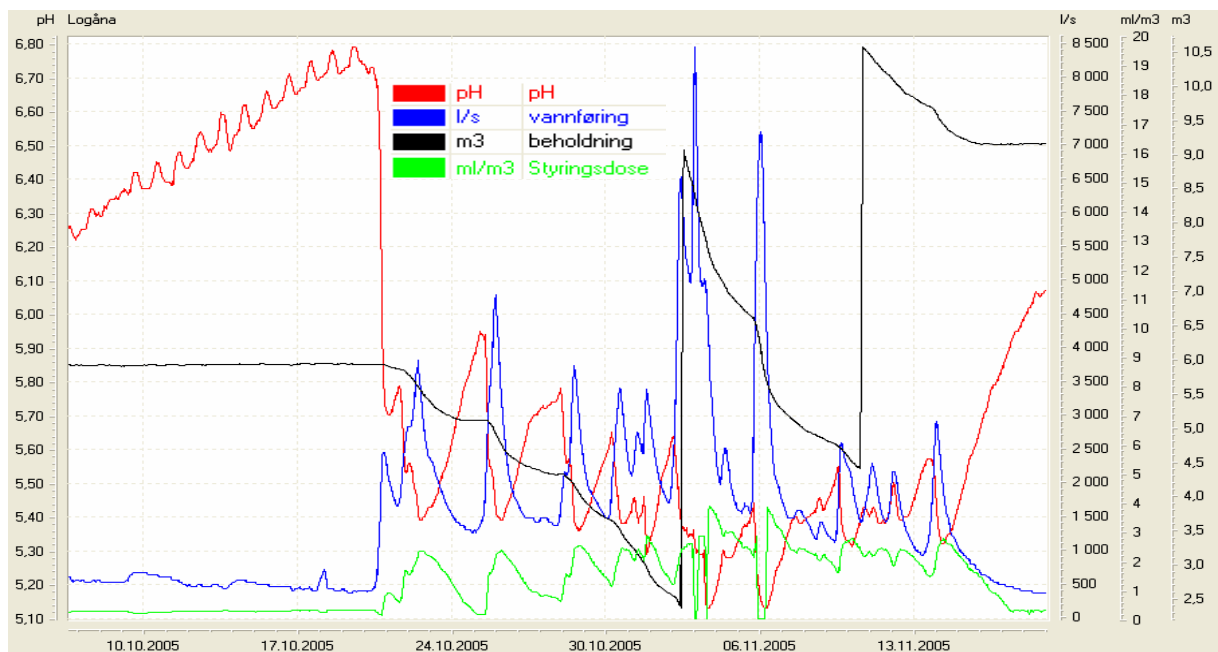
Figur 13. Vannføring, beholdning og styringsdose på Logåna doseringsanlegg sammen med pH oppstrøms anlegget i februar 2005. Figuren viser hvordan styringssignalet var feil i forhold til pH og Vannføring. Da behovet for vannglass økte, avtok pumpeeffekten på grunn av lavere styringssignal. Den 14. februar ble feilen rettet (hopp i kurven). Etter dette avtok signalet med økende pH slik som korrekt styring skal være.



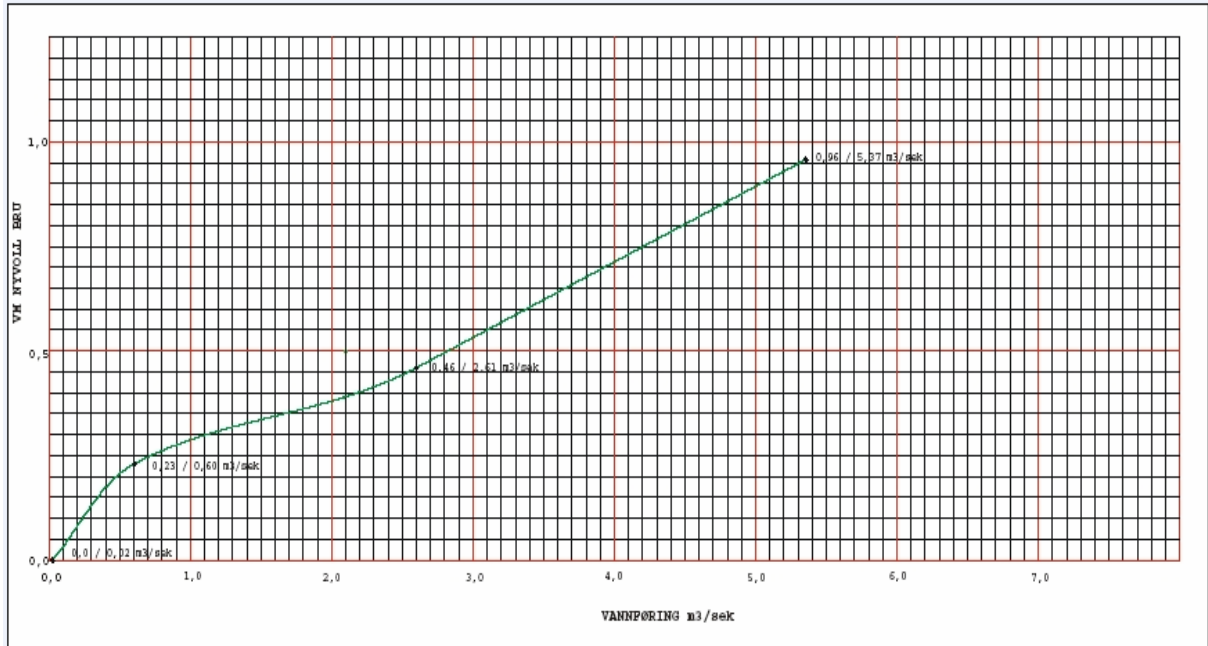
Figur 14. Vannføring, beholdning og styringsdose på Logåna doseringsanlegg sammen med pH oppstrøms anlegget i slutten av februar 2005. Den stiplede kurven viser styringsdoseringen (ml/s) i samme tidsrom. Denne kurven viser at signalet måtte passere ca 1 ml/s før doseringen stoppet på vei ned, mens signalet måtte være minst 1,7 ml/s før doseringen igjen startet. Forholdet resulterte i 9 dager uten dosering hvor det skulle ha vært dosert.



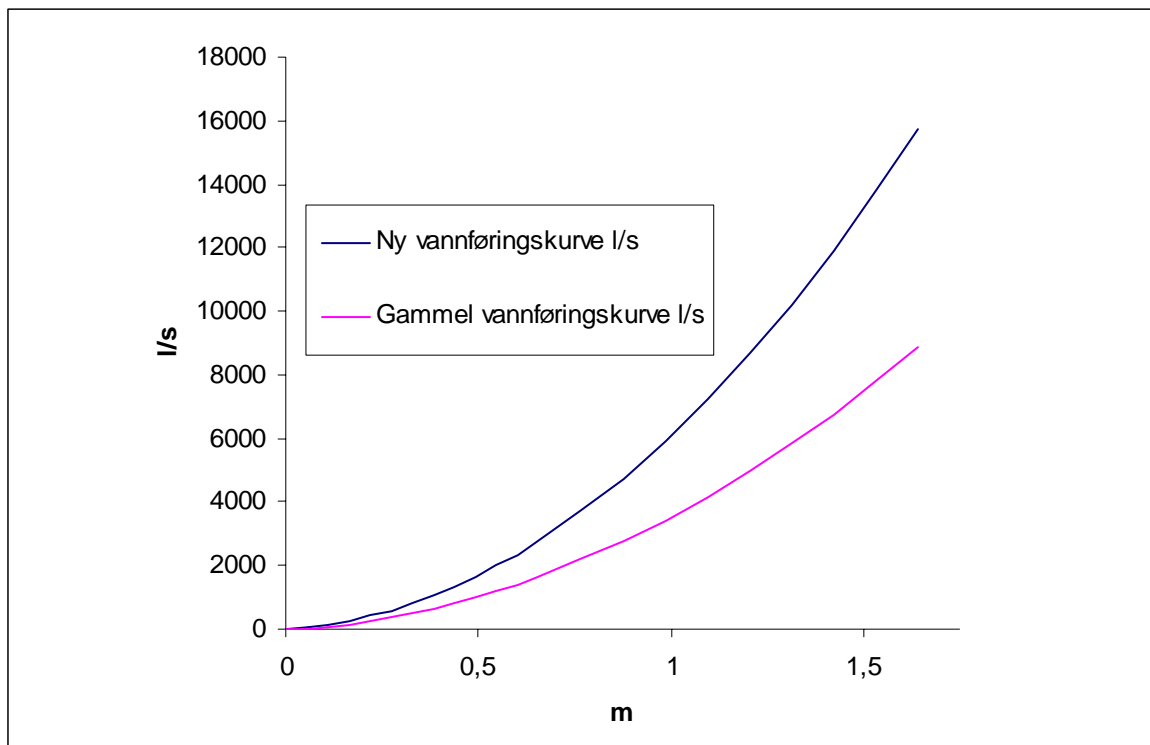
Figur 15. Vannføring, doseringsbehov og faktisk dose fra Logåna doseringsanlegg sammen med pH oppstrøms anlegget sent i august 2005. Figuren viser at det ble surt vann i forbindelse med to flommer. Det ble gitt signal om dosering, men anlegget doserte ikke ut vannglass.



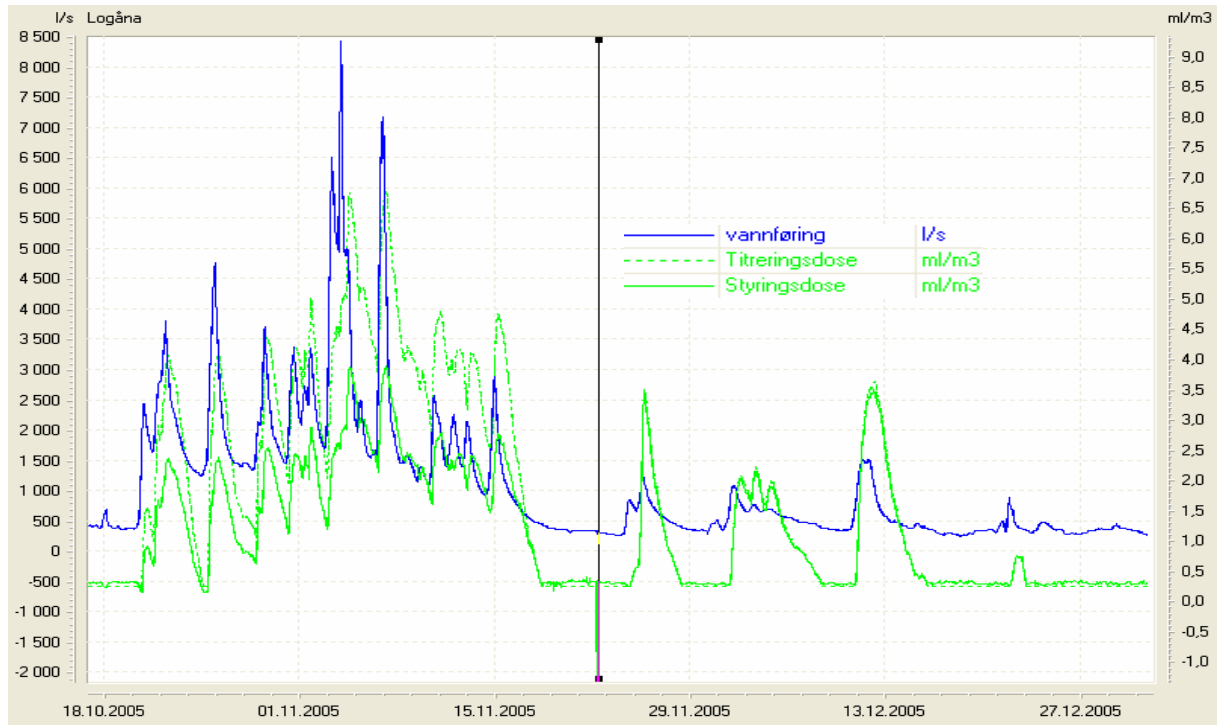
Figur 16. Vannføring, beholdning og styringsdose sammenholdt med pH oppstrøms anlegget ved Logåna doseringsanlegg i oktober og november 2005. Figuren viser situasjonen som oppsto da høststormene startet 20. oktober. Det ble stort behov for vannglass-dosering, men styringsdosen var for lav. Det ble dosert ca halvparten så mye som det ideelt sett skulle doseres. Styringsdosen var i samme nivå som dosen regnet ut på grunnlag av vannføring og avtak i beholdning (faktisk dose).



Figur 17. Vannføringskurve utarbeidet av Agder Energi, Nettkonsult på oppdrag for MANKALK. Denne kurven er lagt til grunn for vannføringsberegninger ved doseringsanlegget i denne rapporten. Styringssignalene til doseringspumpa er oppgradert 22. november. Før denne tiden ble vannføringen beregnet vesentlig lavere.



Figur 18. Vannføringskurver for Logåna. Den gamle kurven var lagt inn i signalomformerer til 22. november 2005. Etter denne dato gjelder ny kurve som er utarbeidet på grunnlag av vannføringsmålinger annet sted i elva.



Figur 19. Vannføring, styringsdose (doseringsignal som dose) og titreringsdose (den dosen som etter titreringskurven skulle vært gitt til elva) på Logåna doseringsanlegg høsten 2005. Kurven viser, med vertikal markør, punktet hvor vektingen av vannføring ble forandret. Dette resulterte i at teoretisk dose og styringssignal som dose samsvarte i mye høyere grad.

3. Tiltak

3.1 Smeland

Tiltak for bedring av strømtilførsel ble gjort i 2005 da ny UPS (Uninterrupted Power Supply) ble montert. Det er ikke foretatt justerting av vekt slik at maksimal beholdning kan veies. Dette bør gjøres i 2005 slik at alle beholdningsverdier kan leses av. Justering av vekta bør være en enkel sak å gjennomføre.

3.2 Håverstad

Vekta er fortsatt ujustert på Håverstad. Samme forhold gjelder her som beskrevet i kap. 3.1.

3.3 Bjelland

Det var mange feil i pH-målingen på grunn av manglende gjennomstrømming i målekyvetta, særlig på pH-målingene oppstrøms anlegget. Dette punktet er også tatt opp i tidligere avvikrappporter. Etter ombygging av vanninntaket til pH-måling, ble avstanden fra pumpa til pH-kyvetta meget lang. Dette har ført til trykkforandringer i tilførselsslengen slik at det er meget vanskelig å stille inn riktig vannmengde mot pH-kyvetta. Det foreslås etablert tiltak for å stabilisere dette trykket. Den enkleste varianten vil være montering av en reduksjonsventil. Det er også mulig å lage en åpen beholder med overløp og slik at et uttak under overflatenivå vil gi fast trykk i vannstrømmen

pH-meterene må kalibreres slik at de måler likt. Det må ikke være slik at pH-målingene nedstrøms anlegget viser lavere verdi enn pH oppstrøms anlegget.

Feil i oppsettet på pH-meteret nedstrøms anlegget gjør at verdiene ofte "fryses". pH-meteret må omprogrammeres.

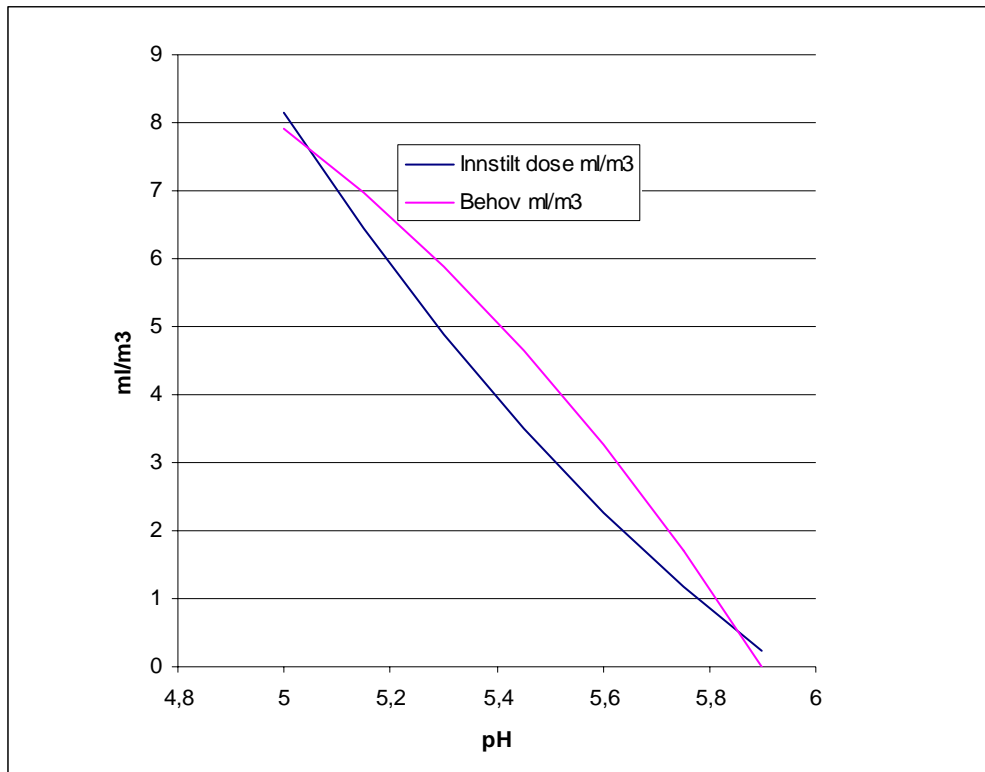
Styringssignalet vises fortsatt ikke når anlegget kjøres etter manuelle innstillinger. Dette begrenser vår oppfølging noe, og punktet er tatt opp gjennom avvikrapportene flere ganger tidligere.

Kalkvekta kan ikke veie over 116 tonn. Den burde vært kalibrert.

3.4 Logåna

Anlegget doserte store deler av året med for lave doser i forhold til de som teoretisk skulle tilføres elva. Hovedårsaken var feil vannføringskurve. Dette ble rettet mot slutten av året. Et annet problem var at doseringen kom noe sent i gang ved behov. Dette skyldtes delvis unøyaktigheter ved spesielt lave doseringssignaler, men også at titeringskurven lå inne med avvikende verdier i forhold til de korrekte titeringstall. Det bør legges inn riktige verdier i signalomformereren slik at det gis noe høyere doser. Dette vil ikke øke dosene i endepunktene (pH 5,0 og 5,9), mens dosene vil bli ca ¼ høyere ved pH 5,4 (se **Figur 20**).

Doseringspumpen skal skiftes ut i 2006. Da skal også elektroniske komponenter bygges inne på en slik måte at de ikke skades av vannglass eller annen ytre påvirkning. Dette er tiltak som vil gjøre anlegget mer ryddig og oversiktlig. Det nye systemet skal kunne dosere i lang tid ved bortfall av nettstrøm. Anlegget skal driftes på 24 VDC.



Figur 20. Titreringskurven som ligger inne på Logåna doseringsanlegg (innstilt dose) sammen med korrigert kurve (behov). Når denne kurven legges inn i styringsautomatikken, vil dosene øke noe, avhengig av hvor på pH-skalaen ellevannet befinner seg.

Referanser

DN 2002. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-Notat 2002-1.

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.

Hindar, A. og Enge, E. 2006. Sjøsaltepisoder under vinterstormene i 2005 - påvirkning og effekter på vannkjemi i vassdrag. NIVA rapport L. nr. 5114-2005.