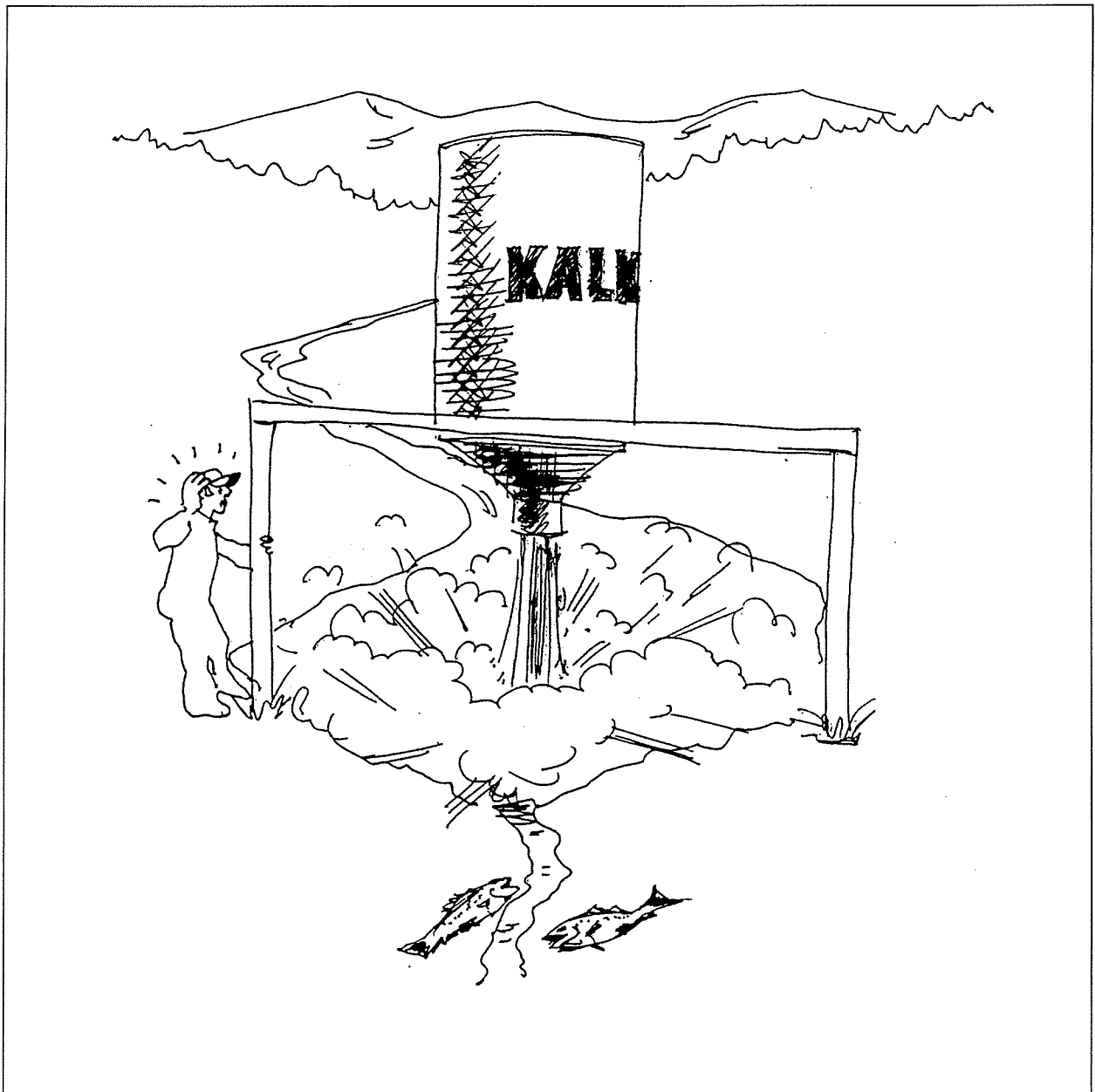


RAPPORT LNR 4415-2001

# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget

Avviksrapport år 2000-2001



**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  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

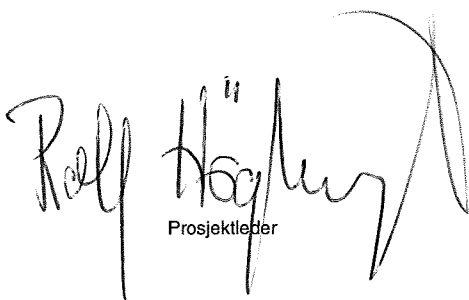
Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001	Løpenr. (for bestilling) 4415-2001	Dato 15.08.2001
	Prosjektnr. Undernr. O-99049	Sider Pris 18
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Måle- og overvåkingsteknologi	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Mankalk	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Smeland og Håverstad kalkdoseringsanlegg fungerer meget tilfredsstillende. Håverstad kalkdoseringsanlegg er imidlertid utsatt for vanninntrenging ved stor flom. Det er viktig å utbedre forholdet da dette anlegget alene doserer nesten halvparten av all kalk til Mandalselva. Bjelland kalkdoseringsanlegg er preget av lite stabil kalkdosering på grunn av mangelfulle forhold for pH-styringen. Eget inntak for pH-måling oppstrøms kalkdoseringsanlegget bør etableres. Vannføringsmålingen på alle tre kalkdoseringsanleggene er mangelfull. Dette bør utbedres slik at vannføring kan måles også under flom. Skriftlige rutiner på forhåndsdosering ved spesielle vær- og førevarsler og ved nødsituasjoner med sviktende kalkdosering bør utarbeides.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> </ol>
--	---

  
Rolf Høgberget  
Prosjektleder

  
Britise Sjellvold  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4058-6

  
U. R. Færevik  
Forskningsjef

# **Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg**

## **i Mandalsvassdraget**

Avviksrapport år 2000-2001

## Forord

NIVA begynte tidlig å engasjere seg i problematikken omkring tilfeldig dosering ved en del kalkdoseringsanlegg rundt omkring i landet. Det utviklet seg en ide om at det burde være mulig å benytte enkle parametere og dertil enkle systemer for å kontrollere disse kalkdoseringsanleggene. Gjennom oppdrag fra Direktoratet for Naturforvaltning fikk NIVA anledning til å gjennomføre et prøveprosjekt med uttesting av en ny type driftskontroll ved etableringen av kalkdoseringsanleggene i Tovdalsvassdraget i 1996. Erfaringene fra testperioden var så gode at NIVA anbefalte opprettelsen av permanente ordninger også andre steder.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i Mankalk, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget etablert. En rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet i juni 1999. Denne kontrakten avtalefester dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport hvert år.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder, og oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Mankalk bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget.

Grimstad, 08.08. 2001

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Driften på anleggene</b>	<b>7</b>
2.1 Smeland	7
2.2 Håverstad	8
2.2.1 Dosen forandres manuelt	9
2.3 Bjelland	10
<b>3. Tiltak</b>	<b>14</b>
3.1 Smeland	14
3.2 Håverstad	14
3.3 Bjelland	15
3.3.1 Forsuringsfare i anadrom sone	15
<b>4. Referanser</b>	<b>18</b>

---

## Sammendrag

Smeland kalkdoseringsanlegg fungerer tilfredsstillende ved vannføringer opp mot 100 m<sup>3</sup>/s. Det er meget god driftssikkerhet på anlegget. Vannføringskurven som har vært gjeldene på anlegget er mangelfull ved høye vannføringer. Denne er her utvidet med en teoretisk tabell som foreslås benyttet for ettertiden. Vannstandsmålingen må forbedres slik at vannstander opp mot 3,5 m skal kunne registreres. Vannføringen ved 3,5 m er 203 m<sup>3</sup>/s.

Håverstad kalkdoseringsanlegg har meget stor driftssikkerhet. Høsten 2000 var preget av en intens og vedvarende flomsituasjon. Dette førte til ekstreme belastninger på anlegget. Under den største av disse flommene økte vannstanden til et nivå som resulterte i vanninntrenging, vått kalksteinsmel og dermed driftsstans på anlegget.

Vannføringen uteble totalt nedstrøms kalkingsanlegget to dager i mars. Dosen på anlegget må til stadighet justeres manuelt fordi pH-styring fra måling nedstrøms kalkdoseringsanlegget fortsatt mangler. Vannstandsmålingen på Håverstad må forbedres slik at større vannføringer enn dagens kan registreres.

Bjelland kalkdoseringsanlegg har generelt dosert kalk til ønsket pH-nivå. Dette nivået er vanligvis satt noe høyere enn pH-målet for anadrom sone. Det har likevel vært problemer med pH-styringen. Noe skyldtes reelle tilstander der det registreres raske pH-forandringer i forbindelse med flomsituasjon, men det har også vært forskjellige funksjonsstopp og feil justert pH-meter.

Ved sensor for pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget registreres også feil på grunn av grunnvannspåvirket inntaksvann. Dette er påpekt tidligere (Høgberget 2000), men er ikke utbedret. Temperaturregistreringen bør flyttes til sensor for pH-nedstrøms kalkdoseringsanlegget for enklere service av pH-stasjonen.

Ved lav vannføring er vannstanden så lav i inntaksbrønnen at vann ikke kan pumpes fra elva.

Vannføringer over 268 m<sup>3</sup>/s lar seg ikke registrere ved kalkingsanlegget. Begge disse forhold må utbedres.

Aktiv pH-styring i forhold til vær- og føreforhold i nedbørfeltet bør innføres som fast rutine. Sterk forsuring i anadrom sone ble høyst sannsynlig unngått i april 2001 fordi slike hensyn var tatt. pH-kravet på kalkdoseringsanlegget var allerede satt opp da vassdraget ble utsatt for ekstra forsuringbelastning.

Det foreligger fortsatt ingen kriseplan ved nødtilfeller når anadrom strekning i elva blir forsuret.

# 1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanlegg. 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 Hindar og Høgberget (1998). Bakgrunnen for utviklingen av dette systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene.

I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad og Bjelland. Smeland-anlegget er vannføringstyrt. Håverstad-anlegget er i utgangspunktet et pH-nedstrømsstyrt anlegg, men grunnet vansker med pH-målingene, fungerte det i perioden som et vannføringsstyrt anlegg. Bjelland-anlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren.

De vannføringstyrte kalkdoseringsanleggene skal kalke med faste doser. Dosene beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltene som skal avsyres og en kalk/pH-titreringskurve for den aktuelle vannkvaliteten på hvert enkelt sted. Ved å sammenligne doseringsmålet med den faktiske dosering gitt av driftskontrollen vil en få et mål på effektiviteten til anleggene. Det følgende er en gjennomgang av driften ved hvert enkelt anlegg. Det er tidligere utgitt avviksrapport fra oppstart av systemet til 1. juni 2000 (Høgberget 2000). Denne rapporten omhandler perioden 1. juni 2000 til 1. juli 2001.

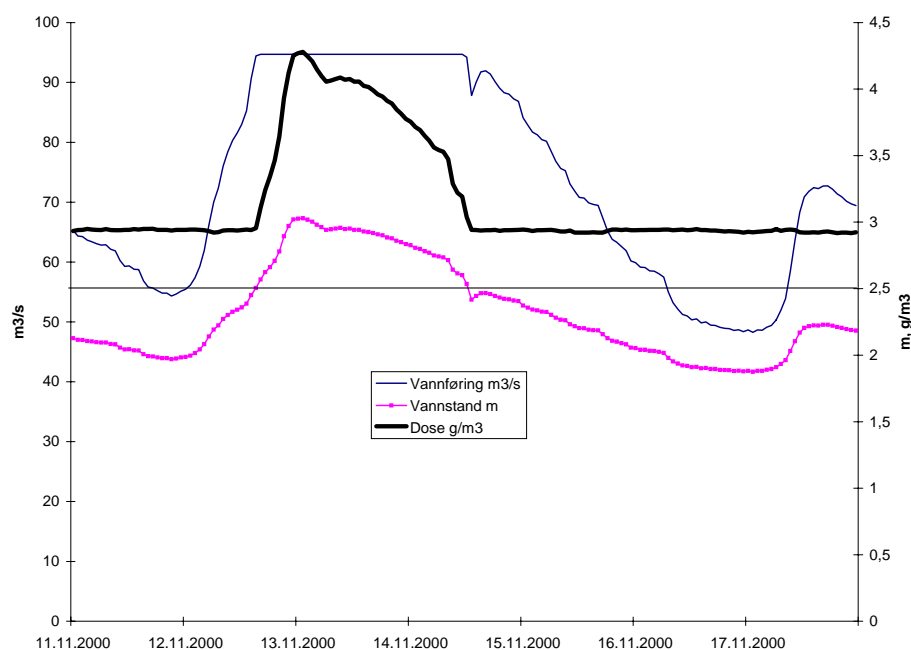
## 2. Driften på anleggene

### 2.1 Smeland

Dette kalkdoseringsanlegget er det øverste anlegget i Mandalsvassdraget. Den teoretiske kalkdosen anlegget skal gi er minst 1 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann. Anlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi anlegget. Normal situasjon er en fordobling av vannføringen på dagtid med maksimum vannføring om ettermiddagen. Da går det normalt ca 25 m<sup>3</sup>/s forbi anlegget. Tidlig om morgenen er vannføringen på et minimum.

Kalkdoseringsanlegget har generelt meget stor driftssikkerhet. Det har ikke vært mange driftsstanser på anlegget. Anlegget har nesten kontinuerlig kalket over minstekravet for dosering. Det er likevel registrert noen lengre stopp på anlegget. Den lengste driftsstansen oppsto den 21. juni 2000. Da sto anlegget i fire dager. Driftsstansen ble telefonisk rapportert til driftsoperatør den 23. juni. Ut over denne episoden har kalkdoseringsanlegget bare hatt driftsstans tre ganger over tider opp mot et døgnns varighet. Dette var 14. september, 16. september og 31. desember i år 2000.

Loggedata er nesten kontinuerlig for hele perioden med unntak for ett døgn den 4-5. juli 2000 og i tiden 2-6. juli 2001. Eksisterende data indikerer at doseringen har fungert tilfredsstillende ved begge anledningene.

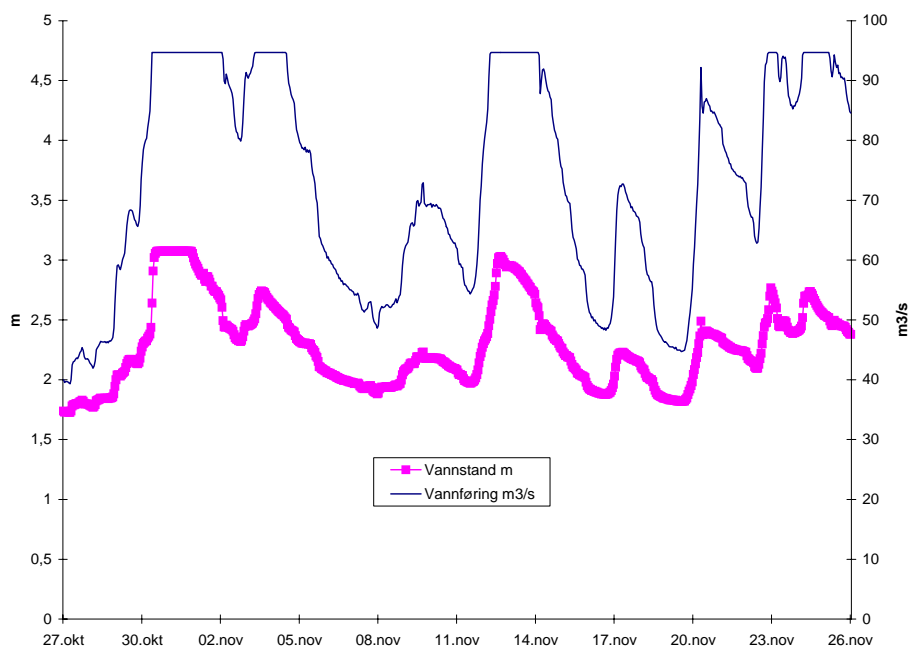


**Figur 1.** Vannstand, vannføring og doseringssignal (som dose kalk tilført elva) på Smeland kalkdoseringsanlegg. Figuren viser at doseringen øker automatisk i takt med vannstandsøkningen når denne blir høyere enn 2,5 m. Nivået er markert med den vannrette streken. Vannføring over 2,5 m blir ikke registrert.

I forbindelse med høstflommen og spesielt høye vannstander ble ikke vannføringen registrert korrekt på Smeland-anlegget. Doseringssignalet økte automatisk ved disse anledningene. Fenomenet oppsto



fire ganger i november 2000 (3, 12, 23 og 24/11). Figur 1 viser hvordan doseringssignalet økte. Vannføringstabellen på Smeland kalkdoseringsanlegg er levert med verdier opp til og med  $94,7 \text{ m}^3/\text{s}$  (NVE-tabell). Figur 2 viser hvordan vannføringen ble registrert når den overskred  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figur 2.** Vannstand og vannføring registrert på Smeland kalkdoseringsanlegg i november 2000. Hverken vannføringstabell eller målepunkt for vannstand er dimensjonert for vannføring over  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ved en anledning ble dosen manuelt satt opp på anlegget for å avhjelpe Håverstad kalkdoseringsanlegg som da ikke fungerte. Dosen ble først satt til  $4,4 \text{ g kalksteinsmel}/\text{m}^3$  vann, så til  $8,8 \text{ g kalksteinsmel}/\text{m}^3$  vann. Vannstanden var ved denne anledningen så høy at den oversteg maksimum målehøyde for vannstandsmåleren. Doseringen ble da også i praksis lavere enn satt verdi. Normal styringsdose på Smeland er  $2,8 \text{ g kalksteinsmel}/\text{m}^3$  vann. Den 15. juli 2001 ble dosen satt ned til  $2 \text{ g kalksteinsmel}/\text{m}^3$  vann. Reell dose var da ca  $1,5 \text{ g kalksteinsmel}/\text{m}^3$  vann. Den 25. juli ble vannføringene redusert til ca  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Da ble også styringssignalet lavere uten at dette innvirket på reell dose.

## 2.2 Håverstad

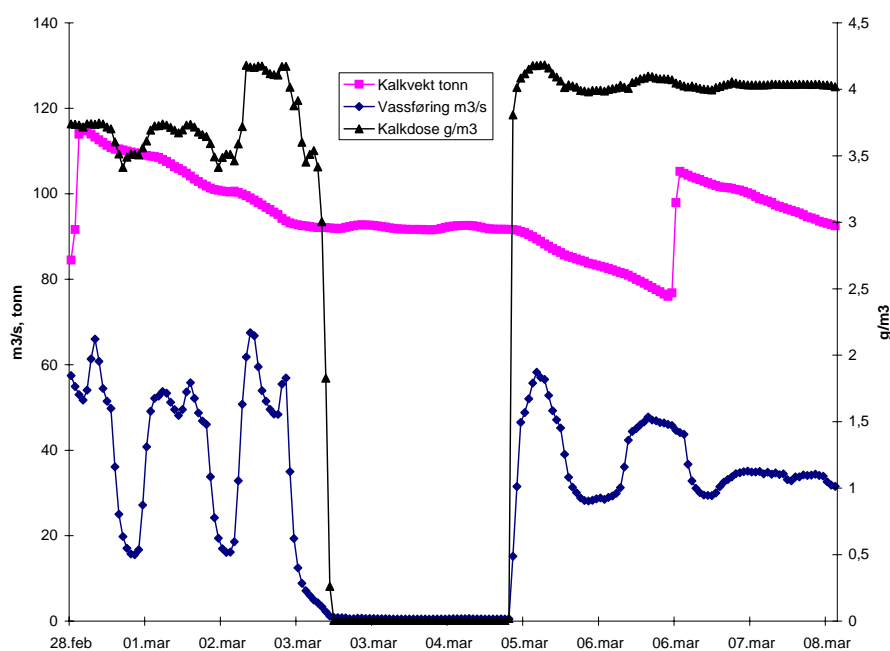
Håverstad kalkdoseringsanlegg er i utgangspunktet et pH nedstrømsstyrt anlegg. Anlegget er plassert ved utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk på en tange mellom denne og det gamle elveløpet. På grunn av inntaksbrønnens plassering i forhold til lokale strømninger i elvevannet har det vist seg at vann til pH-måling ikke er upåvirket av utdosert kalk fra Håverstad-anlegget. Bakevje-effekter gjør at kalket vann trekker oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen oppstrøms doseringspunktet. For å unngå problemet har man satt pH til en fast verdi (pH 4.7). På denne måten overstyres pH-forandringene og elva får tilført en fast dosering i forhold til vannføringen. Man prøver å dosere slik at pH er i nærheten av målverdien for anadrome områder i elva allerede før evt. etterdosering ved Bjelland.

Det har vært få stopp ved Håverstad kalkdoseringsanlegg. Fire stopp av varighet over 8 timer er registrert. Datoene for disse stoppene var 15. og 20. august, 31. oktober og 3. november. Av disse var det bare de to siste stoppene som var av større betydning. Da oppsto det store problemer fordi ekstremt høy vannstand førte til at vann trengte inn i kalksilorommet og fordypningen under siloen så mye at

”matekassa” ble våt. Dette førte til at anlegget stoppet. Anlegget sto da i ca 30 timer før det lyktes å få det igang igjen. Tre dager etter denne hendelsen ble det ny stopp, også ved stor flom. Da kom anlegget igang igjen etter 16 timer. 85 tonn kalk ble som følge av disse to hendelsene ikke dosert ut i elva.

Som følge av den spesielt store høstflommen i år 2000 var belastningen på Håverstad kalkdoseringsanlegg meget stor. Det ble i denne perioden tilkjørt gjennomsnittlig 1,5 vogntog á ca 33 tonn kalksteinsmel pr. dag.

I begynnelsen av mars ble det observert at vannføringen forsvant i elva. Kalkdoseringen opphørte i perioden. Driftskontrolldata viser vannføringssvikten, se figur 3.



**Figur 3.** Vannføringen ved Håverstad kalkdoseringsanlegg første uken i mars. Figuren viser at vannføringen uteble helt i en periode på to dager. Doseringen stoppet også opp som forventet.

### 2.2.1 Dosen forandres manuelt

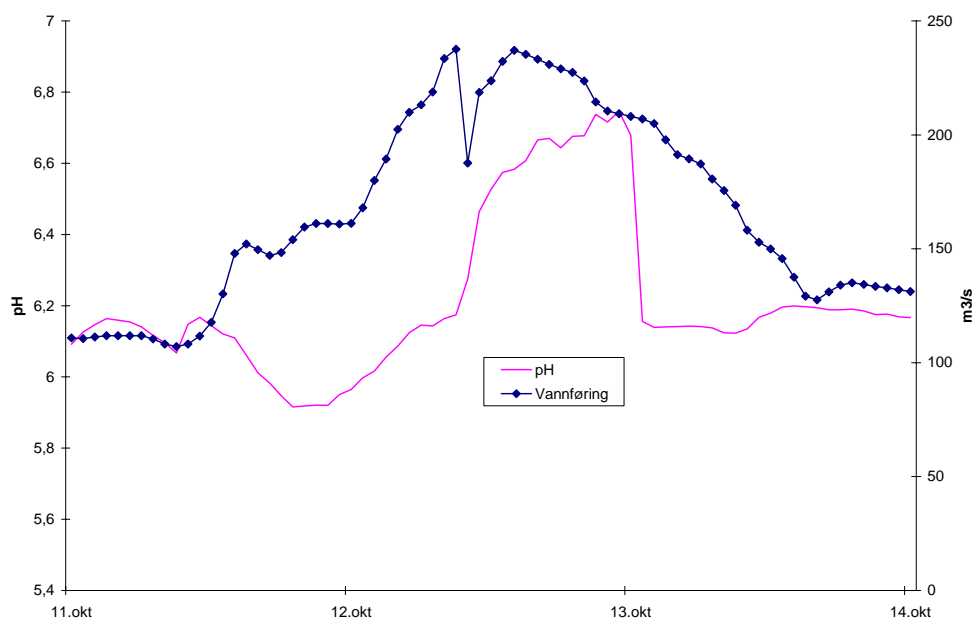
Dosen på Håverstad kalkdoseringsanlegg styres manuelt grunnet mangler ved pH-målingen på anlegget beskrevet over. Dosen har vært justert jevnlig gjennom hele perioden. Fra en ønsket dose på 3,45 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann i begynnelsen av juni 2000 ble dosen etappevis redusert til 2 g/m<sup>3</sup>. I juli har det igjen vært behov for noe høyere dose og den ble satt til 3,1 g/m<sup>3</sup>. I august var dosen 2 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann. Dosen ble satt opp igjen den 18. september til 2,9 g/m<sup>3</sup>. I oktober var det lavere doser og den ble i denne tiden forandret 8 ganger. I november ble dosen trappet opp trinnsvis til et nivå på 4 g/m<sup>3</sup>. Siste uke i november ble den satt ned igjen. I desember var dosen gjennomgående noe lavere, men det var mange manuelle justeringer som ble foretatt. Fra en dose på 3 g/m<sup>3</sup> ved nyttår ble dosen gjennomgående justert oppover vinteren 2001. Dette har sammenheng med høye pH-krav i nedre deler av vassdraget (pH 6,2). Dosen var ved månedsskiftet mai- juni oppe i 4,7 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann. I løpet av mai ble dosen etappevis satt ned til 1,8 g/m<sup>3</sup> den 1. juni. I hele perioden var den faktiske dosen lavere enn doseringssignalet. Dette er beskrevet tidligere (Høgberget 2000). Den 11. juli ble vannføringen redusert til et minimum (ca 11 m<sup>3</sup>/s). I denne perioden var styringssignalet dose og reell dose lik, ca 1,4-1,6 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann.

## 2.3 Bjelland

Bjelland kalkdoseringsanlegg styrer kalkdoseringen etter pH-verdiene både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Bjelland-anlegget benyttes for å etterjustere til den vannkvaliteten man ønsker i anadrom sone av Mandalsvassdraget. Det vil i praksis si fra Bjelland til Kjølamo der Direktoratet for Naturforvaltning har kontinuerlig pH-registrering som drives av NIVA. Ønsket vannkvalitet i denne forbindelse defineres som ønsket pH-verdi. Det er satt teoretiske grenseverdier for pH i anadrom sone av elva. Disse er pH 6,0 i tiden 1. juni -14. februar og 6,2 i tiden 15. februar- 31. mai. Våren 2001 ble perioden med pH 6,2 utvidet til 15. juni fordi det ble oppdaget sen smoltutvandring fra elva.

Generelt doserer denne pH-styrte kalkdosereren til et nivå noe over laveste pH-grense for anadrom sone i elva.

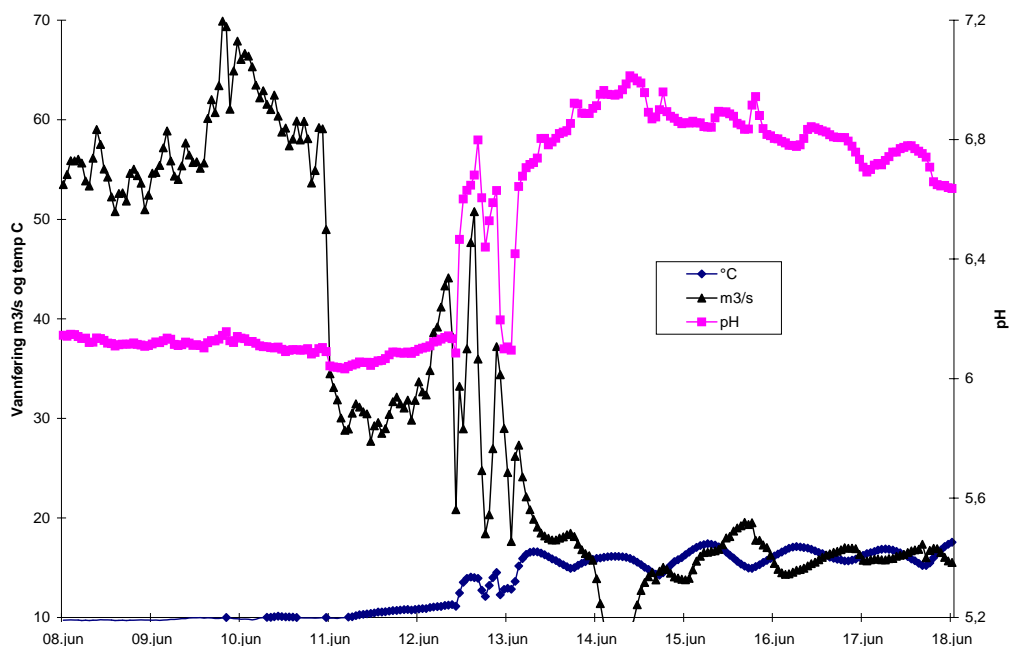
Kalkdosereren doserte til pH 6,3 frem til 2. juni 2000. Da ble pH-styringsverdien satt til pH 6,1. Det tok 4 dager før elvevannet stilte seg inn på dette pH-nivået nedstrøms kalkdosereren. pH-styringen var meget stabil hele sommeren 2000. Den ble satt opp til pH 6,2 i forbindelse med økende vannføring midt i juli. Ved månedskiftet juli-august utviklet det seg en feilmåling som følge av ujusterte pH-metere. Ved høye pH-nivåer viste da målingene at det var høyere pH oppstrøms enn nedstrøms kalkdosereren. Grunninnstilling av pH-meteret nedstrøms kalkdosereren ble da gjennomført. Den 11. september ble det observert en økt dosering til pH 6,3 i en periode på to dager uten spesielle vannføringsforhold i elva. Det samme var tilfellet den 26. september, men da i forbindelse med høstflood. pH økte da til 6,55 uten at det ble dosert kalk fra dosereren. I deler av denne perioden var pH-meteret oppstrøms kalkdoseringsanlegget ute av funksjon (29. september-4. oktober). Samme pH-reaksjon oppsto under flood 12-13. oktober, se figur 4.



**Figur 4.** pH-nedstrøms kalkdoseringsanlegget og vannføring ved Bjelland kalkdoseringsanlegg. pH reagerer på flom i elva ved først et lite fall, så en markant økning under flommen. Det doseres ikke fra kalkdoseringsanlegget. Fenomenet må skyldes aktivering av kalksteinsmel som har ligget inaktiv på elvebunnen for så å virvles opp under flommen, se Hindar (1987).

pH-meteret på kalkdosereren som måler på vannet oppstrøms anlegget var ute av funksjon i lange perioder i løpet av september og oktober 2000. Styringssignalet fra pH-meteret lå da på faste verdier. Dette medførte at kalkingsautomatikken likevel maktet å dosere jevnt etter verdiene fra pH-meteret nedstrøms kalkdoseringsanlegget.

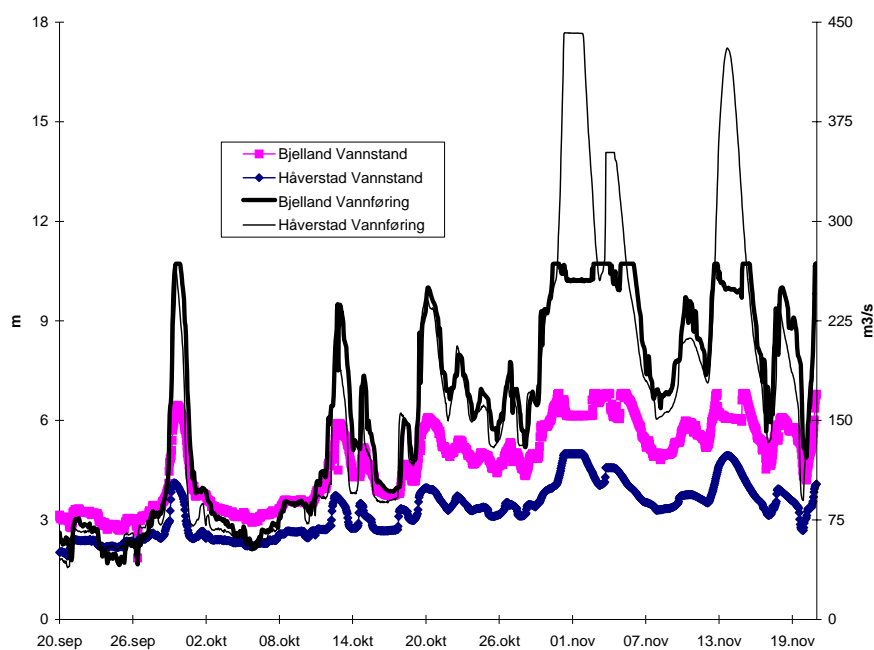
På forsommeren 2001 fungerte ikke vannpumpa for inntak til blandekar og pH-måling når vannføringen nærmet seg minstevannføring, se figur 5.



**Figur 5.** pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget på Bjelland ved lav vannføring. Vannstanden i pumpebrønnen blir for lav til at vannpumpa kan pumpe opp vann. Vanntilførselen til målekyvetta stopper. pH blir feil. Vannstillstanden vises ved at temperaturen i målekyvetta stiger til romtemperatur

Doseringsanlegget doserte til ønsket pH-verdi i hele flomperioden høsten 2000. Maksimalt ble det gitt et styringssignal på 5 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup> vann. Vannføringen var 268 m<sup>3</sup>/s. Da gikk dosereren på maksimal dosering.

Vannføringskurve og vannstandsmåler tar ikke høyde for vannføringer over 268 m<sup>3</sup>/s. Under høstflommene år 2000 var vannføringen ofte høyere enn maksimalt registreringsnivå. Av figur 6 går det fram at det er relativt mye vann som ikke blir registrert i vannføringsdataene.

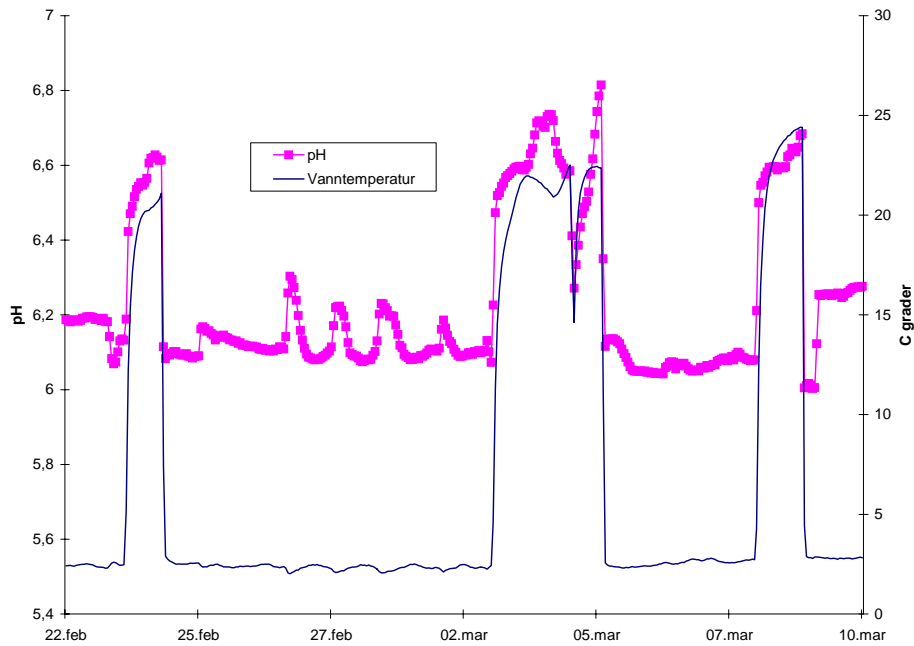


**Figur 6.** Vannstand og vannføring på Håverstad og Bjelland. Kurven viser at det ikke er store forskjeller mellom vannføringene på Håverstad og Bjelland. Maksimalnivået for vannstandsmålingene på Bjelland er imidlertid langt lavere enn på Håverstad. Høye vannføringer registreres ikke på Bjelland.

Våren 2000 doserte kalkdosereren til ønsket pH nesten uavbrutt. Ved ett tilfelle den første uken i april sank pH for en liten stund under pH-kravet nedstrøms kalkdosereren (pH 6,1 den 3. april). Dette var i begynnelsen av en vårflom der mye surt vann måtte avsyres. pH-kravet på kalkdosereren ble da satt opp til pH 6,5 for å ta høyde for det avsyingsbehovet som ville kunne oppstå ved tilførsler av surt vann nedstrøms kalkdosereren.

pH viste høyere verdier oppstrøms enn nedstrøms kalkdosereren i en periode i tidsrommet 13-19. mai.

Kurvene fra målestasjonen nedstrøms kalkdoseringsanlegg viser en del plutselige forandringer i pH. I de fleste tilfeller er dette reaksjoner på renhold av elektroder og kalibrering, men en del ganger har vannet i målekyvetta stoppet opp. Da måles det på stillestående vann som påvirker pH-resultatet. Figur 7 viser tydelig hva som skjer. Slike pH-forandringer på målestasjonen nedstrøms kalkdoseringsanlegget skjedde totalt 15 ganger i løpet av rapporteringsperioden.



**Figur 7.** Eksempel på hva som skjer når vannstrømmen gjennom målekyveta stopper opp. I dette tilfellet har stansen ført til økning i registrert pH. Slike tilstander avsløres lett ved temperaturdata fra målekyveta. Temperaturen øker til samme nivå som værelsestemperatur i rommet der pH-måleren står. Kurven er hentet fra pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget fordi det ikke registreres vanntemperatur på pH-stasjonen nedstrøms anlegget.

## 3. Tiltak

### 3.1 Smeland

Under de kraftige flomperiodene høsten 2000 ble grensen for maksimum beregnet vannføring overskredet fem ganger i november. Det foreslås at vannføringstabellen fra NVE ekstrapoleres ved bruk av følgende formel:  $y = 19,997x^2 - 12,251x + 0,6549$ .

X er vannstand på målestav (m) og y er vannføring ( $m^3/s$ ). Dette gir verdier gjengitt i tabell 1.

**Tabell 1.** Beregnet vannføring ved vannstander som overskrider eksisterende vannføringstabell. Tabellen viser også verdier over dagens maksimale målehøyde (3,07m).

Vannstand, m	Vannføring $m^3/s$
2,6	104,0
2,7	113,4
2,8	123,1
2,9	133,3
3,0	143,9
3,1	154,8
3,2	166,2
3,3	178,0
3,4	190,2
3,5	202,7

Den 1. november 2000 økte vannstanden over maksimal målehøyde for vannstandsmåleren i inntaksbrønnen. Det er derfor ønskelig at tiltak blir gjennomført for å øke vannstandsmålerens måleområde med minimum 0,5 m slik at det blir mulig å opprettholde normal dose selv ved kraftig flom.

### 3.2 Håverstad

Kalkdoseringsanlegget fungerer fortsatt som et rent vannføringstyrt anlegg. Kalkdosen må dermed manuelt justeres til ønsket pH-nivå i området ned mot Bjelland. Nødvendige tiltak bør iverksettes for enklere drifting av doseringsnivå. Tiltak er tidligere omtalt (Høgberget 2000).

Under storflom den 31. oktober 2000 økte vannstanden slik at det oppsto oversvømmelser inne i silorommet da vann trengte inn gjennom dreneringen. Dette er ytterst alvorlig for kalkingsarbeidet i vassdraget. Stopp i doseringen fra Håverstad vil med stor sannsynlighet føre til skader på anadrome fiskebestander avhengig av eksponeringstid, pH-reduksjon og årstid. Heldigvis var driftsstansen denne gangen kort. Det oppsto likevel en forsurening ned mot pH 5,6 oppstrøms Bjelland.

Kalkdoseringsanlegget maktet å avsyre dette vannet til pH 6,1 i den korte tiden tilstanden var kritisk. Nødvendige tiltak for avverging av tilsvarende situasjoner må gjennomføres. Plugging av drensledning og beredskapspumpe for drenering av inntrengningsvann ved akutt vanninntrenging bør inngå i beredskapsplanen, men det må også arbeides med alternative tiltak slik at man står sterkere rustet når neste storflom kommer.

Vannstandsmåleren på kalkdoseringsanlegget måler ikke over 5 m vannstand i inntaksbrønnen. Det tilsvarer en vannføring på  $444 m^3/s$ . Måleområdet må utvides slik at høyere vannføringer kan registreres, (se fig 6). Dette er viktig for å kunne dosere riktig når de store flommene setter inn.

### 3.3 Bjelland

pH-styringen på Bjelland kalkdoseringsanlegg er fortsatt langt fra optimal. Dette skyldes grunnvannspåvirket pH-måling, mulig mangelfull kalkinnblanding før pH måles medstrøms kalkdoseringsanlegget og vanskeligheter ved innstilling av pH-styringen på kalkdoseringsanlegget som følge delvis av nevnte tilstander. Forholdene er beskrevet tidligere (Høgberget 2000). Ingen av de nevnte forhold er tilfredsstillende utbedret.

Det er en uholdbar tilstand at vanninntaket til pH-måling og kalkdosering ikke fungerer ved lav vannføring. Vanskeligere doseringsforhold og uriktig pH fra målestasjonen oppstrøms kalkdoseringsanlegget er effekter ved slike tilstander. Forholdet må utbedres.

Ved høye vannstander mangler vannføringsdata ved kalkdoseringsanlegget. Dette forholdet bør utbedres. Av figur 6 kan man lese seg fram til at vannstandsmåleren må registrere vannstander rundt 8 m for å måle like høy vannføring som Håverstad gjør i dag. Det bør imidlertid tas høyde for store flomtilstander. Maksimumsnivået bør derfor ligge over 9 m. Alternativer til dagens målesystem bør utredes.

Den viktigste pH-målingen på anlegget er pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Det er viktig at denne til enhver tid er operativ. For å lette servicen på denne stasjonen foreslår vi at temperaturmålingene blir flyttet fra pH-stasjonen oppstrøms kalkdoseringsanlegget til pH-stasjonen nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Da vil det bli enklere for operatøren å følge med på om det er gjennomløp i målekyvetta uten fysisk å oppsøke stasjonen. Bakgrunnen er at temperaturen i kyvetta vil øke til romtemperatur ved stillstand. Se figur 5 og 7.

#### 3.3.1 Forsuringsfare i anadrom sone

Generelt har erfaringer fra pH-styringen på kalkdoseringsanlegget og pH-overvåkingsstasjonen på Kjølamo vist at pH enkelte ganger reduseres ved Kjølamo selv om pH-styringen på Bjelland er intakt og kalkdoseringsanlegget virker normalt. Ved flere anledninger høsten 2000 var det lavere pH enn ønsket på Kjølamo selv om Bjelland kalkdoseringsanlegg gikk tilfredsstillende. Sørlig storm med mye nedbør oppsto flere ganger i løpet av høsten. Fare for forsuringseffekter som følge av sjøsalter i nedbøren er da overhengende (Hindar et al. 1993; 1994). Den første av disse episodene var 29. september. Ved et senere tidspunkt ble det registrert fiskedød i lavereliggende sidevassdrag til Mandalselva, men ikke i hovedelva. pH var da heller ikke lavere enn 5,8, Kaste (2000).

For å motvirke eventuelle forsuringseffekter i Mandalselva er det tidligere beskrevet at pH-kravet ved kalkdoseringsanlegget vanligvis settes noe høyere enn mål-pH for vassdragsavsnittet. Det er videre foreslått tiltak som bør iverksettes dersom det skjer en alvorlig og akutt forsuring (Høgberget 2000). Ytterligere tiltak for å motvirke disse effektene bør innarbeides som utvidet rutine. Det følgende er utarbeidet etter notat av 6. april til lederen i Mankalk om aktiv pH-styring på Bjelland kalkdoseringsanlegg. Se også Hindar og Tjomsland (2001).

Sterke pH-reduksjoner oppstår under flom og smelteperioder, men det er vanskelig å se en lovmessighet i forholdene. Likevel vet vi nok til å kunne tilrå manuelle justeringer ved potensielle forsuringstilstander nedstrøms kalkdoseringsanlegget. De råd som her blir gitt er likevel å betrakte som foreløpige. Revidering av opplegget må foretas etter en tids erfaring.

Vannføring og pH-data fra Bjelland og Kjølamo viser at det er særlig høst, vinter og vår at vannet blir surere på veien mellom Bjelland og Kjølamo. Om sommeren er det stort sett det motsatte som er tilfellet. Da er det gjerne en svak økning av pH på den samme strekningen.

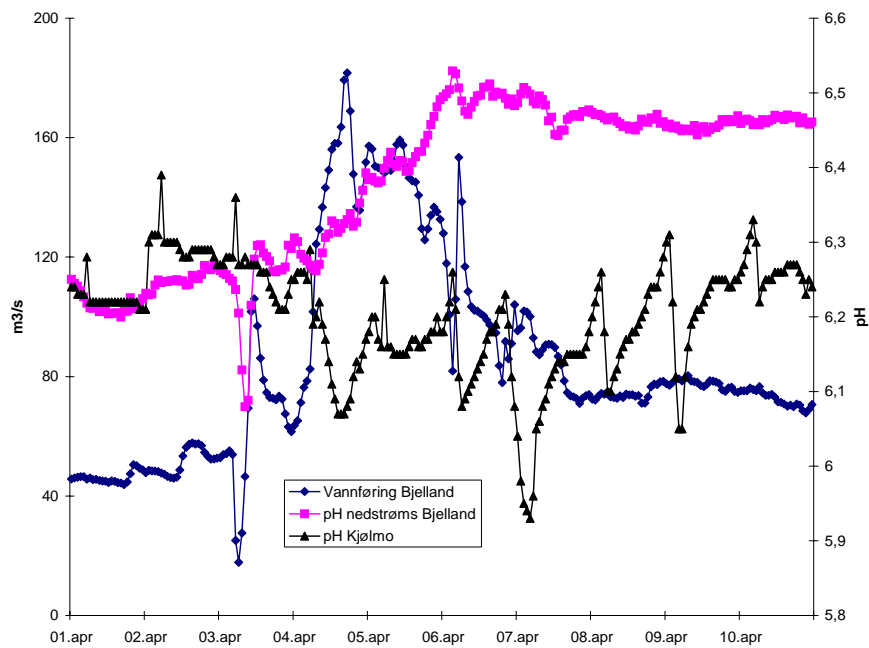


Det er ingen automatikk i forsuring ved flom. Noen flommer har sitt opphav i øvre deler av vassdraget. Dersom det ikke blir tilført vesentlig med vann nedstrøms kalkdoseringsanlegget, vil dette vannet ikke kunne forandre pH-verdien vesentlig fordi det kalkes. Slike perioder kan være den typisk seine vårsituasjonen der mye vann smelter i fjellet, mens det allerede er tørt bakke i nedre deler.

Dersom det kommer mye regn som setter igang snøsmelting i lavlandet, mens den samme nedbøren kommer som snø lenger opp, vil det lokale bidraget til vannføringen bli stort nedstrøms Bjelland. pH blir da lav på Kjølamo. Disse tilstandene oppstår gjerne tidlig vår. Senhøstes vil de akutte tilstandene oppstå når mye regn faller på telen mark i lavlandet mens nedbøren akkumuleres som snø i høyere regioner. Dersom det kommer store nedbørmengder som regn kombinert med sterk vind fra sørlig kant, vil det også være overhengende fare for sterke forsuringstilstander nedstrøms Bjelland.

Ved å være bevisst disse forholdene og samtidig ha en oppdatert værmelding og flomtjeneste tilgjengelig, kan potensielle krisetilstander unngås. Derfor bør det også abonneres på f.eks DNMI (Det Norske Meteorologiske Institutt) flomvarsel eller/og hentes sms melding til mobiltelefon. Når det er sannsynlig at vassdraget vil få tilført vesentlige vannmengder i nedre deler, bør pH kalket-verdien settes opp i forhold til den normale styringsverdien. Det er normalt at pH- kalket står innstilt på 0,1 pH høyere enn målverdien for vassdraget. Fra 15. februar til 1. juni er vanligvis pH-kalket 6,3. Erfaringsmessig vil forsuringen som oppstår redusere pH ved Kjølamo med ca 0,4 pH-enheter. pH bør derfor settes til 6,7. Dette bør gjøres minst to-fire dager før uværet er ventet. Dette avhenger selvsagt av vannføringen på det aktuelle tidspunkt. Generelt vil vannet ta lengre tid ved lave vannføringer. pH på Kjølamo må følges nøye opp i denne perioden. Når forsuringsepisoden er over, vil pH på Kjølamo stige igjen. Da må dosen igjen settes til det normale.

Denne fremgangsmåten har allerede vært benyttet med hell. Ved et tilfelle i begynnelsen av april 2001 kunne kraftig forsuring av Mandalselva oppstå. Flomvarsel for lavere områder i Agder var gitt av DNMI. Det ble gitt beskjed om at pH-kravet på Bjelland kalkdoseringsanlegg skulle settes opp. Så kom store mengder nedbør som samtidig satte fart i snøsmeltingen i de lavere regioner. På anadrom sone var da allerede bufferevnen øket, pH ble redusert på Kjølamo, men i langt mindre grad enn fryktet. Se figur 8.



**Figur 8.** Episode med avrenning av mye surt vann i forbindelse med vårflo. Takket være forvarsel ble doseringen på Bjelland øket i tide til å gi ønsket effekt da store mengder surt vann ble tilført vassdraget nedstrøms Bjelland. Legg merke til at ved maksimum belastning på kalkdoseringsanlegget ble ca 120 m<sup>3</sup>/s vann avsyret til pH 6,5. Allikevel var ikke dette tilstrekkelig til helt å holde pH-målet på 6,2 i anadrom sone ved Kjøleimo. Konsekvensene hadde vært helt andre dersom ikke tiltaket på forhånd var satt i verk før nedbøren og flommen kom.

## 4. Referanser

- Hindar, A. 1987. Long-term dissolution of sedimented limestone powder in running water. Consequences for liming strategy and interpretation of liming efficiency data. *Vatten* 43: 54-58.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Lien, L. 1993. Betydningen av sjøsaltanrikt nedbør i vassdrag og mindre nedbørfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA L.nr. 2917.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. and Semb, A. 1994. Acid water and fish death. *Nature* 372: 327-328.
- Hindar, A. og Tjomsland, T. 2001. Evaluering av kalkingsstrategien på lakseførende strekning i Tovdalselva ved hjelp av en vassdragsmodell og forslag til endringer i styringssystemet for kalkdosering. NIVA Rapport L.nr. 4401.
- Høgberget, R. og Hindar, A 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA Rapport L. nr. 3824.
- Høgberget, R. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA Rapport L. nr. 4277.
- Kaste, Ø. Mandalsvassdraget. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 2000. DN-notat i trykk.