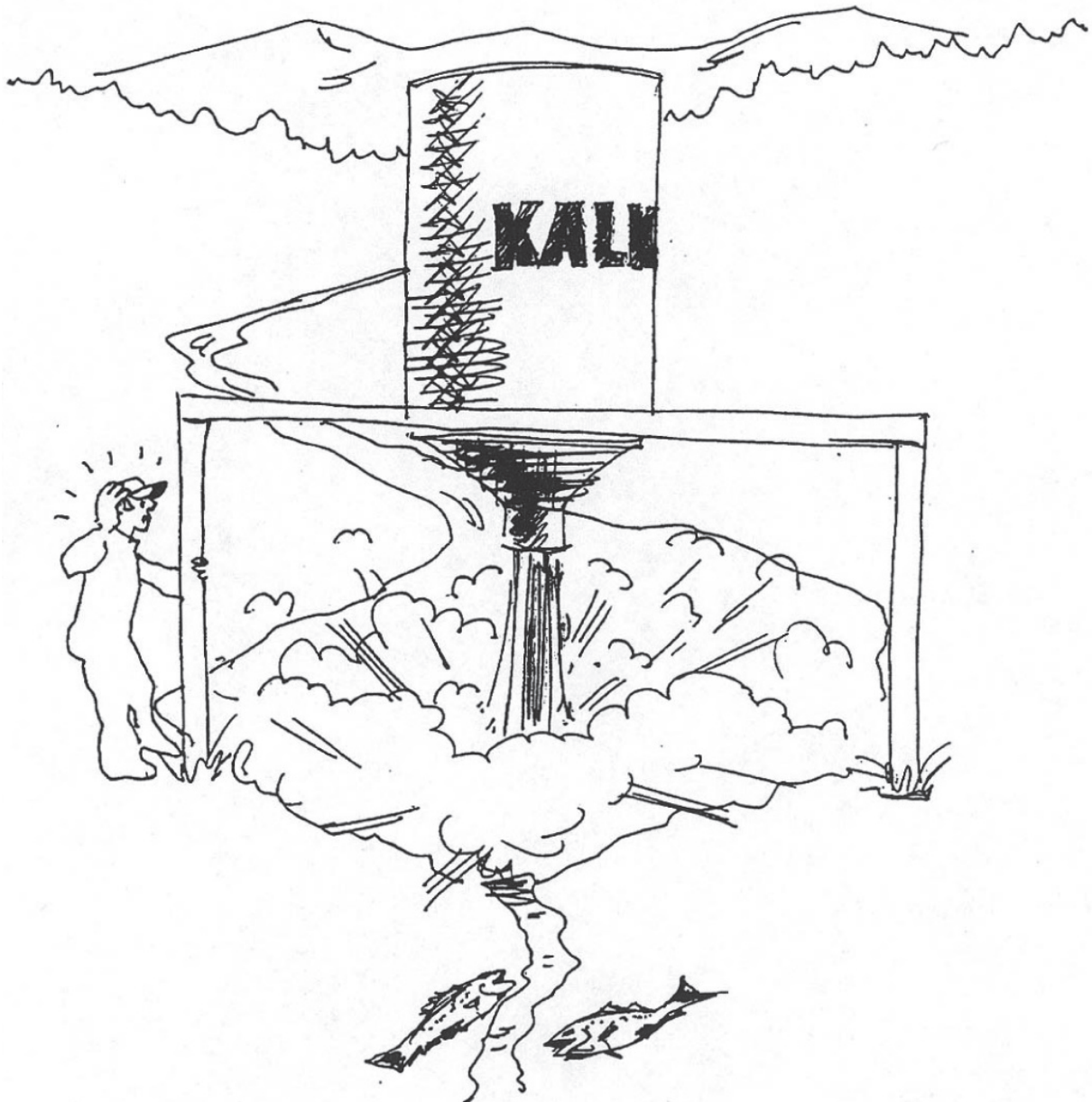


# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna

Statusrapport for 2007



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 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**

Postboks 2026  
5017 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**Midt-Norge**

Postboks 1264  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

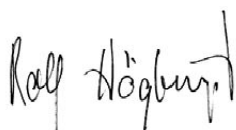
Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna. Statusrapport for 2007.	Løpenr. (for bestilling) 5597-2008	Dato Mai 2008
	Prosjektnr. Undernr. O-28035	Sider Pris 15
Forfatter(e) Øyvind Kaste Liv Bente Skancke Jarle Håvardstun Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest Agder	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Hægebostad kommune	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**

Driftskontroll av Gysland kalkdoseringsanlegg i Lygna er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2007) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Doseringsanlegget har generelt god driftssikkerhet, men pH-signalet oppstrøms anlegget var ute av drift store deler av 2007 på grunn av problemer med vanninntaket. Dette medførte økt risiko for feildosering og forsuringsepisoder på den lakse- og sjøaureførende strekningen av vassdraget. Det ble identifisert i alt 5 perioder av varighet på over 8 timer, hvor en ikke greide å kalke elva opp til ønsket målnivå for den lakseførende strekningen. Ingen av disse hendelsene inntraff i perioden april-mai, som er den mest kritiske perioden for laksesmolt. Flere av tiltakene som er anbefalt i tidligere årsrapporter er nå gjennomført, bl.a. omlegging av inntak for pH-måling oppstrøms og nedstrøms anlegget, samt opprusting av pH-stasjonen ved Vegge. I tillegg til dette anbefaler vi som tidligere at det etableres en ekstra pH-overvåkingsstasjon ved Rom, i nedre del av elva.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vassdrag</li> <li>2. Kalkdosering</li> <li>3. Overvåking</li> <li>4. Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Watercourse</li> <li>2. Lime dosing</li> <li>3. Monitoring</li> <li>4. Measuring technique</li> </ol>
--	--



Rolf Høgberget  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

## Forord

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av driften av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt. Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved Gyslandanlegget samt å introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg etablert i Lygna i september 2001. En rammeavtale for driftskontrollen ble da kontraktsfestet, og avtalen innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften i form av en kortfattet statusrapport hvert år.

Det ukentlige arbeidet er utført av Jarle Håvardstun, Lise Tveiten, Liv Bente Skancke, Rolf Høgberget og Øyvind Kaste ved NIVAs Sørlandsavdeling. Prosjektet er støttet av Miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder og oppdragsgiver er Hægebostad kommune.

Grimstad, mai 2008.

*Rolf Høgberget*

---

# **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Vurdering av driften</b>	<b>8</b>
<b>3. Tiltak</b>	<b>15</b>
<b>4. Referanser</b>	<b>15</b>

## Sammendrag

Gysland kalkdoseringsanlegg ble etablert våren 2000 for å forbedre kalkingen av Lygna. Før dette var det store problemer med å produsere en vannkvalitet som overholdt kravene som stilles for laks- og sjøaureproduksjon i elva. For best mulig justering av pH-nivå styres anlegget etter vannføring og pH både oppstrøms- og nedstrøms. Effekten av kalkingen fra Gysland-anlegget måles i dag ved Vegge, som ligger om lag midt i den lakse- og sjørretførende strekningen av Lygna. I 2007 ble det registrert 71 timer hvor pH i elva lå under det fastsatte målnivået for den lakseførende strekningen i mer en åtte timer. Dette er noe bedre enn i 2006, selv om flere perioder uten pH-registrering i 2007 skaper noe usikkerhet rundt den reelle måloppnåelsen. Kalkforbruket ved Gysland-anlegget har økt gradvis i løpet av de siste årene, og årlig kalkmengde i 2006 var om lag det doble av mengden for 2004. I 2007 var årsforbruket av kalk 2310, noe som er klart lavere enn i 2006 og i samme størrelsesorden som i 2005.

Det var to langvarige perioder med driftsstans på loggeren i 2007. Den første perioden var 19/9-17/10, og den andre perioden var 14/11-3/12. Totalt var det 47 døgn uten datalogging. pH-signalet oppstrøms Gysland har vært koblet fra i store deler av 2007, og doseringen fra anlegget har dels vært styrt av nedstrøms pH målt ved Birkeland (2,5 km nedenfor) og dels manuelt på basis av observert pH ved Vegge (14 km nedenfor anlegget). Inntaket for pH-måling oppstrøms Gysland ble flyttet i midten av oktober, men pga. en lengre periode med tekniske problemet var styringssignalet ikke i stabil drift før 11. desember. pH-nedsstrøms signalet var mye mer stabilt i 2007, og dersom en ser bort fra periodene hvor driftskontroll-loggeren var ute av drift, var det drøyt 5 døgn uten operativt pH-nedstrøms signal ved Gysland-anlegget.

Det ble identifisert i alt 5 perioder av varighet på over 8 timer, hvor en ikke greide å kalke elva opp til ønsket målnivå for den lakseførende strekningen. I tillegg var det også 3-4 kortvarige forsuringsepisoder med varighet på under 8 timer. Ingen av disse hendelsene inntraff i perioden april-mai, som er den mest kritiske perioden for laksesmolt. Hovedårsaken til pH-dropp ved Vegge ligger i kalkingsstrategien. I starten av en flomepisode tar det 3-4 timer før det kalkede vannet fra Gysland er transportert ned til Vegge. I mellomtiden vil surt vann fra sidebekkene langs den lakseførende strekningen bidra til forsuring i hovedelva. Denne innebygde svakheten i dagens kalkingsstrategi fører til at marginene er små dersom det oppstår driftsproblemer ved doseringsanlegget.

Flere av tiltakene som er anbefalt i tidligere årsrapporter er nå gjennomført, bl.a. omlegging av inntak for pH-måling oppstrøms og nedstrøms anlegget, samt opprusting av pH-stasjonen ved Vegge. I tillegg til dette anbefaler vi som tidligere at det etableres en ekstra pH-overvåkingsstasjon ved Rom, i nedre del av elva. Dette vil gi et mer realistisk bilde av forsuringssituasjonen på hele den lakseførende strekningen.

# 1. Innledning

## Bakgrunn og mål

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996-97 for å overvåke og forbedre effektiviteten ved anlegg som doserer kalk eller andre avsyringsmidler i sure vassdrag. 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, se Høgberget og Hindar (1998).

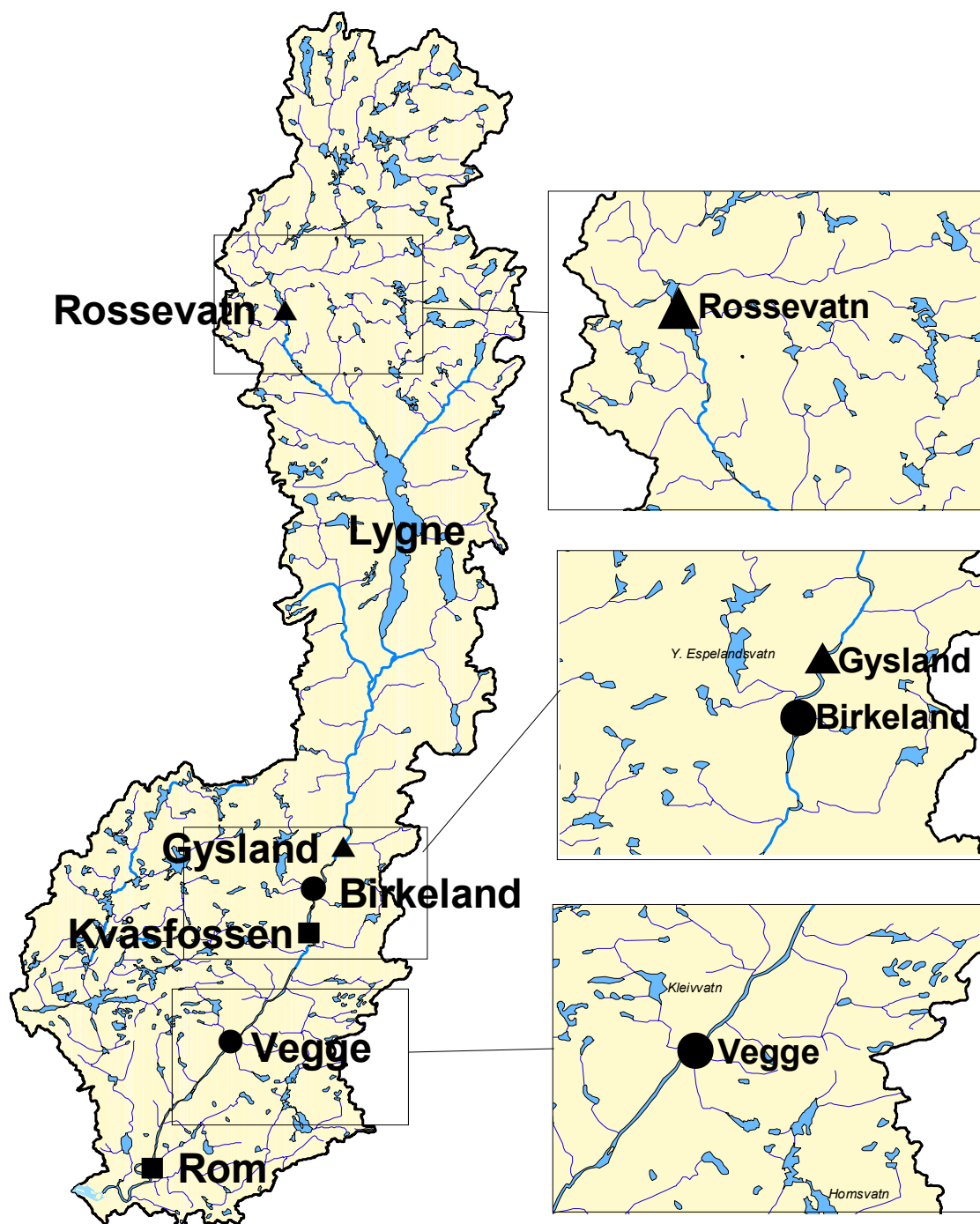
Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalkprodukter i rennende vann ofte produserer tilfeldige eller upresise kalkdoser. Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift, og det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som overhodet mulig. Ideelt sett innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

Kalkdosering til elv kan styres på to måter; etter vannføring og etter pH i elva. De vannføringsstyrte kalkdoseringsanleggene skal gi en fast (forhåndsinnstilt) dose per kubikkmeter vann. Dosene beregnes på grunnlag av titreringskurver som angir sammenhengen mellom kalktilsetning og pH i elvevannet. Ved å sammenligne doseringskravet med den faktiske dosering gitt av driftskontrollen vil en få et mål på effektiviteten til anleggene. Ved pH-styrte anlegg doseres det også etter vannføring, men her korrigeres doseringen av pH-målere som er plassert oppstrøms- og i de fleste tilfeller også nedstrøms anlegget.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2007) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Tidligere rapporter fra driftskontrollen i Lygna er gitt i referanselisten bak i rapporten.

## Kalkingsstrategi

I Lygnavassdraget er det to store kalkdoseringsanlegg: Rossevatn (vannføringsstyrt) og Gysland (pH-styrt) (**Figur 1**). Driftskontroll-avtalen i Lygna omfatter bare Gysland-anlegget. Rossevatn-dosereren ligger 35 km oppstrøms Gysland. Før Gysland-dosereren ble etablert i 2000, var elva nedstrøms Lygna i perioder alt for sur for laks (Kaste 2001). Spesielt utsatt var områdene nedstrøms Kvåsfossen. Gysland kalkdoseringsanlegg ligger ca 25 km fra utløpet og 7 km oppstrøms Kvåsfossen (avstander regnet i elvestrekning). Formålet med dette anlegget er å justere vannkvaliteten til akseptabelt nivå for anadrom fisk nedstrøms Kvåsfossen. Doseringen justeres etter varierende pH-mål avhengig av årstid. Generelt gjelder følgende pH-mål: 6,2 i perioden 15. februar til 31. mars, 6,4 i perioden 1. april til 31. mai og 6,0 i resten av året. pH-målene skal holdes i hele strekningen av elva som fører laks og sjøørret. pH kontrolleres ved Vegge (7 km nedstrøms Kvåsfossen) der det er plassert en automatisk pH-overvåkingsstasjon. Gysland kalkdoseringsanlegg benytter vannføringen og pH-målinger oppstrøms- og nedstrøms anlegget til å regulere doseringen. pH-målingene nedstrøms anlegget blir foretatt på Birkeland ca 2,5 km unna, og pH-verdiene blir overført til doseringsanlegget via radiosignaler.



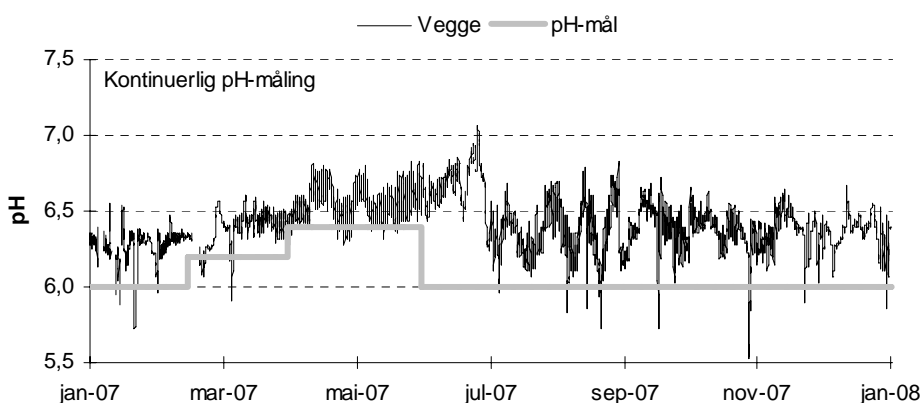
**Figur 1.** Kart over nedbørfeltet til Lygna med utsnitt av tre områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoserere (triangler) og pH-målestasjoner (sirkler).

## 2. Vurdering av driften

### Måloppnåelse på lakseførende strekning

Data fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Vegge og pH-stasjonen nedstrøms Gysland brukes for å vurdere om kalkingen har gitt ønsket resultat på den lakseførende strekningen i elva. I **Figur 2** er timesverdier fra Vegge plottet i forhold til pH-målene som gjelder i de ulike deler av året. Perioder hvor pH-verdiene ved Vegge lå under aktuelt målnivå i mer enn åtte timer er vist i **Tabell 1**. I tillegg til disse ble det registrert flere forsureningsepisoder av kun kortere varighet, og disse hadde avvik  $\leq 0,17$  pH-enheter.

Resultatene for 2007 viser at måloppnåelsen generelt sett var noe bedre enn året før, men det var flere perioder og timer uten pH-registrering slik at sammenligningen mellom årene ikke blir helt reell. I slutten av april lå pH i elva periodevis under målet, men det maksimale avviket var relativt lite. De registrerte verdiene viser at laveste verdi i løpet av smoltfiseringsperioden var 5,91, i en periode med pH-mål på 6,2. Det alvorligste pH-droppet i 2007 kom på høsten (28.oktober) da pH sank ned til 5,52.



**Figur 2.** Resultater fra kontinuerlig pH-måling (timesverdier) ved Vegge i 2007.

**Tabell 1.** Perioder i 2007 som pH ved Vegge lå  $> 0,10$  pH-enheter under målet for elva (varighet  $> 8$  timer).

Dato	Ant. timer	Laveste pH	pH-mål	Avvik
21.jan	20	5,72	6,0	-0,28
06.mar	14	5,91	6,2	-0,29
21.aug	9	5,73	6,0	-0,27
17.sep	11	5,73	6,0	-0,27
28.okt	17	5,52	6,0	-0,48
<b>Sum</b>	<b>71</b>			

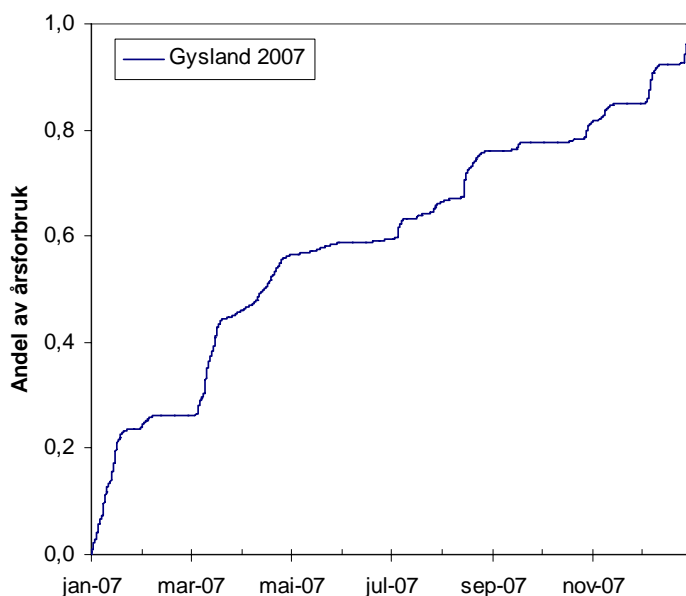
### Kalkforbruk

Kalkforbruket i Lygna har økt gradvis i løpet av de siste årene (**Tabell 2**). En del av økningen fra 2002-03 til 2004 skyldes at pH-målet for den lakseførende strekningen ble oppjustert. I tillegg vil det kunne være betydelig år-til-år variasjon i vannføring. Mesteparten av kalken i 2006 ble dosert i løpet av månedene april, mai, november og desember (**Figur 3**).



**Tabell 2.** Årlig kalkforbruk (tonn) i perioden 2002-2007. Data fra Fylkesmannen i Vest-Agder. Dataene kan avvike noe fra loggedataene i driftskontrollen, pga. kalkpåfyllinger nær årsskiftet.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Rossevatn	476	495	738	1143	1385	919
Gysland	974	974	1034	1453	2119	1391
SUM	1450	1469	1772	2596	3504	2310



**Figur 3.** Akkumulert kalkforbruk ved Gysland-anlegget i 2007.

### Driftssikkerhet på styringssignaler og dataoverføring

#### *Driftskontroll-loggeren*

Det var to langvarige perioder med driftsstans på loggeren i 2007. Den første perioden var 19/9-17/10, og den andre perioden var 14/11-3/12. Totalt var det 47 døgn uten datalogging. I tillegg var det tre korte perioder á 3 timer pga strømbrudd; 25/3, 7/9 og 11/12.

#### *pH-signaler*

Det er svært få data fra stasjonen oppstrøms Gysland i 2007 pga. problemer med innsig av kalk i vanninntaket, som dermed gav for høye pH-verdier. Operatøren fant feilen i desember 2006, og pH oppstrøms-signalet ble koblet fra mens anlegget ble kjørt manuelt inntil inntaket ble flyttet. Først 17. oktober 2007 var det igjen pH-verdier oppstrøms Gysland, men temperatur-verdiene var fremdeles ikke i orden. 14/11-3/12 var anlegget ute av drift, og i perioden 3-11/12 kom det gale data fra stasjonen pga. feil på Miljøkalk sitt utstyr. Det er derfor kun reelle verdier for pH - og temperatur oppstrøms Gysland for 20 dager i 2007, dvs. perioden 11-31/12.

Perioder med feil nedstrøms anlegget, dvs. stasjonen på Birkeland, er vist i **Tabell 3**. De lengste periodene uten registrert pH-signal skyldtes at driftskontroll-loggeren var ute av drift. Dersom en ser bort fra disse periodene, var det drøyt 5 døgn uten operativt pH-nedstrøms signal ved Gysland-anlegget.

**Tabell 3.** Perioder med feil på pH-signaler **nedstrøms** Gysland-anlegget i 2007 (varighet >8 timer).

	<b>Nedstrøms (ant.dager)</b>	<b>Kommentar</b>
14.jan	0,5	Urolige grafer, dårlig gjennomstrømning under flom?
15.jan	0,7	Urolige grafer, dårlig gjennomstrømning under flom?
21.jan	1,5	Stillstand i kyvetta? Stabile verdier
28.jan	0,6	Stillstand i kyvetta? Stabile verdier
21.feb	1,0	Stillstand i kyvetta (frost i bua?)
22.jul	0,5	Strømbrudd?
19.sep	28,0	Driftskontroll-logger ute av drift
14.nov	19,0	Driftskontroll-logger ute av drift
22.des	0,3	Stillstand i kyvetta? Stabil pH-verdi
<b>SUM</b>	<b>52,1</b>	

### Avvik mellom kalkingsbehov og aktuell utdosering

I Tabell 1 er det identifisert perioder hvor en ikke har greid å kalke elva opp til ønsket målnivå for den lakseførende strekningen. Ingen av forsuringsepisodene inntraff i perioden april-mai, som er den mest kritiske perioden for laksesmolt. Nedenfor følger en kort analyse av mulige årsaker til de observerte avvikene i 2007:

Sviktende utdosering av kalk 21.-22. januar, trolig pga. feil pH-signal nedstrøms anlegget, førte til at pH ved Vegge droppet til 5,85. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden var 6,0 (Figur 4).

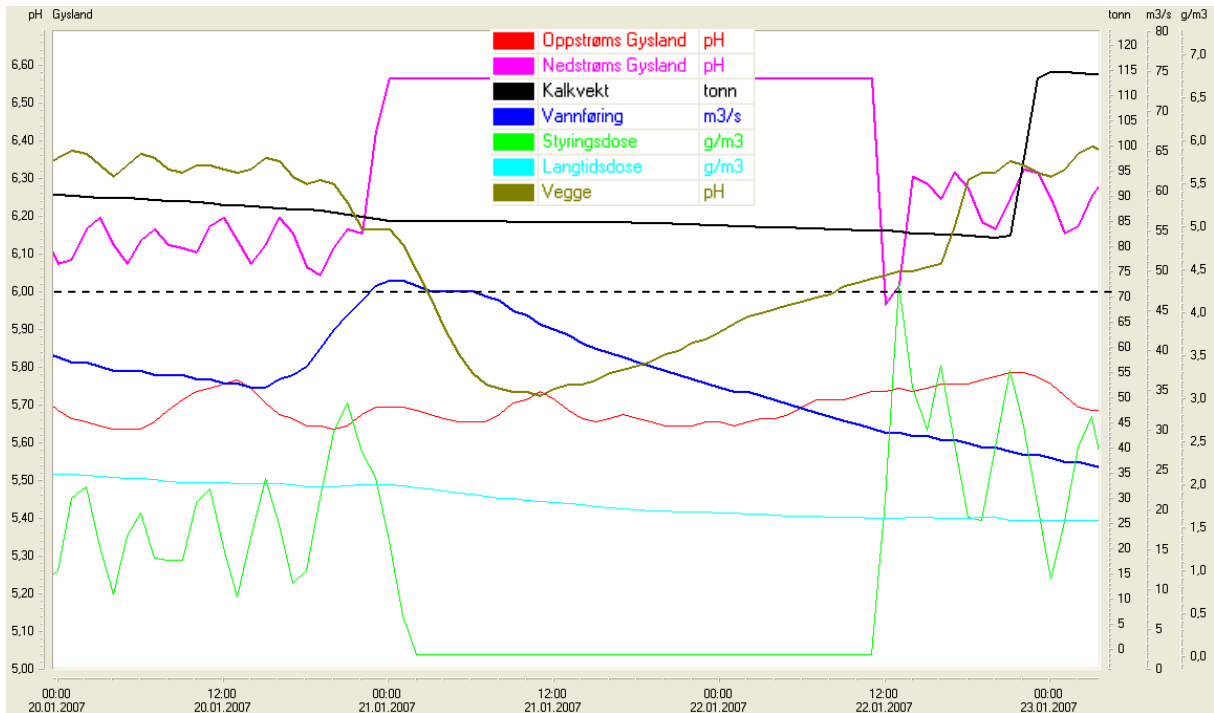
Episode den 6. mars hvor kalkdoseringen kom for sent i gang til å hindre at pH ved Vegge sank ca. 0,25 pH-enheter under målet for den aktuelle perioden (Figur 5).

Feil på pH-signal oppstrøms Gysland og for sen manuell justering av kalkdoseringen førte til at pH ved Vegge sank til 5,85 den 15. august. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden var 6,0 (Figur 6).

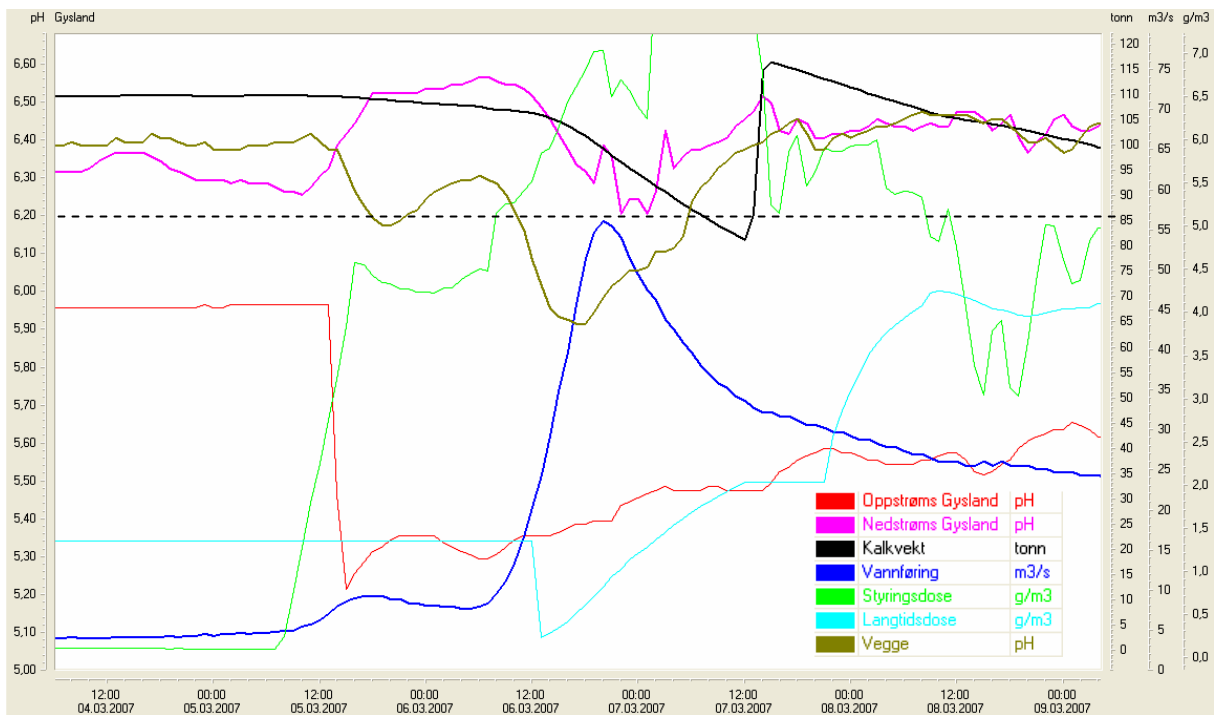
Manglende vannføringssignal var mulig årsak til at det ble doserer for lite kalk 16.-17. september. pH ved Vegge sank til 5,73, mens målet for den aktuelle perioden var 6,0 (Figur 7).

Kraftig forsuringsepisode den 28. oktober hvor pH oppstrøms Gysland-anlegget sank til 5,1. Doseringen på denne tiden (trolig manuell) var for liten til å unngå at pH ved Vegge sank til 5,52, som var laveste målte nivå dette året. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden var 6,0 (Figur 8).

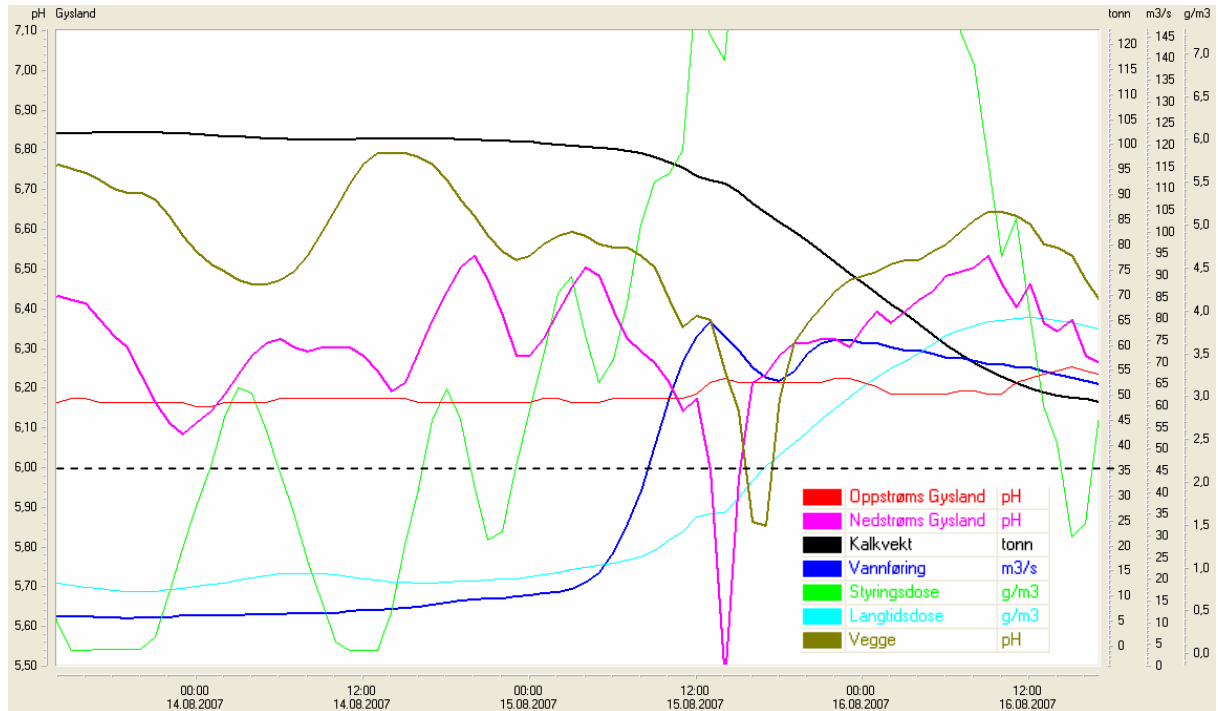
Plutselig fall i styringsdosen for anlegget førte til midlertidig stopp i utdoseringen fra anlegget 29. desember. pH ved Vegge sank til 5,85, i en periode da pH-målet var 6,0 (Figur 9).



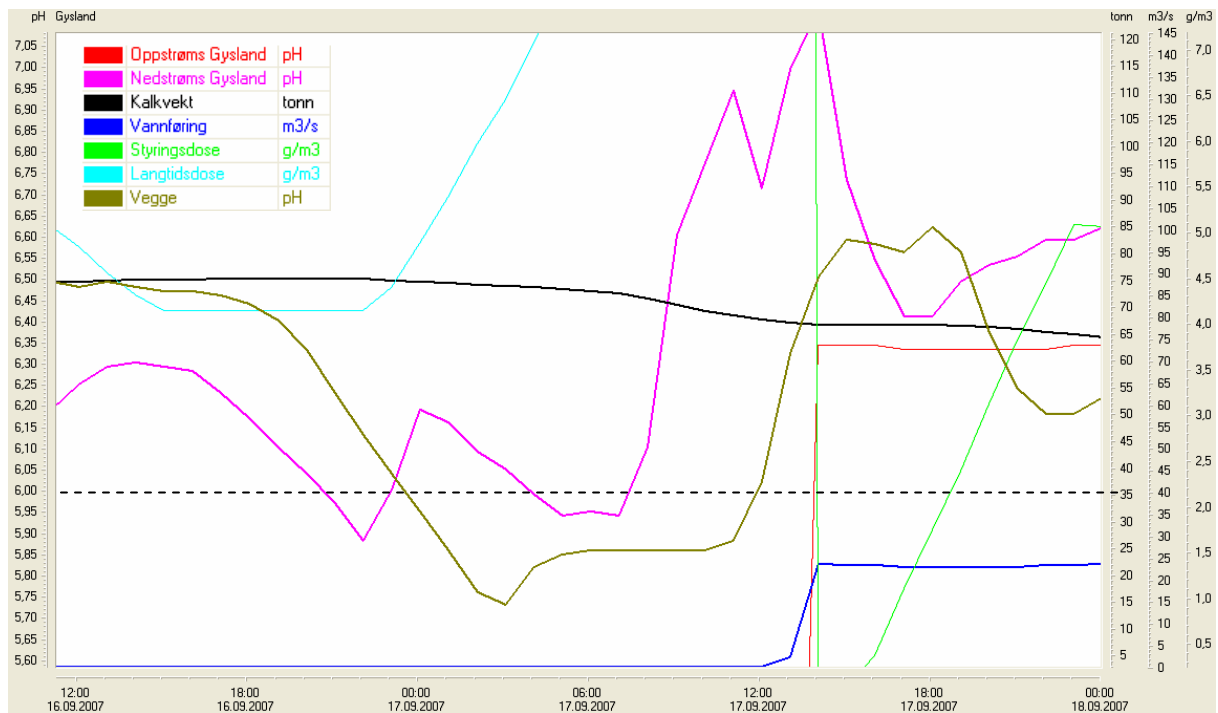
Figur 4. Sviktende utdosering av kalk 21.-22. januar, trolig pga. feil på pH-signal nedstrøms Gysland, fører til at pH ved Vegge dropper til 5,85. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden er vist med stiplet linje.



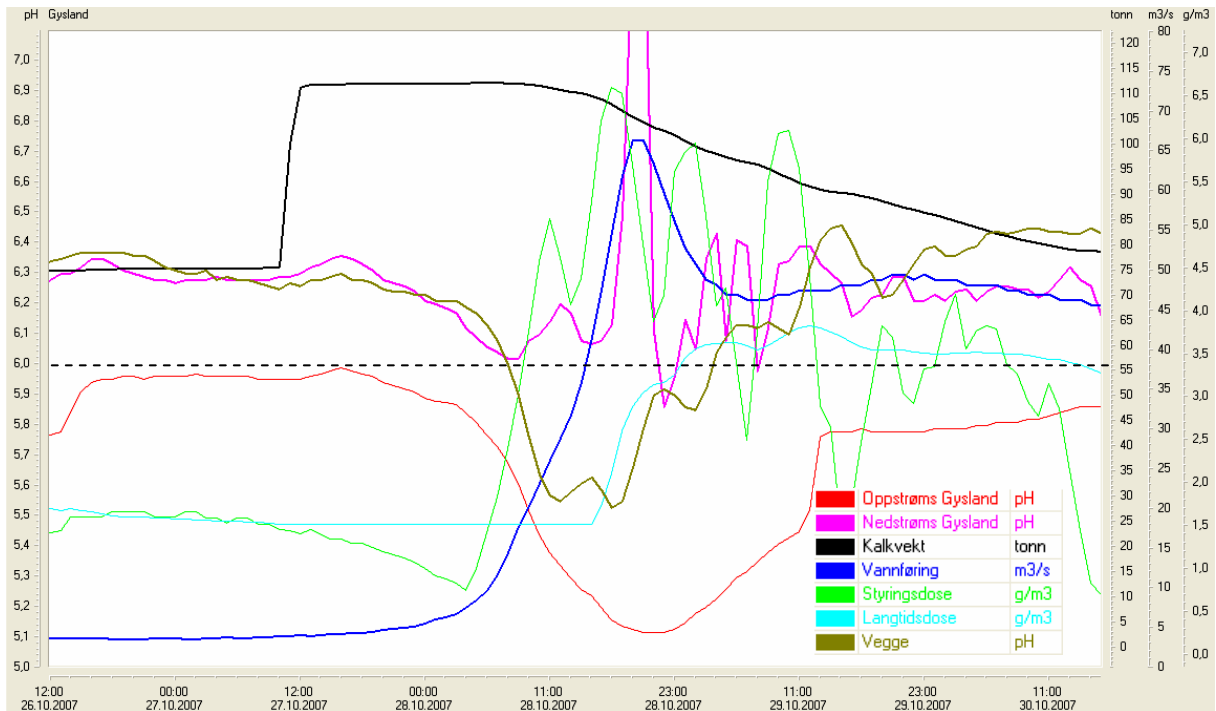
Figur 5. Episode den 6. mars hvor kalkdoseringen kommer for sent i gang til å hindre at pH ved Vegge synker ca. 0,25 pH-enheter under målet for den aktuelle perioden (se stiplet linje).



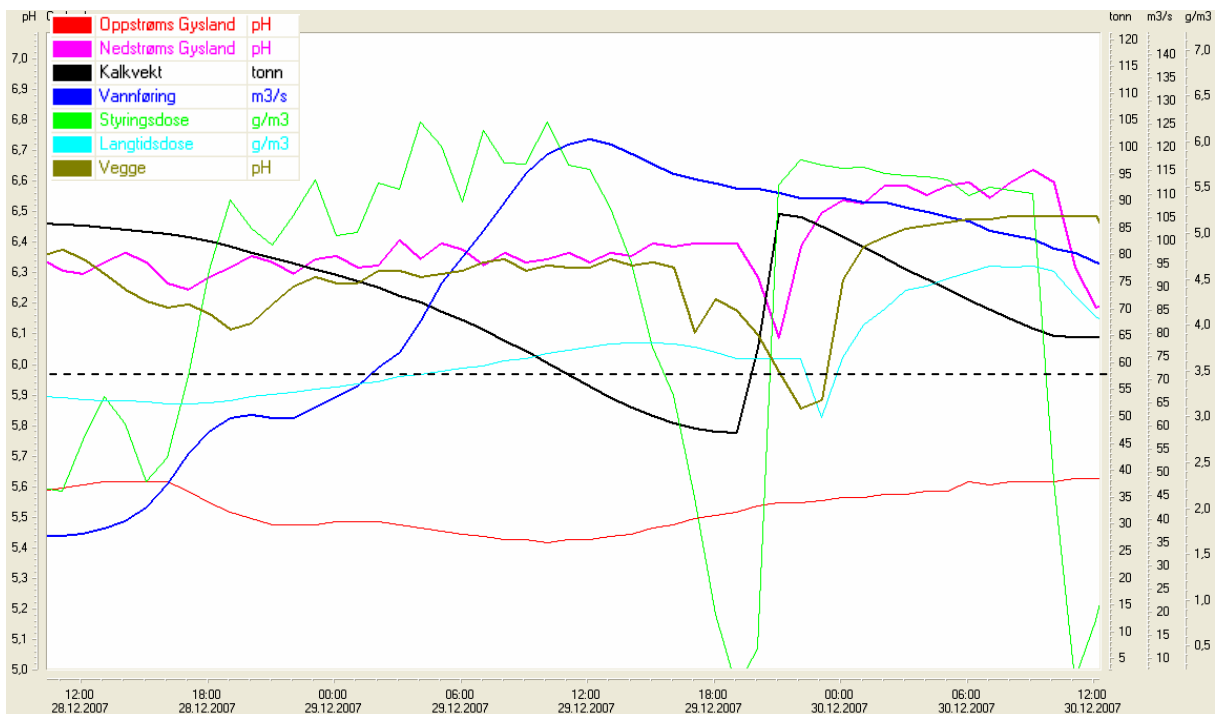
Figur 6. Feil på pH-signal oppstrøms Gysland og for sen manuell justering av kalkdoseringen fører til at pH ved Vegge synker til 5,85 den 15. august. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden er vist med stiplet linje.



Figur 7. Manglende vannføringssignal er mulig årsak til at det doseres for lite kalk 16.-17. september. pH ved Vegge synker til 5,73, mens målet for den aktuelle perioden er 6.0 (jfr. stiplet linje)



Figur 8. Kraftig forsureningsepisode den 28. oktober hvor pH oppstrøms Gysland-anlegget synker til 5,1. Doseringen på denne tiden (trolig manuell) er for liten til å unngå at pH ved Vegge synker til 5,52, som er laveste målte nivå dette året. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden er vist med stiplede linje.



Figur 9. Plutselig fall i styringsdosen for anlegget fører til midlertidig stopp i utdoseringen fra anlegget 29. desember. pH ved Vegge synker til 5,85. pH-målet for Vegge-stasjonen i den aktuelle perioden er vist med stiplede linje.

**Problemer knyttet til dagens kalkingsstrategi**

Både tidligere avviksrapporter (Høgberget og Håvardstun 2003, 2005) samt årlige driftsrapporter fra doseringsanlegget (Tveiten 2006) peker på problemer med å unngå kortvarige pH-dropp på den lakseførende strekningen av elva. Forsuringsepisodene oppstår i forbindelse med kraftig nedbør eller snøsmelting i de nedre delene av vassdraget. De små sidefeltene langs den lakseførende strekningen reagerer raskt med vannføringsøkning, og i korte perioder kan sure sidebekker fullstendig dominere vannkvaliteten i hovedelva. Problemet er at det kalkede vannet fra Gysland-anlegget bruker en viss tid på den ca. 14 km lange strekningen ned mot Vegge og de om lag 8 km videre ned mot Rom, i den nedre delen av den lakseførende strekningen. På den første strekningen er det et samlet fall på om lag 100 meter, mens den siste strekningen er betydelig flatere med en total fallhøyde på om lag 30 meter. Ved moderat vannføring ( $\sim 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ser det ut til å ta om lag 4 timer for det kalkede vannet å transporteres fra Gysland til Vegge. Ved høy vannføring ( $>100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kan tiden kortes ned til om lag 3 timer (Kaste et al. 2006). På grunn av mindre fall, vil vannet trolig bruke minst like lang tid fra Vegge til Rom under de samme vannføringene. Dette betyr at forsuringen vil tilta både i varighet og intensitet på strekningen fra Vegge og ned mot Rom.

Med dagens kalkingsstrategi er det umulig å unngå kortvarige forsuringsepisoder på den lakseførende strekningen i forbindelse med flommer. Det prøves likevel å dempe episodene ved at driftsoperatør følger med på langtids-værvarsel og justerer doseringen manuelt ved varsel av store nedbørmengder.

Episoder med varighet under 10 timer har neppe store, langvarige skadevirkninger på anadrom fisk dersom pH ligger 0,2-0,3 pH-enheter under fastsatt målnivå (Kroglund og Rosseland 2004). Konsekvensene av slike forsuringsepisoder vil være størst i forbindelse med smoltutvandringen. Denne innebygde svakheten i dagens kalkingsstrategi fører imidlertid til at marginene er små dersom det oppstår driftsproblemer ved doseringsanlegget. Driftskontrollen de senere årene har avdekket at slike problemer ikke er uvanlige (strømbrydd, driftsforstyrrelser, feil på styresignaler), og at det derfor er en reell risiko for forsuringsskader på den lakseførende strekningen.

### 3. Tiltak

**Tidligere anbefalte tiltak som er gjennomført:**

- Forbedre vanninntaket til pH-måling oppstrøms Gysland
- Ruste opp Vegge-stasjonen

**Tidligere anbefalte tiltak som ikke er gjennomført, men som fortsatt anbefales:**

- Etablere ekstra pH-overvåkingsstasjon ved Rom, i den nedre delen av elva. Dette vil gi et mer realistisk bilde av forsureningssituasjonen på hele den lakseførende strekningen
- NIVA har tidligere foreslått å etablere et automatisk styresignal fra sidebekk nedstrøms Gysland, for å sikre tidlig dosering ved kraftige nedbørepisoder. Tiltaket er vurdert lokalt, men satt på vent inntil videre.

Det er ikke foreslått nye tiltak basert på denne rapporten.

### 4. Referanser

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA-rapport 3824, 37 s.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna. Avviksrapport år 2003. NIVA-rapport 4988, 14 s.

Høgberget, R. og Håvardstun. 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna. Avviksrapport år 2002. NIVA-rapport 4675, 21 s.

Kaste, Ø., Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna. Statusrapport for 2004 og 2005. NIVA-rapport 5217, 15 s.

Kaste, Ø. og Skancke, L.B. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Lygna. Statusrapport for 2006. NIVA-rapport 5390, 14 s.

Kaste, Ø. 2001. Lygna. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 2000. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 2001-2. s. 86-89.

Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 2004. Effekter av episoder på parr og smoltkvalitet til laks. NIVA-rapport 4797, 45 s.

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)