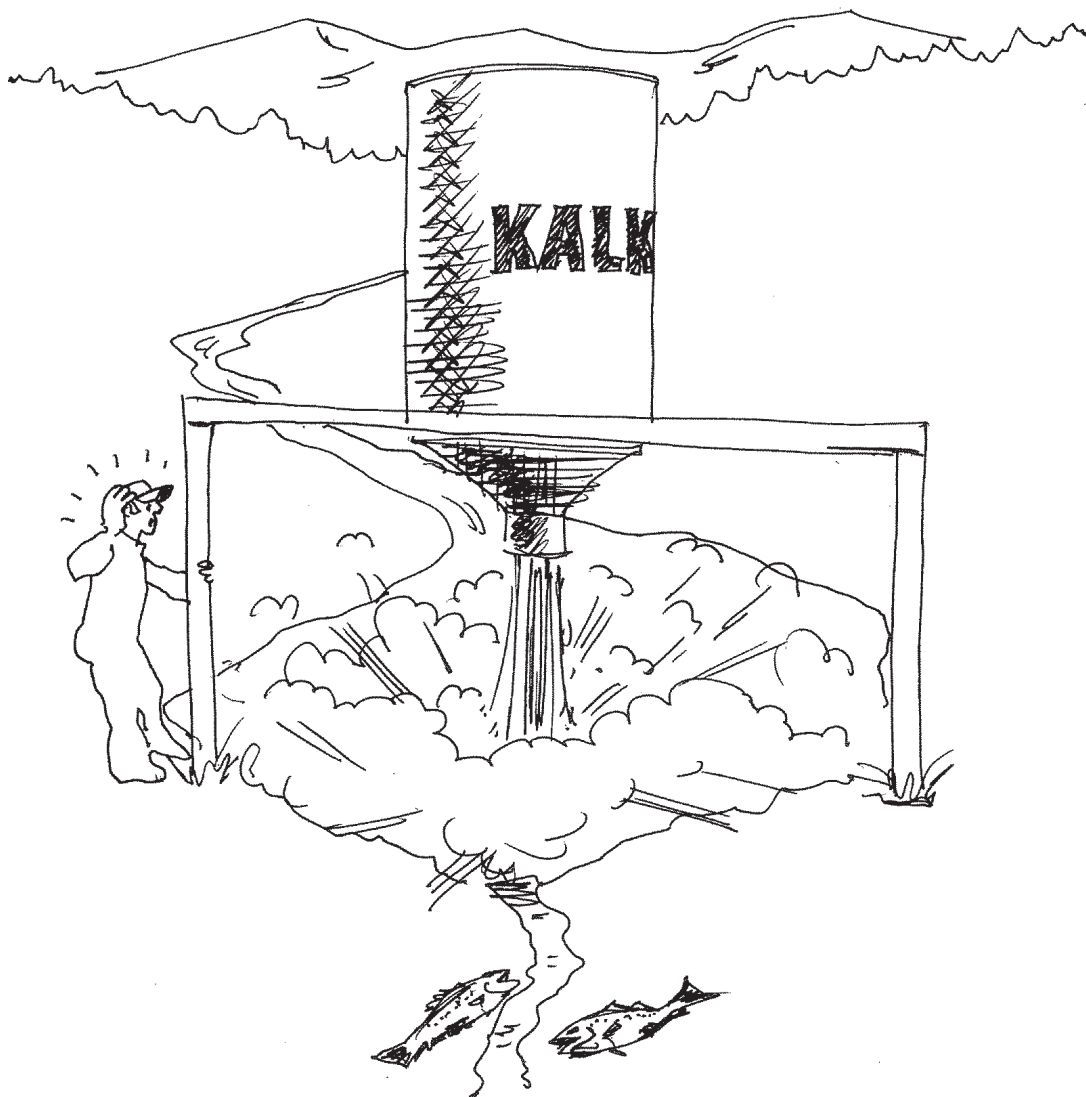


# Driftskontroll av kalkdoserings- anlegg i Tovdalsvassdraget År 2020



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Sør**

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

**NIVA Region Innlandet**

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

**NIVA Region Vest**

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

**NIVA Danmark**

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

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2020	Løpenummer 7644-2021	Dato 23.06.2021
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 31

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Tovdalselva	Oppdragsreferanse Sven Arne Ånensen
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17134

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg gjennomføres for å optimalisere kalkingstiltaket. Rapporten sammenfatter avvikshendelser i 2020, og det foreslås forbedringstiltak. Doseringstabiliteten på Bås var svært god. Grunnet problemene med driften ved Skåre doseringsanlegg ble det dosert med ekstra høye doser fra Bås vinteren 2020. Dette medførte at pH i Herefossfjorden økte mer enn ønskelig om sommeren. Skåreanlegget doserte med svært god doseringssikkerhet inntil anlegget ble defekt senhøstes. Monebekkanlegget hadde et dårlig tilpasset doseringssystem, og det anbefales at automatikken bygges om og pH nedstrøms anlegget forsøksvis flyttes slik at raskere og riktigere doseringstiltak iverksette når behovet oppstår. Skripelandanlegget erstatter alle tidligere doseringsanlegg i Uldalsgreina fra høsten 2020. Anlegget har feil plassert vannstandsmåler. Et sikrere punkt er Kolstraumen der vannstanden kan måles i Kolstraumfjorden. På Søre Herefoss ble det noe overdosert slik at pH nedstrøms anlegget økte til i området pH 6,4 – 6.6 om sommeren. Totalvurderingen av måloppnåelsen var likevel tilfredsstillende.</p>
---

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

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

*Rolf Høgberget*  
Prosjektleder

*Sondre Meland*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7380-9  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Tovdalsvassdraget  
År 2020**

## Forord

Anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann er kostnadskrevende både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig. Til dette har NIVA utviklet et enkelt system for effektiv kontroll av driften av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre den daglige driften ved anleggene, ble NIVAs driftskontroll av kalkdoseringsanlegg etablert i Tovdalsvassdraget i 1999. Dokumentasjon er i form av en kortfattet avviksrapport hvert år.

Driftskontrollen utføres av fast personell på NIVA, som i 2020 besto av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har utarbeidet kartet som viser stasjonsplasseringer og stedsnavn. Rapporten er kvalitetssikret av Sondre Meland.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen «Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget» (Tovdalskalk), bestående av alle involverte kommuner i Tovdalsvassdraget. Prosjektet er støttet av Statsforvalteren i Agder.

Grimstad, 17.06.2021

*Rolf Høgberget*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>8</b>
1.1	Ord og uttrykk.....	9
<b>2</b>	<b>Driften på anleggene</b> .....	<b>11</b>
2.1	Bås.....	11
2.1.1	Stabilitet kontinuitet og nøyaktighet av loggedata .....	11
2.1.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	11
2.2	pH oppstrøms Bås.....	12
2.3	Skåre .....	14
2.3.1	Kvalitet og kontinuitet av loggedata .....	14
2.3.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	14
2.4	Skripeland .....	15
2.4.1	Dataloggen .....	16
2.4.2	Foreløpige effekter av doseringen .....	16
2.5	Monebekken.....	18
2.5.1	Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata .....	18
2.5.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen. ....	19
2.6	Søre Herefoss.....	22
2.6.1	Kvalitet og kontinuitet av loggete data.....	23
2.6.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet .....	23
2.6.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	23
<b>3</b>	<b>Vurderinger og forslag til tiltak</b> .....	<b>27</b>
3.1	Bås.....	27
3.1.1	pH oppstrøms anlegget som overvåningsstasjon .....	27
3.1.2	Dosene.....	27
3.2	Skripeland .....	27
3.3	Monebekken.....	27
3.3.1	Overdoseringen.....	27
3.3.2	pH-styringen.....	28
3.4	Søre Herefoss.....	28
3.4.1	Kalkkvalitet.....	28
3.4.2	Kalkdoseringen.....	28
3.4.3	pH-målingene .....	28
<b>4</b>	<b>Referanser og tidligere driftskontrollrapporter</b> .....	<b>30</b>

## Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Tovdalselva gjennomføres for å optimalisere kalkdoseringen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av avvikhendelser i rapporteringsperioden (1. januar -31. desember 2020), vurderinger omkring effekten av avvikene og forslag til tiltak. Hovedpunktene er gitt under.

### Bås

- Langtidsdosene var gjennomgående ca.  $\frac{3}{4}$  av PLS-dosene (se kap. 1.1 for forklaring). Doseringsstabiliteten var svært god.
- pH i Herefossfjorden påvirkes mye av doseringen fra Bås, men også i økende grad fra Skripeland doseringsanlegg i Uldalsgreina etter at dette ble satt i drift (se kap. 2.4).
- pH i fjorden var noe under målet i perioder om våren, men økte deretter raskt utover i april til pH 6,6 tidlig sommer. Utover sommeren ble pH redusert igjen til nivåer omkring pH 6,2 – 6,3. En stor høstflom den 4. oktober reduserte pH i fjorden til pH 5,8. Etter dette forble pH i området rundt målet, noen ganger over, andre ganger litt under.
- pH oppstrøms Bås kan fungere som en automatisk pH-overvåkingsstasjon for forsuringsutviklingen i et stort ukalket vassdrag. Imidlertid er ikke pH-kurven tilfredsstillende kvalitetssikret, og det kreves mer tid til dette arbeidet dersom formålet skal opprettholdes.
- Grunnet problemene med driften ved Skåre doseringsanlegg (se kap. 2.3.2), ble det dosert med ekstra høye doser fra Bås vinteren 2020. Dette medførte at pH i Herefossfjorden økte mer enn ønskelig om sommeren.

### Skåre

- Anlegget ble høsten 2020 erstattet av Skripeland doseringsanlegg lokalisert lenger nede i Uldalsgreina. Denne rapporten omhandler tiden før dette.
- Usikkerhet omkring vannføringsberegningene gjør beregninger av PLS- og langtidsdoser unøyaktige.
- Det var ingen tilfeller der anlegget stopp i lengre perioder enn 8 timer fram til desember, da anlegget stoppet total grunnet flatklemte rør slik at kalk ikke lenger kunne doseres ut i elva. Anleggets doseringssikkerhet var imidlertid svært tilfredsstillende inntil dette inntraff.

### Monebekken

- Doseringsanlegget er plassert i en lakseførende sidebekk til Tovdalselva. Definerte pH-mål for bekken er det samme som i hovedelva.
- Manglende dosering den 1. mars førte til at pH i bekken ble redusert til pH 5,4 i 45 timer. Dette har sannsynligvis gitt biologiske effekter på fisk.
- Det var lange perioder uten behov for dosering, og pH økte til  $> 7$ , men ble raskt redusert til under målet ved økt vannføring.
- Det var ikke tilfredsstillende pH-styring på anlegget. Anlegget har et doseringssystem som er dårlig tilpasset lav dosering, noe som fører til stor overdosering av kalk.
- Det anbefales at automatikken bygges om og pH nedstrøms anlegget forsøksvis flyttes slik at raskere og riktigere doseringstiltak iverksette når behovet oppstår.

### Skripeland

- Anlegget erstatter alle tidligere doseringsanlegg i Uldalsgreina.
- Vannstandsmåleren er feil plassert for å kunne måle riktig vannstand i forhold til vannføringen. Et sikrere punkt er Kolstraumen der vannstanden kan måles i Kolstraumfjorden.

- pH influeres av bakevjeeffekter som trekker med seg kalk fra utslippspunktet. Forholdet skal utbedres ved at inntaket blir lagt lenger ut og dypere.
- kalkdoseringen fra Skripeland påvirket pH i utløpet av Herefossfjorden fra sent i desember,

#### Søre Herefoss

- Fra mars til midt i april, var det noe overdosering av kalk slik at pH nedstrøms anlegget økte til i området pH 6,4 – 6,6. Høye pH-nivået fortsatte gjennom sommeren og høsten.
- Doseringen opphørte i perioden fra 15. juni til 1. oktober, kun avbrutt av dosering i en flom.
- Den 20 oktober ble det kalket med 22 tonn i løpet av 15 timer for å tømme uønsket kalkkvalitet uten at det var spesielt høy vannføring i elva. Dette økte kalkpartikkelkonsentrasjonen til uønsket høyt nivå. Slike nødvendige operasjoner må forsøkes gjennomført under flom.
- Mange problemer med pH-målingene skyltes jordingsfeil som ble oppdaget og rettet på.
- Den totale vurderingen av måloppnåelsen var tilfredsstillende selv om det til tider var unødvendig høy pH.

## Summary

Title: Operation of lime dosers in the Tovdal River, S Norway. Yearly report 2020.

Year: 2021

Author: Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7380-9

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve on and ensure a cost-efficient liming. The information generated is processed and reported by NIVA and is an aid to operators and water managers.

This report summarizes deviations from optimal operation detected during 2020. Measures to improve the operation are suggested.



# 1 Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å optimalisere kalkingstiltaket. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk (vektreduksjon i kalksilo med veieceller) og målt vannføring ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene i elva ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998). Bakgrunnen for utviklingen av dette systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels utilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene. Mer presis dosering reduserer også behovet for fordyrende sikkerhetsmarginer.

Kalkdoseringsanleggene styres i hovedsak etter vannføring og pH:

**Vannføringsstyring:** Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose målt i g/m<sup>3</sup>. Grunn dosen beregnes i forhold til en kalk-pH-titreringskurve. Med dette som grunnlag bestemmes dosene også av hvor i nedbørfeltet anlegget er plassert i forhold til målområdet. Doseringen fra anlegget skal også være proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne de fast beregnete dosene med den 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 strekningen i elva med de målte pH-verdiene vises effektiviteten til anlegget.

Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Kvaliteten på pH-målingene sikres gjennom arbeidet i et eget interkalibreringsprogram (pH-lauget) bestående av kalkingsoperatører som benytter pH som prosess-signal ved doseringsanleggene. NIVA er koordinator og faglig støtte i dette arbeidet. pH- overvåkingsstasjonen på Boen driftes av kalkingsoperatøren og pH-verdiene kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i Miljødirektoratets notatserie: «Kalking i laksevasdrag skadet av sur nedbør».

I Tovdalsvassdraget er det montert egen driftskontroll-logger på to store kalkdoseringsanlegg; Bås, og Søre Herefoss. På de øvrige anleggene (Skåre, Skripeland og Monebekken) hentes data inn fra MikaCom, se kap. 1.1. Anleggenes plassering er vist i Figur 1.

Det er tidligere utgitt en rekke driftskontrollrapporter for Tovdalsvassdraget. Disse er gjengitt i referanselista. Foreliggende rapport omhandler perioden 1. januar til 31. desember 2020.

## 1.1 Ord og uttrykk

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som er forklart her:

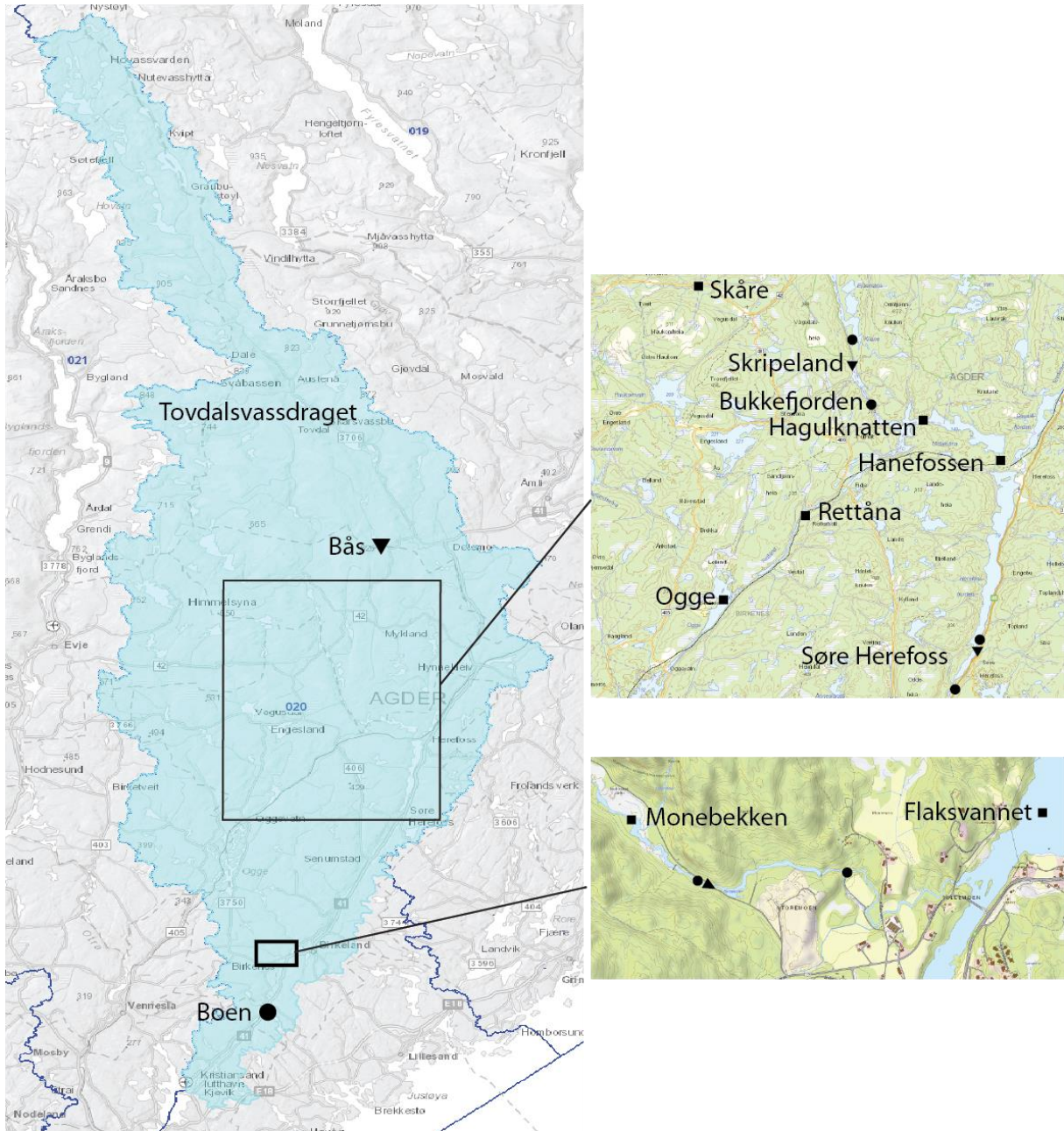
Ord/uttrykk	Forklaring
Dosering	Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av mengde kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest gram per sekund (g/s).
Dose	Dosering av kalk per volum vann (konsentrasjonen). Den vanligste enheten er gram kalksteinsmel per m <sup>3</sup> vann i elva. (g/m <sup>3</sup> ).
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m <sup>3</sup> /s). Dette er den dosen som anlegget «tror» den gir til elva. Enheten blir g/m <sup>3</sup> .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert til elva på grunnlag av kalkvektsreduksjon i beholdningstank/kalksilo per tidsenhet dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringsanlegget i samme tidsrom.
Timesdose	Den driftskontroll-dosen som er levert i løpet av en time. Verdien er gjennomsnittet av aktuelle timesdoser til elva. For eksempel vil en vektreduksjon på 0,9 tonn i løpet av en time gi en timesdose på 5 g/m <sup>3</sup> ved vannføring 50 m <sup>3</sup> /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m <sup>3</sup> ).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert til elva siden siste påfylling av kalk i beholdningstank/kalksilo. På kurvene som vises i rapporten kan det være store utslag. Dette oppstår i forbindelse med begynnende utregning fra ny beholdning. Årsaken er stor unøyaktighet i veieutstyret. Derfor settes en begrensning i når regneverket får lov å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
Forhånds-doser	Kalkdoser beregnet på grunnlag av vannføring og pH – kalk titreringskurve. Dette gir en umiddelbar effekt som senere blir korrigert av pH nedstrøms anlegget
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannen i samarbeid med kalkingsstiftelsen for vedkommende kalkingsprosjekt.
pH-krav	Det pH-kravet som blir satt i styringsautomatikken ved et pH-styrt doseringsanlegg med pH-nedstrøms styringssignal. pH-kravet er ofte høyere enn pH-målet for elveavsnittet.
PLS	«Programmerbar logisk styring». Forkortelsen er ofte benyttet som betegnelse på styringsautomatikken på kalkdoseringsanlegg.
UPS	«Uninterruptible power supply». Forkortelse på ekstra energikilde (strømkilde) som benyttes når nettspenningen uteblir.
Kyvette/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og termometer er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetten for å få riktige pH- og termometermålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i meterriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i «fast fjell» eller i forhold til m.o.h. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk på doseringsanlegget. Noen ganger er uttrykket silonivå benyttet.

Prosesskalibrering

Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en topunktskalibrering av pH-meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7).

MikaCom

Programvare benyttet på anlegget til kontroll og styring av doseringsanlegget. Programvaren er utviklet av Miljøkalk, En avdeling av Franzefoss Minerals.



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Tovdalsvassdraget med aktuelle stedsnavn (kvadrater), pH-målestasjoner (sirkler) og kalkdoseringsanlegg (triangler)

## 2 Driften på anleggene

### 2.1 Bås

Bås kalkdoseringsanlegg står for 2/5 av all kalktilsetning i Tovdalsvassdraget. Det er derfor avgjørende at anlegget fungerer tilfredsstillende slik at man får en optimal effekt av kalkingstiltakene i vassdraget. Kalkdoseringsanlegget er fullautomatisert, og kalkdoseringen reguleres etter variasjonen i vannføringen. Beregnet teoretisk dose som anlegget skal gi var opprinnelig 4,7 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup>. Denne dosen er satt med utgangspunkt i beregninger foretatt for 25 år siden (Hindar 1991). Forsuringssituasjonen er vesentlig forbedret siden den gang, og dosene blir for tiden justert i forhold til et vedtatt pH-mål i Herefossfjorden (pH 6,0). Dette innebærer at dosene er vesentlig redusert i forhold til opprinnelige krav det meste av året.

#### 2.1.1 Stabilitet kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden. Det er ikke registrert irrasjonelle verdier av kalkbeholdning, dosering eller vannstand. Sensorstabiliteten var god i hele perioden. Langtidsdosene var gjennomgående ca. ¾ av PLS-dosene unntatt en sammenhengende periode på 3 uker fra 17. november, da langtidsdosene bare var halvparten av PLS-dosene, (Figur 2).

#### 2.1.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Stans eller minimal dosering i forhold til doseringssignalet i over 8 timer oppsto bare en gang i løpet av perioden. Det var 1. mars, da anlegget stoppet i 10 timer.

##### 2.1.2.1 Kalkdosene

Anlegget doserte med varierende PLS-doser bestemt av driftsansvarlig for å sikre en god effekt i forhold til pH-målet i Herefossfjorden. PLS-dosene varierte mellom 5 og 7 g/m<sup>3</sup> vinter og vår fram til 30. april, da dosene ble redusert til 4 g/m<sup>3</sup>. Den 15. juni ble de ytterligere redusert til 3 g/m<sup>3</sup>. Lav dosering ble opprettholdt gjennom hele sommeren til 2. oktober, bare avbrutt av en kort periode under flom den 28. juli, da dosene ble øket til 5 g/m<sup>3</sup>. Høstens flommer ble også dosert med tilsvarende doser, mens grunninnstillingen mellom flommene var 4,3 – 4,5 g/m<sup>3</sup>, (Figur 3). Den 19. desember ble grunninnstillingen øket til 5 – 5,3 g/m<sup>3</sup> avbrutt av en kort periode fra 21. desember, da dosene ble ytterligere øket til 6 g/m<sup>3</sup>.

##### 2.1.2.2 Effekt av doseringen i Herefossfjorden

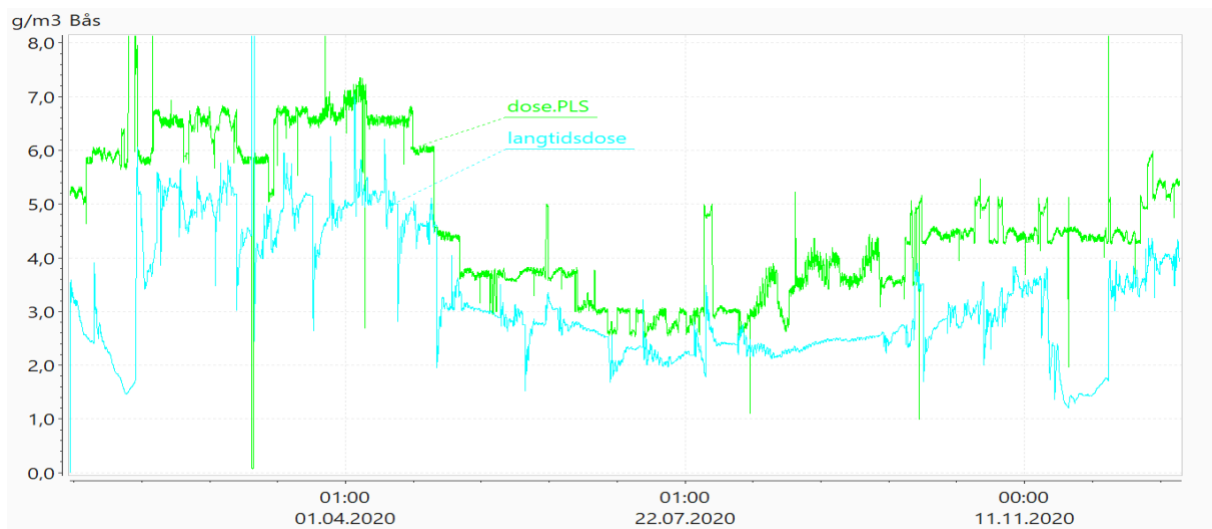
Målet for Herefossfjorden er pH 6,0. pH-verdiene fra utløpet av fjorden (oppstrøms Søre Herefoss doseringsanlegg) er et godt målepunkt for tilstanden i Herefossfjorden, og dermed graden av måloppnåelse. pH i Herefossfjorden påvirkes mye av doseringen fra Bås, men også fra Uldalsgreina, som til nå hovedsakelig har vært dosert fra Skåre. Etter at Skripeland doseringsanlegg ble satt i drift (se kap. 2.4) har betydningen av dosering i Uldalsgreina økt.

pH i fjorden var noe under målet i perioder fram til 12. april, og økte deretter raskt utover i april. Første uka i mai var pH 6,6. Utover sommeren ble pH redusert igjen til nivåer omkring pH 6,2 – 6,3, bare avbrutt av en kort periode under flommen i august, da pH ble under målet. Den første store høstflommen den 4. oktober reduserte pH i fjorden til pH 5,8. Etter dette forble pH i området rundt målet, noen ganger over, andre ganger litt under, se Figur 4.

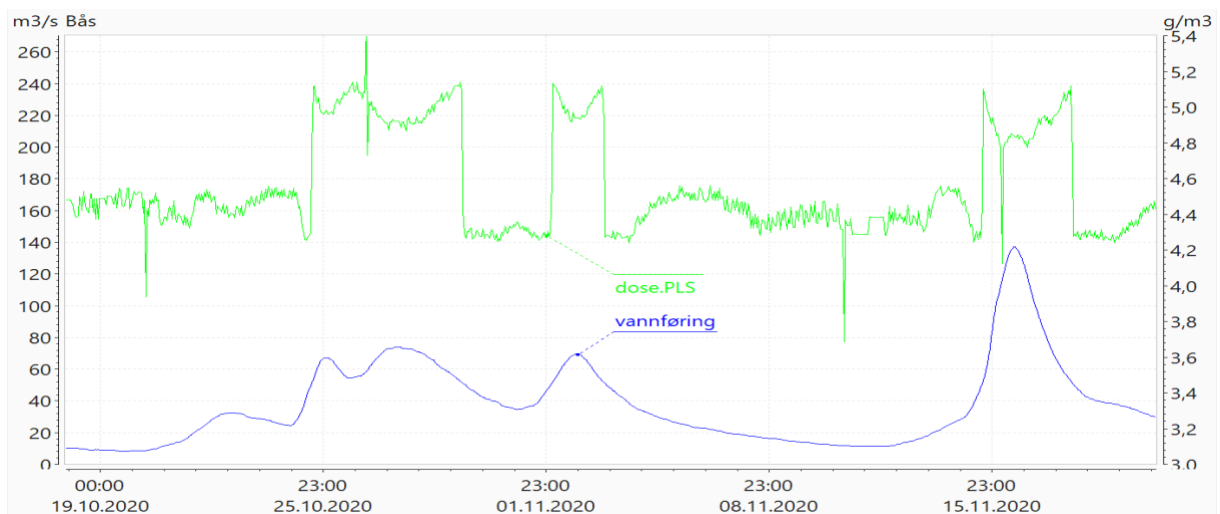
## 2.2 pH oppstrøms Bås

I forbindelse med oppfølging av effekter etter den ekstremt tørre sommeren 2018 ble det etablert en automatisk pH-overvåkingsstasjon for måling av vanntemperatur og pH oppstrøms all kalkdosering i Tovdalselva. Stasjonen er plassert på Bås kalkdoseringsanlegg. Denne stasjonen er fortsatt operativ, og tanken er at den også i framtida skal måle pH-utviklingen gjennom årene. Den vil da fungere som en automatisk pH-overvåkingsstasjon for forsuringsutviklingen i et stort ukalket vassdrag.

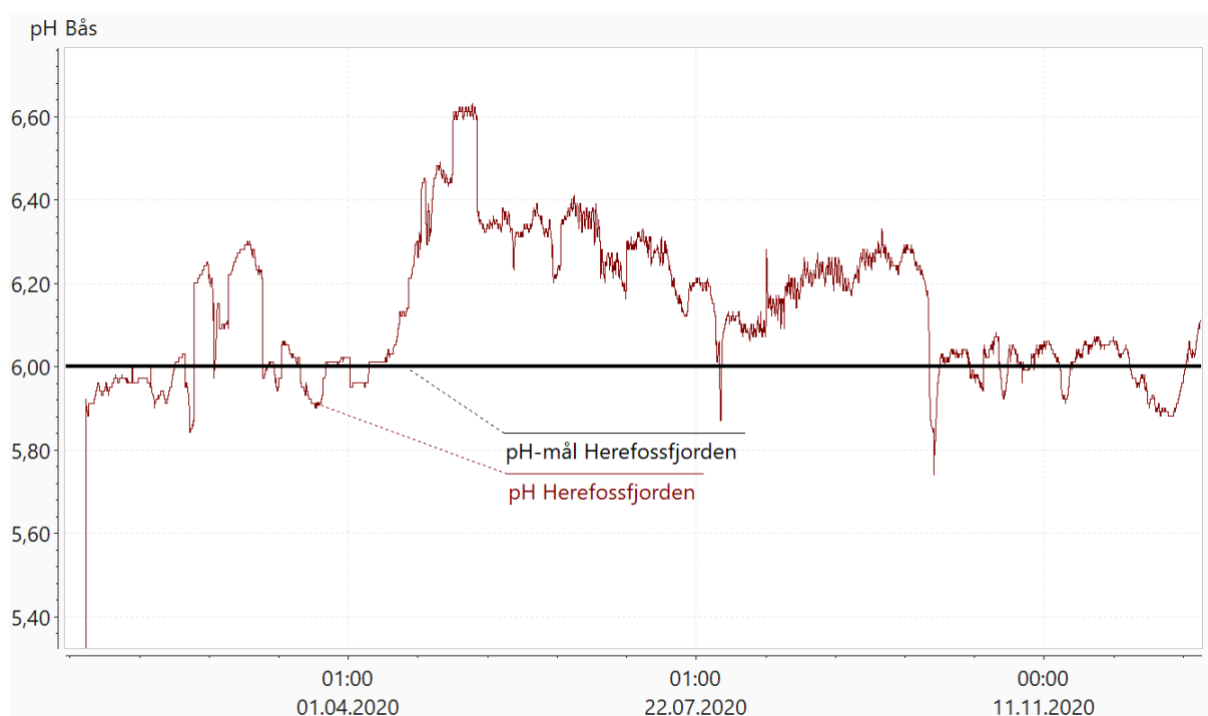
Det er foretatt kontrollmålinger av pH både av kalkingsoperatøren og NIVA. På grunnlag av disse verdiene er pH-kurven justert (Figur 5). pH varierte mellom 5,3 og 5,9 i hele perioden. Redusert pH ble registrert under flommen i august, men i de øvrige flommene ble det ingen markant pH-reduksjon. Utviklingen med jevnt økende pH i siste halvdel av oktober kan ikke dokumenteres grunnet fåtallige kontrollmålinger. pH-kurven er derfor ikke tilfredsstillende kvalitetssikret.



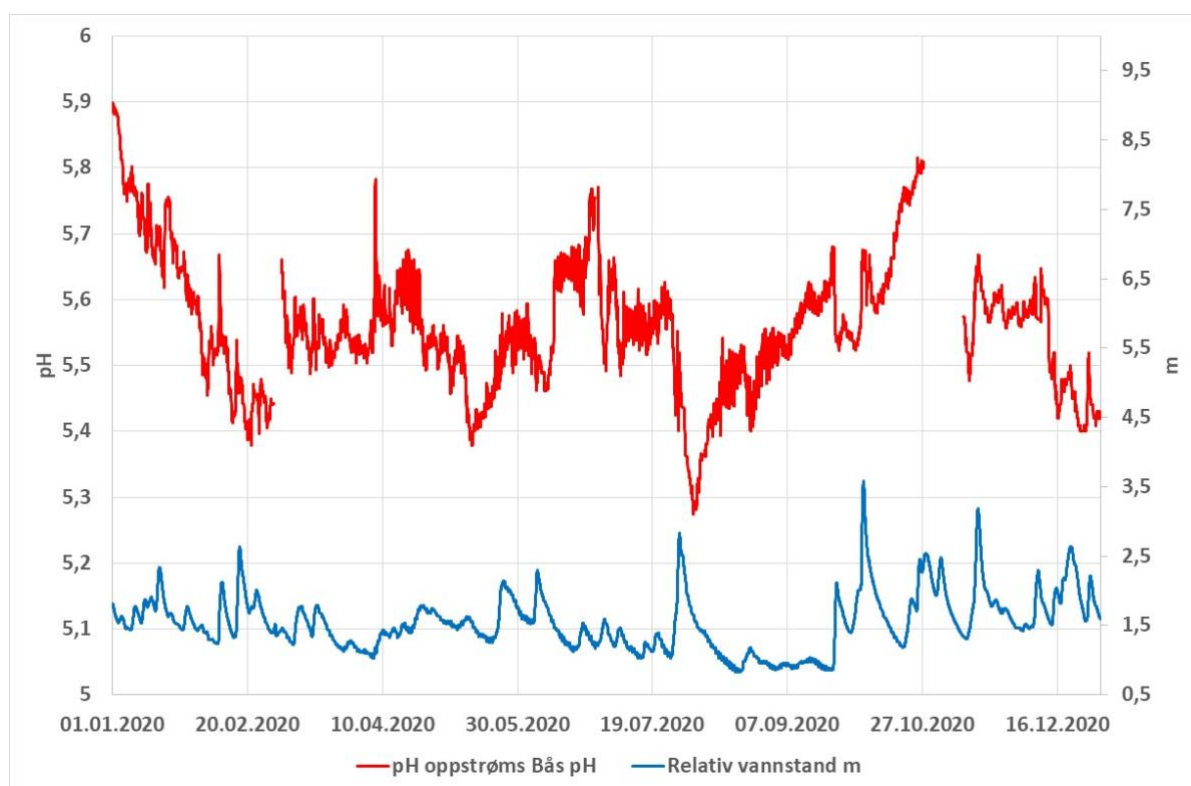
Figur 2. Langtidsdoser og PLS-doser ved Bås doseringsanlegg i 2020.



Figur 3. Vannføring og PLS-doser i et utsnitt av høsten 2020. Dosene ble øket i forbindelse med flommene.



Figur 4. pH-mål og pH i Herefossfjorden året 2020.



Figur 5. pH i Tovdalselva oppstrøms kalkdoseringsanlegget på Bås i 2020.

## 2.3 Skåre

Skåre kalkdoseringsanlegg er et vannføringsstyrt anlegg. Hensikten med anlegget er å kalke bidraget fra Hovlandsåna til Uldalsgreina. Doseringen fra anlegget ble først bestemt til 2,6 g/m<sup>3</sup>. Kravet ble satt opp til 3,9 g/m<sup>3</sup> høsten 2005. Dette var vanskelig å tilfredsstille ved høye vannføringer. Anlegget var også i meget dårlig forfatning og ble erstattet av et anlegg med større doseringskapasitet (opp til 266 g/s) sommeren 2015. Det nye anlegget er enklere å betjene, slik at variabel dosering er innført. Doseringen kan dermed styres også mot behovet i Herefossfjorden. Denne målsettingen har blitt viktigere å oppfylle etter at Skjeggedal doseringsanlegg ble lagt ned. Det er ikke montert egen driftskontroll-logger på det nye anlegget. Doseringsdata er derfor innhentet fra MikaCom (Miljøkalk) og bearbeidet med driftskontrollens grafikkverktøy som grunnlag for rapporteringen. Anlegget vil etter år 2020 bli erstattet av Skripeland doseringsanlegg lokalisert lenger nede i Uldalsgreina. Dette anlegget har vært under oppbygging i 2020, se kap. 2.4.

### 2.3.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

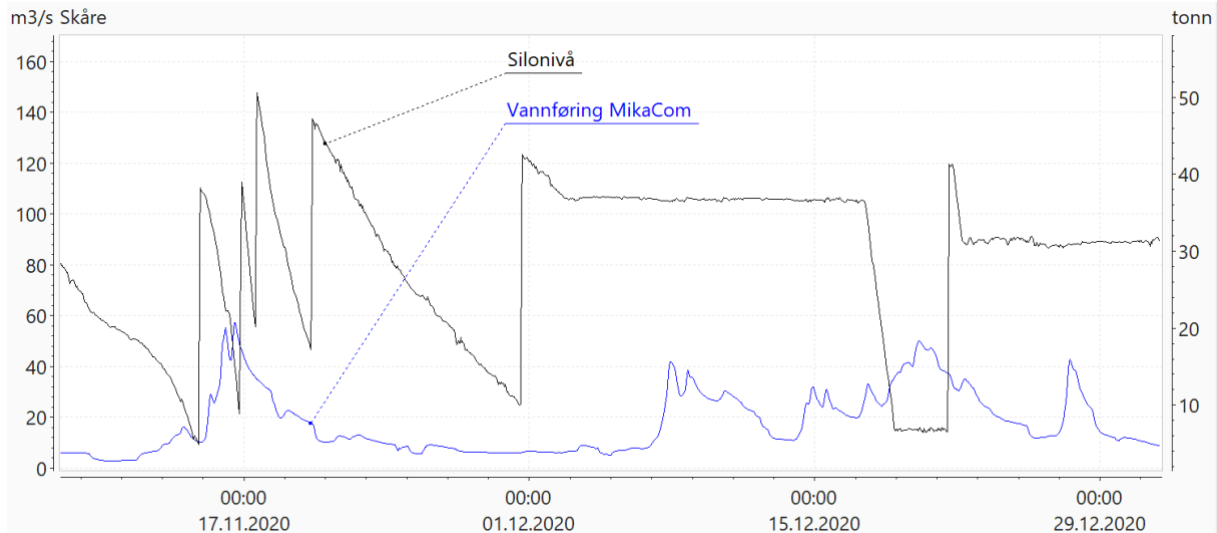
Det er sammenhengende datarekker for de parameterne driftskontrollen benytter seg av. Usikkerhet hersker om vannføringsberegningene er justert i forhold til tidligere bemerket behov for justeringer (Høgberget 2017) PLS- og langtidsdoser beregnes fra vannføringen og kan derfor være unøyaktige.

### 2.3.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

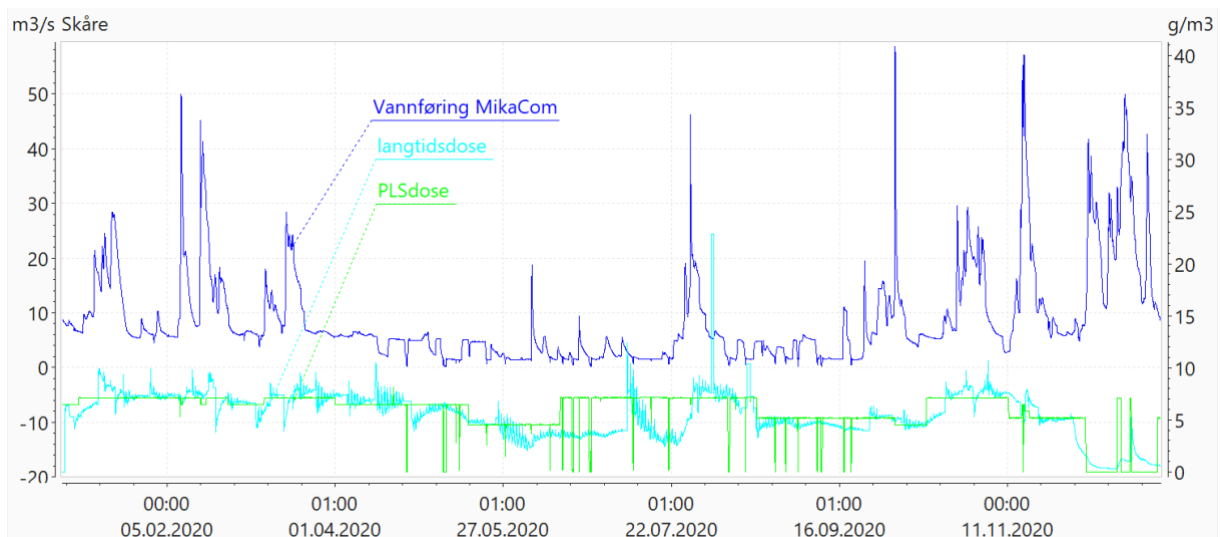
Det var ingen tilfeller der anlegget stoppet i lengre perioder enn 8 timer fram til desember. Den 2. desember stopp anlegget total grunnet flatklemte rør slik at kalk ikke lenger kunne doseres ut i elva. Anlegget kom aldri mer i gang, (Figur 6). Anleggets doseringssikkerhet var imidlertid svært tilfredsstillende inntil dette inntraff.

#### 2.3.2.1 Kalkkonsentrasjonen i elva fra anlegget

PLS-dosene som ble levert fra anlegget varierte mellom de to innstillingene 6,4 g/m<sup>3</sup> eller 7,1 g/m<sup>3</sup> fra januar til 15 mai. Dosene ble da redusert til 4,5 g/m<sup>3</sup> før den igjen ble øket til 7,1 g/m<sup>3</sup> den 15. juni. Den 19. august ble dosene redusert til 5,2 g/m<sup>3</sup> før den så ble øket til 7,1 g/m<sup>3</sup> den 14. oktober etter en kort periode fra 4. oktober da dosene var 4,5 g/m<sup>3</sup>. Fra 11. november var doseringen igjen 5,2 g/m<sup>3</sup> inntil anlegget ble defekt 2. desember. Det var godt samsvar mellom langtidsdoser og PLS-doser i hele perioden unntatt om sommeren (juni og juli), da langtidsdosene til tider bare var det halve av PLS-dosene, (Figur 7).



Figur 6. Vannføring og silonivå (beholdning) ved Skåre doseringsanlegg i desember 2020. Anlegget ble delvis tømt i forbindelse med forsøk på å få i gang igjen dosering fra anlegget.



Figur 7. Kalkdoser og vannføring ved Skåre doseringsanlegg i 2020.

## 2.4 Skripeland

Skripeland doseringsanlegg ble bygget og satt i drift i 2020. Den første forsøksvise doseringen begynte sent i november. Dette anlegget skal erstatter alle tidligere doseringsanlegg i Uldalsgreina. Av disse var det bare Skåre doseringsanlegg som var operativt i 2020. Anleggets oppgave er å sørge for at pH-målet for Herefossfjorden blir opprettholdt. Denne oppgaven deles med Bås doseringsanlegg i den østre grenen av Tovdalsvassdraget, (Figur 1). Anlegget kan styres etter pH oppstrøms og nedstrøms anlegget samt vannføringen forbi anlegget. pH nedstrøms anlegget er plassert i en av stand på 2,2 fra anlegget i uløpet av Bukkefjorden. Dette er oppstrøms utløpet av Rettåna. For mer nøyaktig beskrivelser av de rådende forhold henvises til kalkingsplanen for Uldalsgreina (Høgberget 2016)



## 2.4.1 Dataloggen

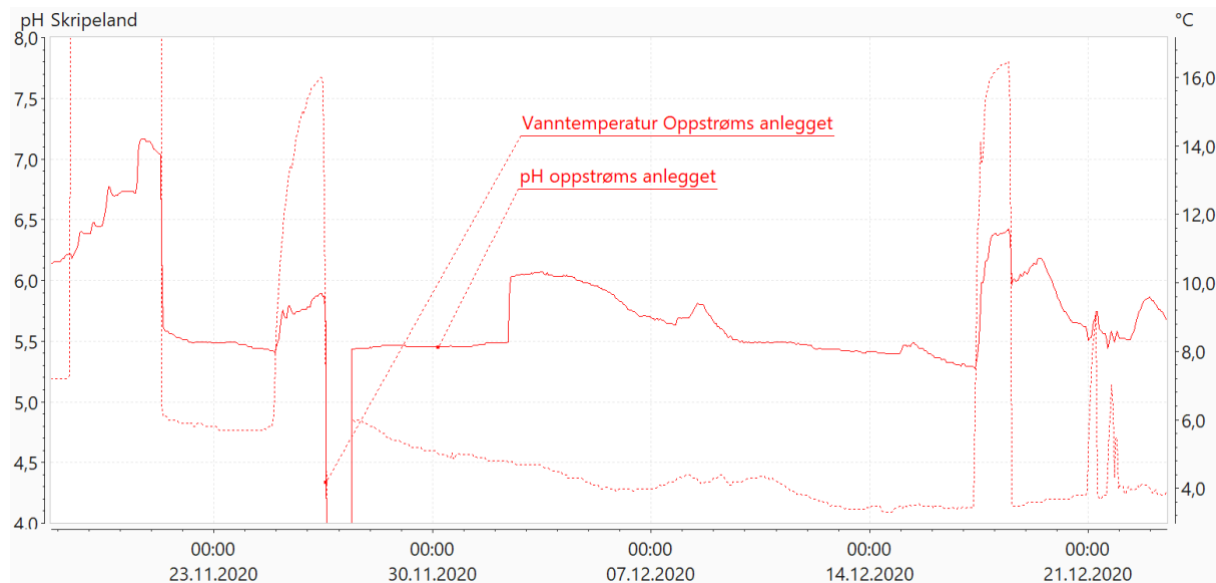
Driftslogg på anlegget foreligger i MicaCom (se kap. 1.1). Det er innhentet data som midlele timesverdier for vannføring (m<sup>3</sup>/s), silonivå (tonn), dosering (g/s) og pH oppstrøms og nedstrøms anlegget. Langtidsdose er ikke beregnet fra doseringsdata i 2020.

### 2.4.1.1 Problemer med stabilitet

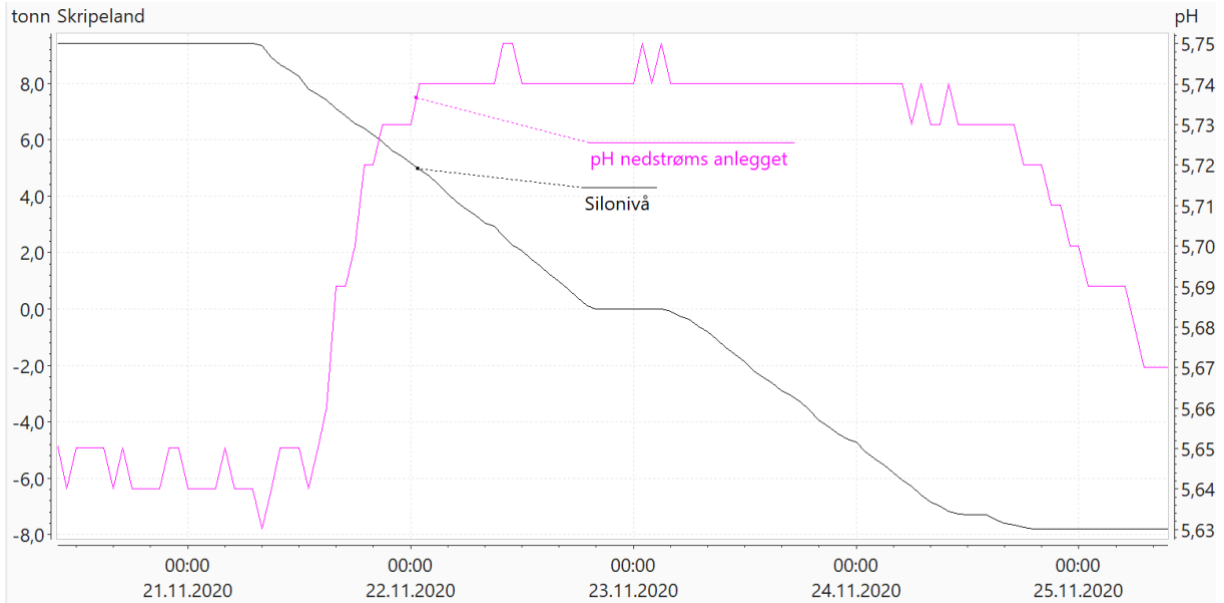
Figur 8 viser hvordan pH målingene oppstrøms anlegget to ganger i løpet av 3 uker mistet gjennomstrømmingen i målekyvetta slik at avlest pH ble feil. Dette påvirker beregningen av forhåndsdoser. Det var også en tendens at pH økte da vannstanden ble redusert til lave nivåer, (Figur 9).

### 2.4.2 Foreløpige effekter av doseringen

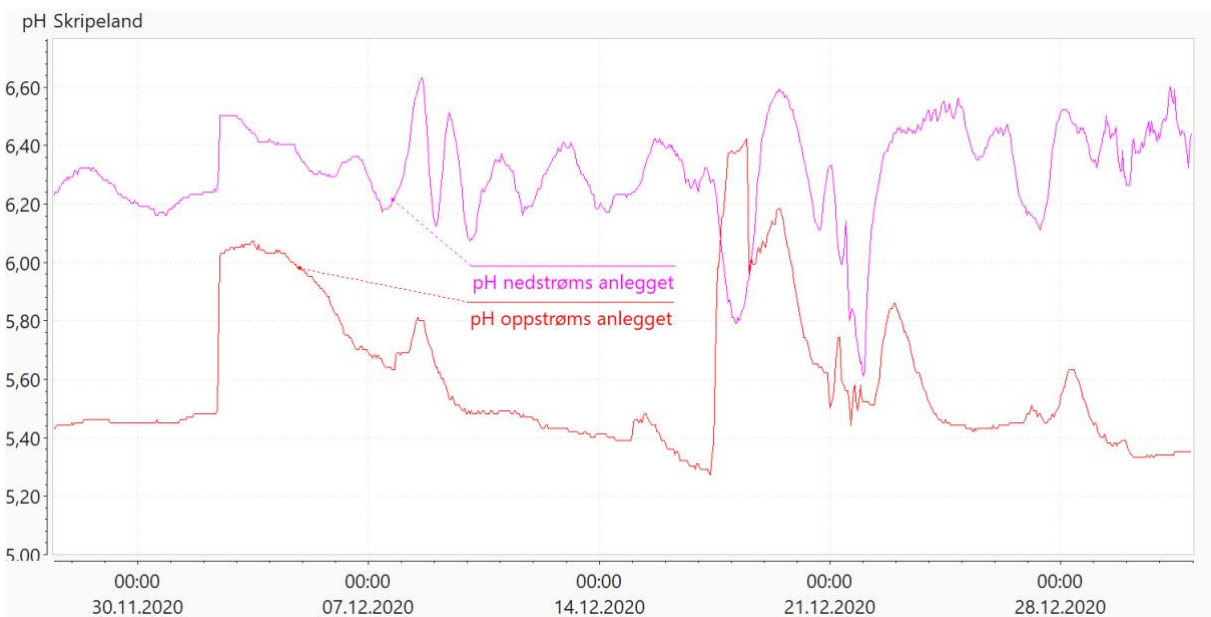
Den første forsøksvise doseringen ble foretatt 17. november. Effekter av dette er ikke tilgjengelig. Ved neste forsøk den 21. november viser Figur 9 at pH nedstrøms anlegget umiddelbart økte noe som følge av 14 tonn dosert kalk på 4 dager. Hverken pH eller vekt var da justert/kalibrert. Effekter av doseringen i desember er vist i Figur 10. Det var først en moderat økning av pH etter doseringen, senere ble det større effekt, og pH økte en hel pH-enhet fra ukalket til kalket vannkvalitet. 273 tonn kalk ble det dosert fra anlegget i desember. Figur 4 viser hvordan start av kalkdoseringen fra Skripeland sannsynligvis har påvirket pH i utløpet av Herefossfjorden fra ca. 21. desember, da reduksjonen av pH i utløpet av Herefossfjorden kulleminerte. Utviklingen med redusert pH i Herefossfjorden midt i desember kan ha sammenheng med sammenbruddet av doseringen fra Skåre, se kap. 2.3.2.



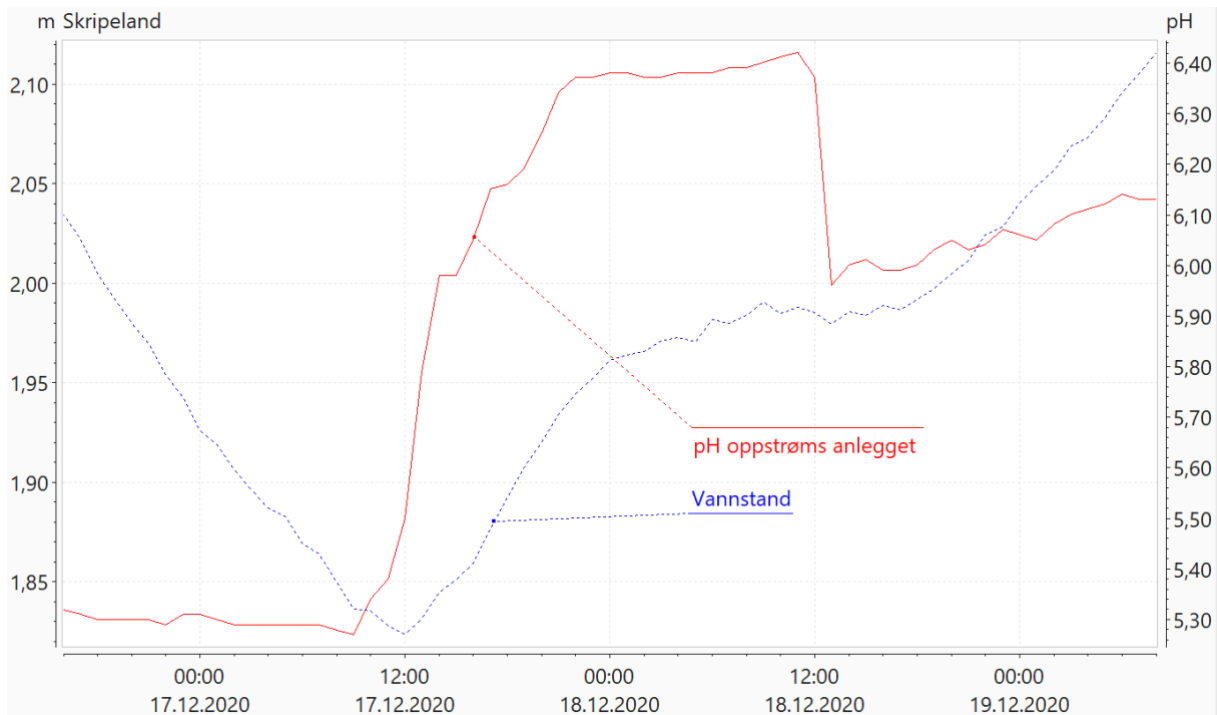
Figur 8. Flere stopp i vanngjennomstrømmingen av pH-kyvetta medførte feil pH-målinger. Stoppene vises ved økt vanntemperatur.



Figur 9. Avtaket i silonivå har målbar, men ikke stor påvirkning på pH nedstrøms anlegget.



Figur 10. pH oppstrøms og nedstrøms Skripeland doseringsanlegg i desember 2020.



Figur 11. Eksempel på at pH påvirkes av vannstanden ved Skripeland doseringsanlegg.

## 2.5 Monebekken

Monebekken er en sideelv til Tovdalselva. Den har utløp i den lakseførende delen av leva, og har en kronisk sur vannkvalitet. Kjemisk oppfølging og automatisk pH-overvåking er tidligere gjennomført, og dette dannet grunnlag for råd omkring kalkingstiltak (Høgberget 2014). Et doseringsanlegg ble etablert i 2018. Målsettingen med anlegget er å etablere lakseproduksjon i Monebekken og redusere blandsone-effekten etter samløp med Tovdalselva. Kalkingsanlegget er etablert som et internt FOU-prosjekt hos Statsforvalteren i Agder, hvor målet er å kunne levere stabil pH for laks med rimeligere løsninger enn et ordinært kalkdoseringsanlegg. Anlegget er pH-styrt med pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Avstanden til måleren nedstrøms anlegget er ca. 800 m. Anlegget driftes uten bruk av nettstrøm. Det er utarbeidet en enkel rapport om teknikken og status pr. september 2019. Doseringskapasiteten oppgis der til 0,160 – 24 tonn kalksteinsmel/døgn (Lysnes 2019), og en første evaluering av driften er gjennomført i 2020 (Høgberget 2020). Definerte pH-mål for lakseførende strekning av Tovdalselva må også å gjelde for Monebekken, se kap. 2.6.

### 2.5.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Det er benyttet sensordata fra anleggets eget drifts- og operativsystem, MikaCom. Det oppsto noen tilfeller der logging falt bort. Dette er gjengitt i *Tabell 1*. Vannføringsdata ble registrert feil i forbindelse med vårflom, antagelig på grunn av isgang som stuvet opp vannstanden. Silonivå ble registrert svært unøyaktig fra mars til midt i oktober, (Figur 12).

*Tabell 1. Timer uten tilgang på relevante doseringsdata (pH oppstrøms og nedstrøms anlegget, dosering, silovekt og vannstand/vannføring) fra Monebekken doseringsanlegg i 2020.*

Dato	Timer	Merknad
01.01.2020	13	Alle
05.02.2020	11	Alle
18.02.2020	12	Silonivå
15.07.2020	11	Alle
29.11.2020	16	Alle

## 2.5.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen.

### 2.5.2.1 Doseringen

Vinter og vår doserte anlegget nærmest kontinuerlig til 26. mars, bare avbrutt av fire dager fra 22. januar, da behovet for kalk opphørte ved lavvassføring og 11 timer 3. mars, da anlegget gikk tom for kalk under en flom og pH ble redusert til pH 4,5. Fra april til siste uke i september var det lange perioder uten behov for dosering. pH nedstrøms anlegget kunne i denne perioden øke til > pH7 ved lang tids lavvannføring, men ble raskt redusert til under målet ved økt vannføring. Avviket var vanligvis ikke stort, men den 1. mai ble pH redusert til pH 5,4, og var for lav i 45 timer, (Figur 13). Dette har sannsynligvis gitt biologiske effekter ved at smoltens evne til å tilpasse seg brakkvann ble svekket med dertil redusert overlevelsessevne, (Kroglund og Rosseland 2004). Figur 14 viser pH sammen med PLS-dose gjennom sommerhalvåret. Dosene var da satt til over 6 g/m<sup>3</sup>. Dette er meget store doser. Generelt høye kalkdoser førte til et kalkforbruk i 2020 på 127 tonn. Akkumulert kalkforbruk gjennom året er gjengitt i Figur 15. Figuren viser at det meste av kalken ble dosert om våren og høsten. Om høsten økte doseringsbehovet til nærmest kontinuerlig dosering igjen, særlig mye ble dosert i desember.

### 2.5.2.2 pH-styringen og måloppnåelse

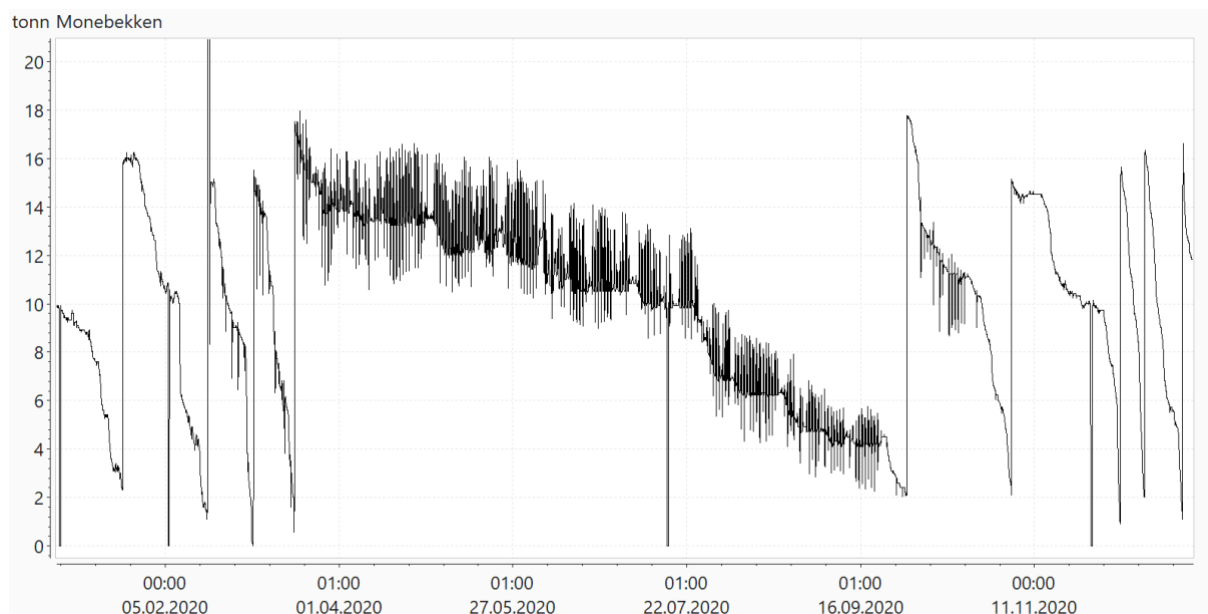
Spesielt to forhold påviser mangler ved pH-styringen:

- Mange avvik fra pH-målet oppsto fordi doseringen kom for sent i gang i forhold til behovet.
- Til tider oppsto raske og store variasjoner i pH nedstrøms med bølgelengde vanligvis på ca. 4 - 6 timer.

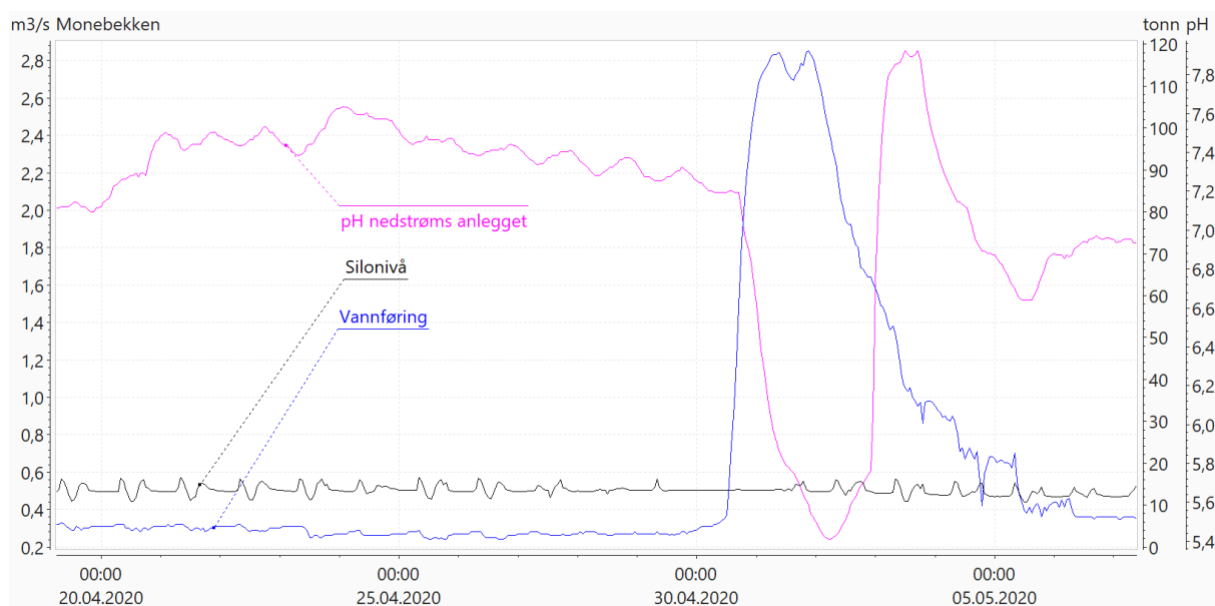
Eksempel på begge forhold er vist i Figur 16. Disse forholdene tyder på dårlig tilpasset doseringsstyring. En oversikt over alle tilfellene med avvik fra pH-målet i mer enn 8 timer er gjengitt i (Tabell 2). Figur 17 viser hvordan pH nedstrøms anlegget gjennom hele året sammen med pH-målet og vannføringen.

Tabell 2. Antall timer da pH i Monebekken var under målet i 2020. Til sammen utgjorde dette 8 dager.

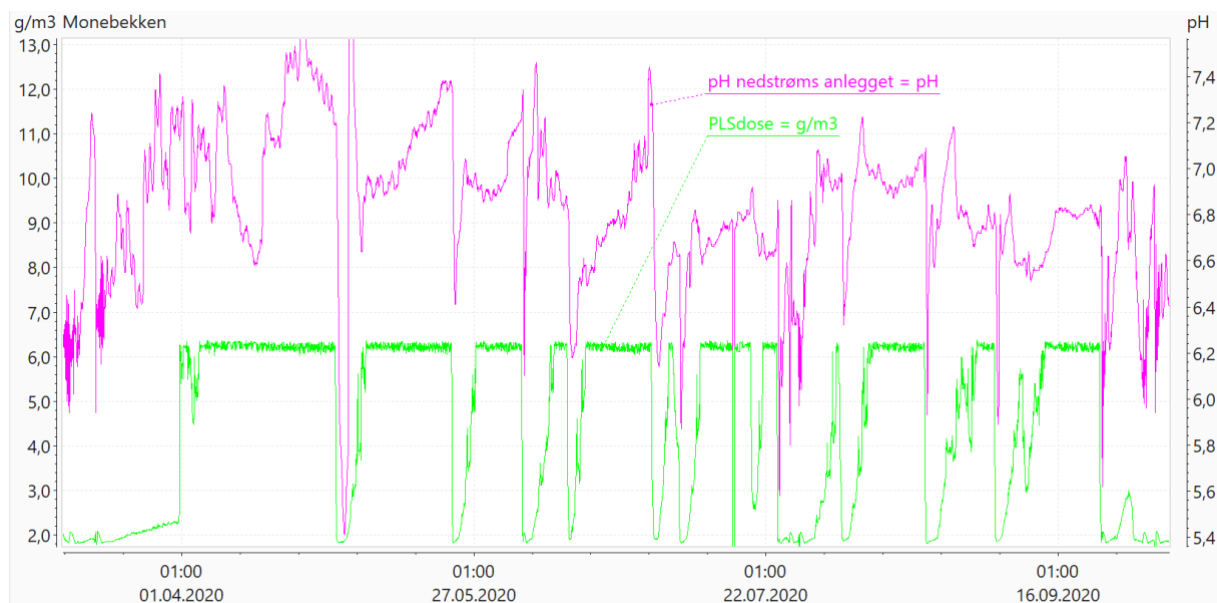
Dato	Timer under pH-målet	Laveste pH	pH-avik
12.01.2020	8	5,7	0,3
17.01.2021	9	5,7	0,3
16.02.2020	33	6	0,2
17.02.2020	22	5,6	0,6
20.02.2020	18	5,6	0,6
21.02.2020	36	5,7	0,5
08.03.2020	12	5,6	0,6
01.05.2020	45	5,4	0,8



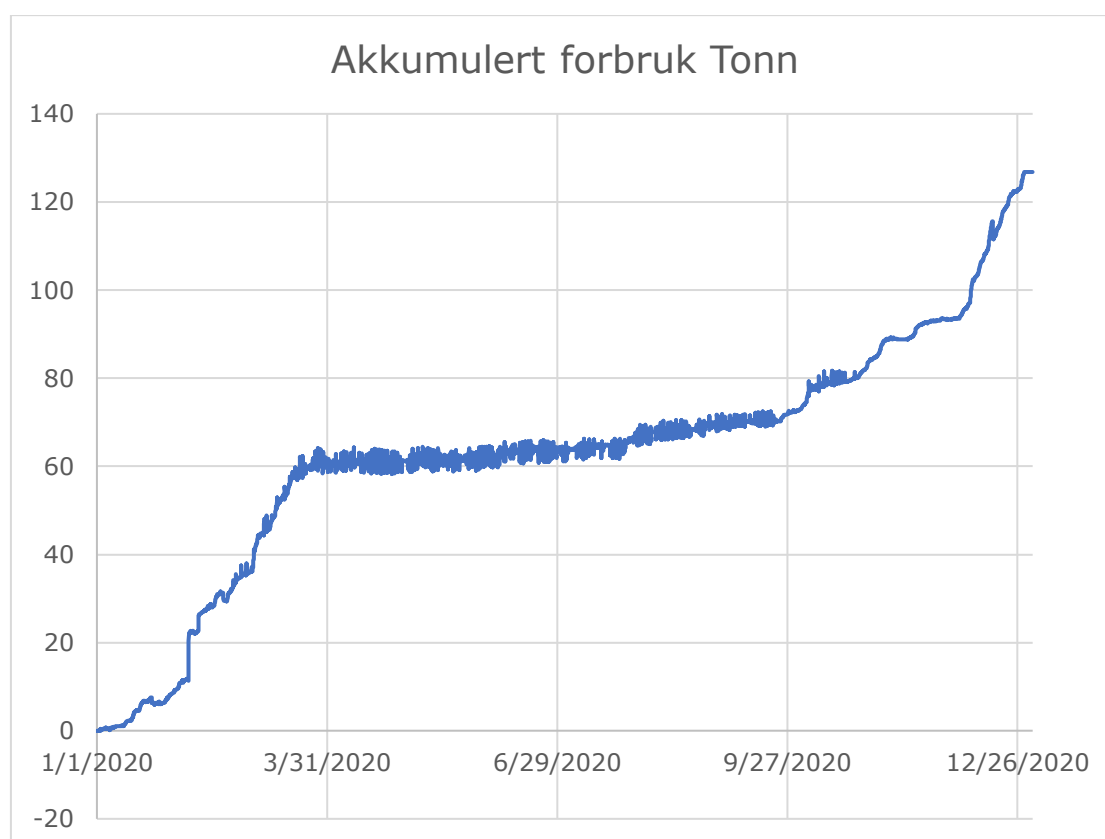
Figur 12. Vektdata som silonivå var unøyaktige avlesinger i sommerhalvåret.



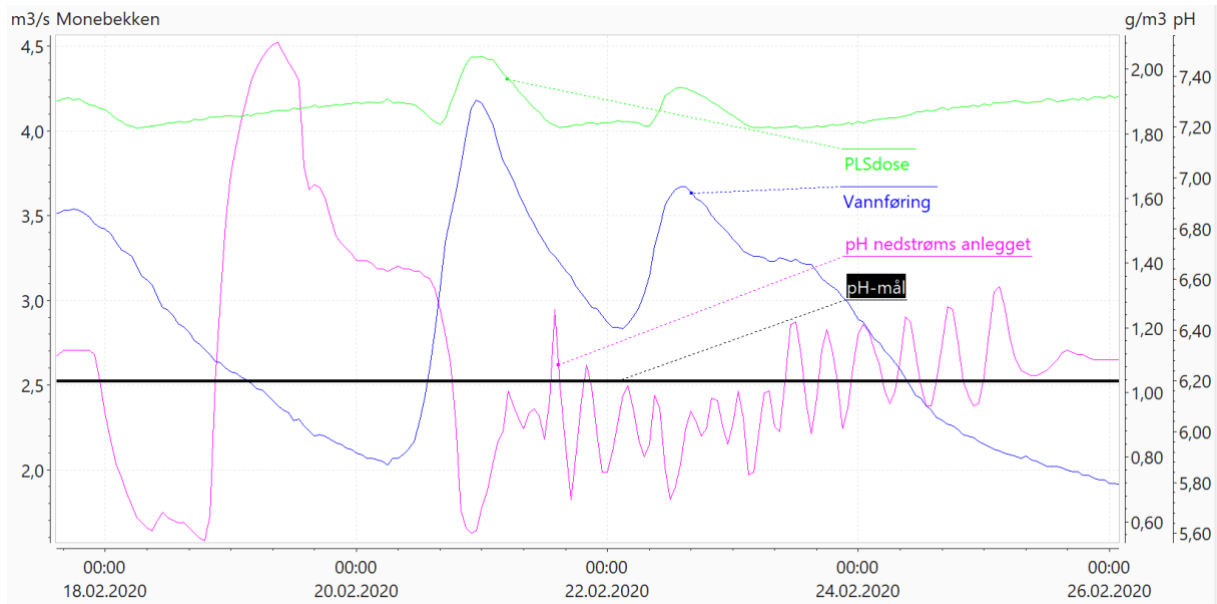
Figur 13. Vannføring, silonivå og pH nedstrøms anlegget rundt 1, mai 2020. Det ble langvarig lav pH som følge av manglende dosering.



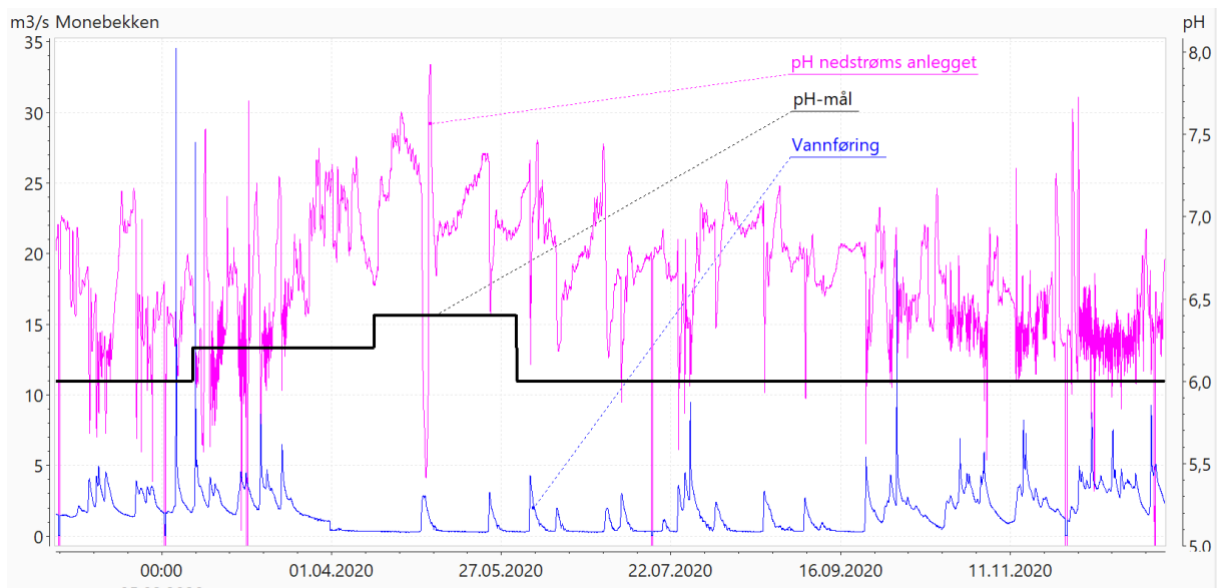
Figur 14. PLS-dose og pH nedstrøms Monebekken doseringsanlegg i sommerhalvåret 2020.



Figur 15. Akkumulert kalkforbruk i Monebekken året 2020.



Figur 16. Vannføring, PLS-dose, pH-mål og pH nedstrøms Monebekken doseringanlegg i februar 2020.



Figur 17. Vannføring, pH-mål og pH nedstrøms monebekken doseringsanlegg i hele 2020.

## 2.6 Søre Herefoss

Søre Herefoss kalkdoseringanlegg er et pH-styrt anlegg. Det vil si at anlegget styres etter vannføring og pH i vannet både oppstrøms og 800 meter nedstrøms dosereren. Kalkdoseringanlegget kan derfor styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget.

pH-mål i lakseførende strekning av Tovdalselva for 2020 var satt til pH 6,0 fra 1. januar til 15. februar, pH 6,2 i perioden 15. februar til og med 14. april, pH 6,4 i perioden 15. april til 1. juni og pH 6,0 resten

av året. Doseringsanlegget styrer etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet for å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Et mål på pH 6,0 er også satt for Herefossfjorden oppstrøms anlegget. Dette er gjort for å sikre mot katastrofal effekt på laks- og sjøaurebestanden i elva dersom det skulle oppstå langvarig svikt i doseringen fra anlegget. pH i utløpet av Herefossfjorden er gjengitt i Figur 4.

### 2.6.1 Kvalitet og kontinuitet av loggete data

Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden unntatt første uke i januar. MikaCom-data er imidlertid tilgjengelig, og da pH-målet var oppnådd i denne perioden, er ikke disse dataene gjengitt her

pH nedstrøms anlegget falt bort fra 26. juni til 6. juli. Vanntemperaturen i elva falt også bort i denne perioden. pH oppstrøms doseringsanlegget måles i en kyvette som er koblet til pumpe som pumper vann fra elva til blandekaret for kalk inne på anlegget. pH kan bare vise riktige verdier dersom vannstrømmen er kontinuerlig gjennom denne kyvetten. Det var to tilfeller med stopp i gjennomstrømmingen. Dette var 5 dager fra 12. februar og 4,5 dager fra 20. desember. I tillegg var det tre korte perioder uten vanngjennomstrømming 19. januar, 9. og 15. desember.

Doseringsdata viser en fast dosering på 10 g/s uavhengig av variasjonen i vannføringen fra 19. mai til 15. juni. Dette gjengir ikke den faktiske variasjonen i doseringen, men er midlete tall, (Sven Arne Ånensen pers. med.)

### 2.6.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Generelt om pH-dataene som danner grunnlag i denne rapporten: pH ved overvåkingsstasjonen på Boen er kvalitetssikret. pH- og temperaturverdier fra doseringsanlegget (oppstrøms og nedstrøms anlegget) er ikke kvalitetssikret.

pH oppstrøms anlegget viste urealistisk høye verdier fra 11. februar til 4. mars. Det var også en periode med urealistisk høye verdier en uke fra 4. mai. Nedstrøms anlegget ble det målt for høye verdier fra 20. januar til 4. mars med økende verdier til urealistisk høyt nivå (pH 6,9).

### 2.6.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

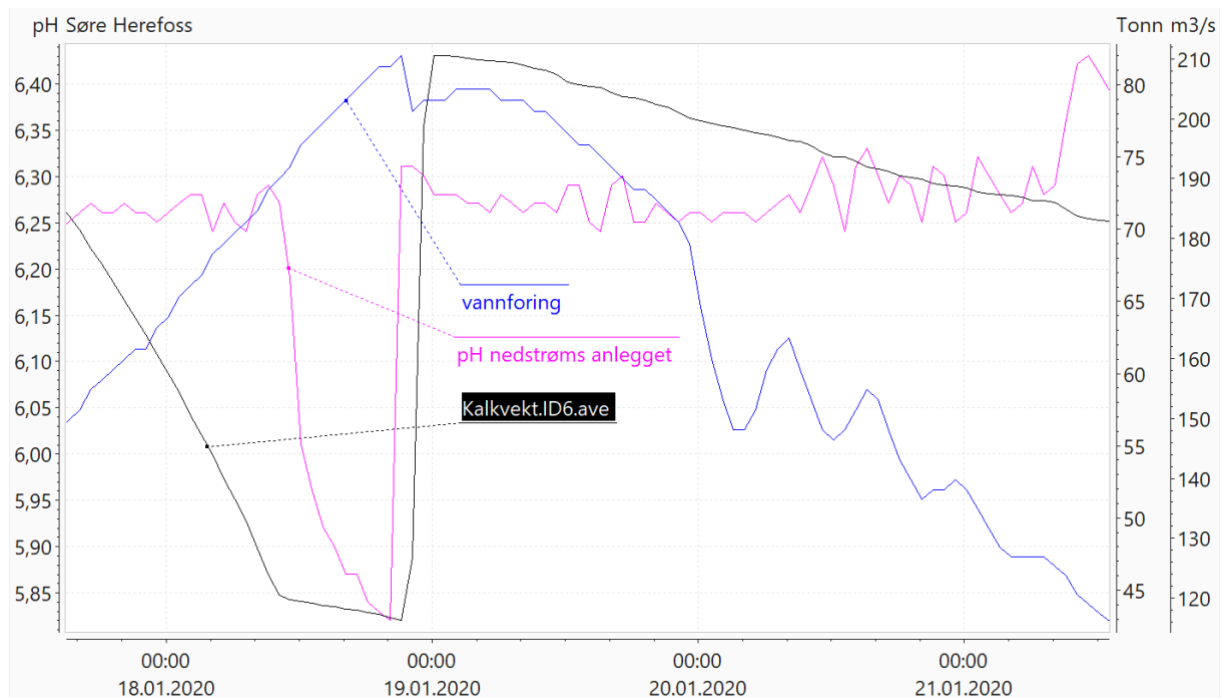
I januar ble det kalket med noe høye pH-krav i forhold til målet på 6,0. pH varierte i da i området 6,2 – 6,4. Den 18. januar oppsto kortvarig stopp i kalkingen. Dette førte til midlertidig reduksjon til pH 5,8 nedstrøms anlegget, (Figur 18). Fra mars til midt i april, med pH-mål 6,2, ble det noe overdosering av kalk slik at pH nedstrøms anlegget økte til i området pH 6,4 – 6,6. Gjennom perioden med høye pH-mål (pH 6,4) fortsatte det høye pH-nivået selv om kalkingen fra anlegget stoppet. Også gjennom sommeren og høsten var pH høy i lakseførende strekning av elva og varierte nedstrøms anlegget fra 6,2 til 6,6. Høy pH om sommeren kan delvis forklares ved at anlegget likevel doserte ca. 24. tonn kalk fra 19. mai til 15. juni. I denne perioden var det ingen flommer og meget høy pH i elva. Dette har sannsynligvis øket sedimenteringen av kalk i elveleiet. Om sommeren var det ikke behov for dosering fra anlegget, og doseringen opphørte derfor i perioden fra 15. juni til 1. oktober, bare avbrutt av en flom (300 m<sup>3</sup>/s) den 29. juli der det ble dosert 8 tonn kalk. Den 20. oktober ble det kalket med 22 tonn i løpet av 15 timer uten at det var spesielt høy vannføring i elva. Dette økte pH nedstrøms anlegget til pH 7,7, (Figur 19). Figur 20 viser akkumulert kalkforbruk i 2020. Det ble kalket med 1287 tonn kalk i løpet av hele året. Figur 21 viser pH i lakseførende strekning av elva (pH-nedstrøms Søre



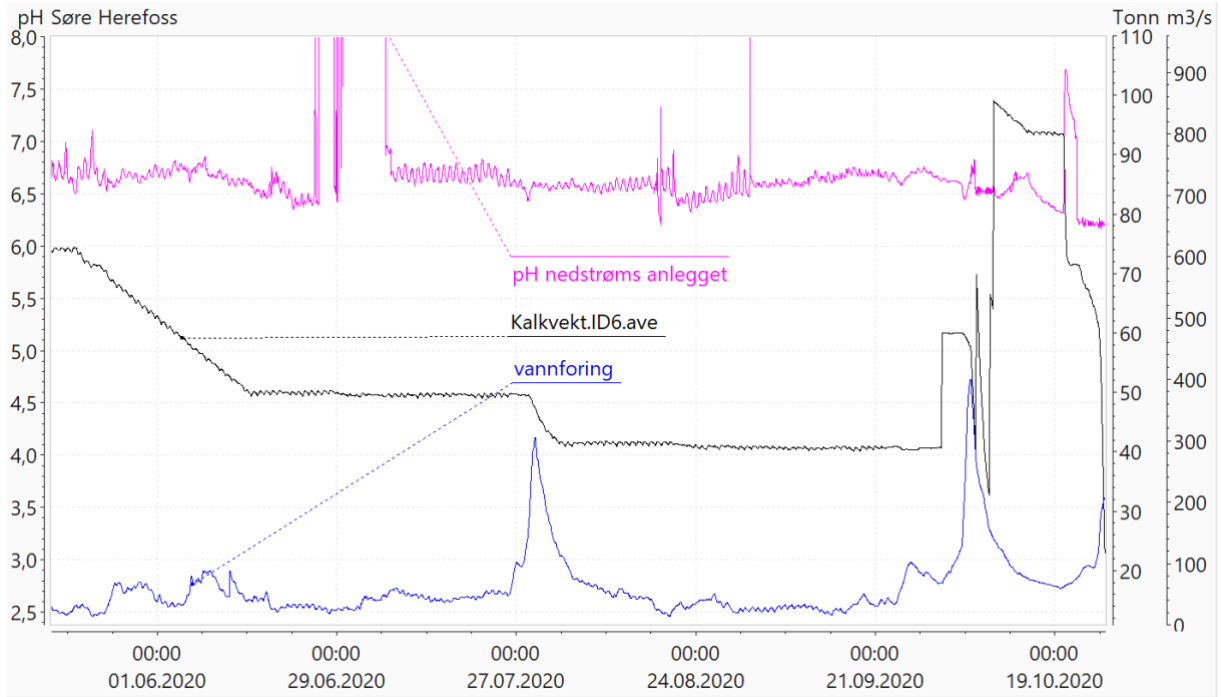
Herefoss og Boen) sammen med vannføring og pH-målene gjennom hele 2020. Foruten episoden den 18. januar (Figur 18) var det kun ett tilfelle der pH ble målt under målet i noen del av lakseførende strekning. Det var bare 4. mars, da overvåkingsstasjonen på Boen målte pH 6,1.

### 2.6.3.1 Temperaturen i ellevannet.

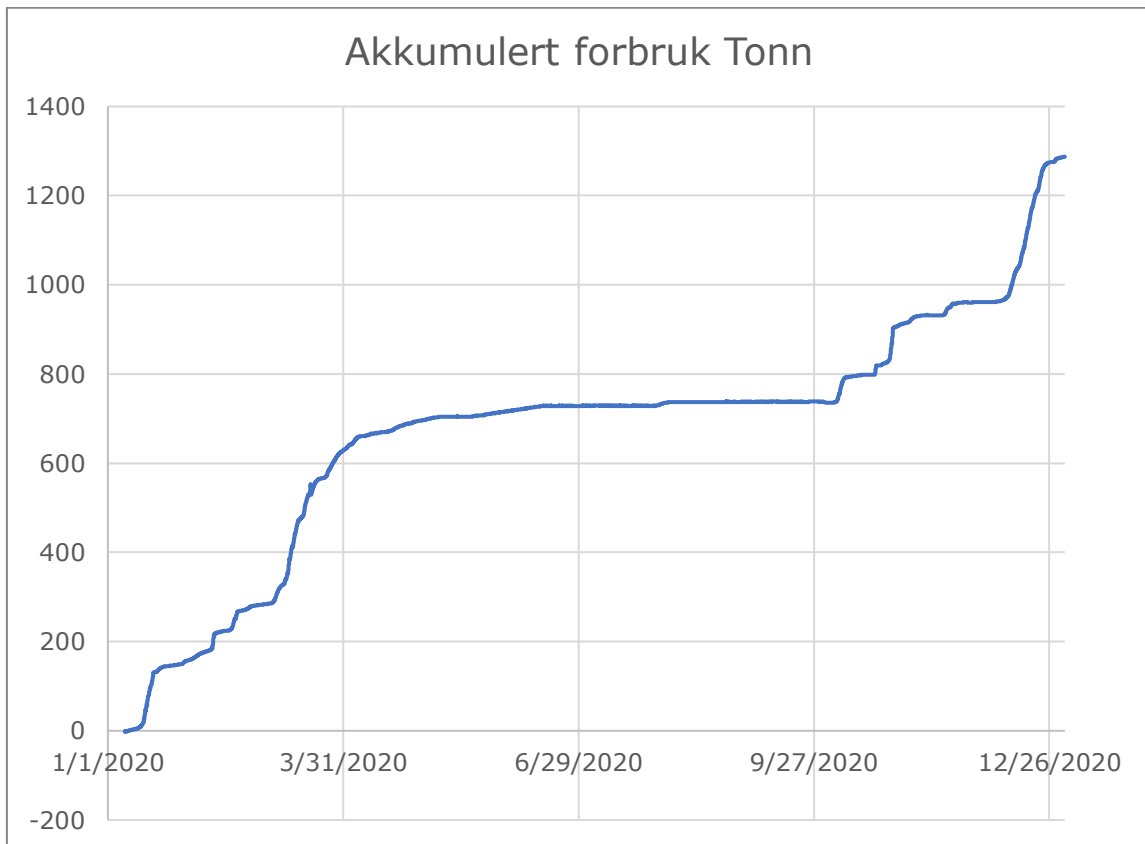
pH nedstrøms anlegget måles med pH-sensoren neddykket i elva. Dette er et kombinert-element som også måler temperaturen. Temperaturen blir derfor målt direkte i ellevannet uten mulighet til å bli påvirket av ytre faktorer. Nøyaktigheten er derfor bare avhengig av sensorens egenskaper og manuelle kalibreringer. Temperaturutviklingen er viktige for biologiske prosesser i elva. Årskurven for temperatur er gjengitt i Figur 22. Det er uvisst hvor nøyaktig denne er.



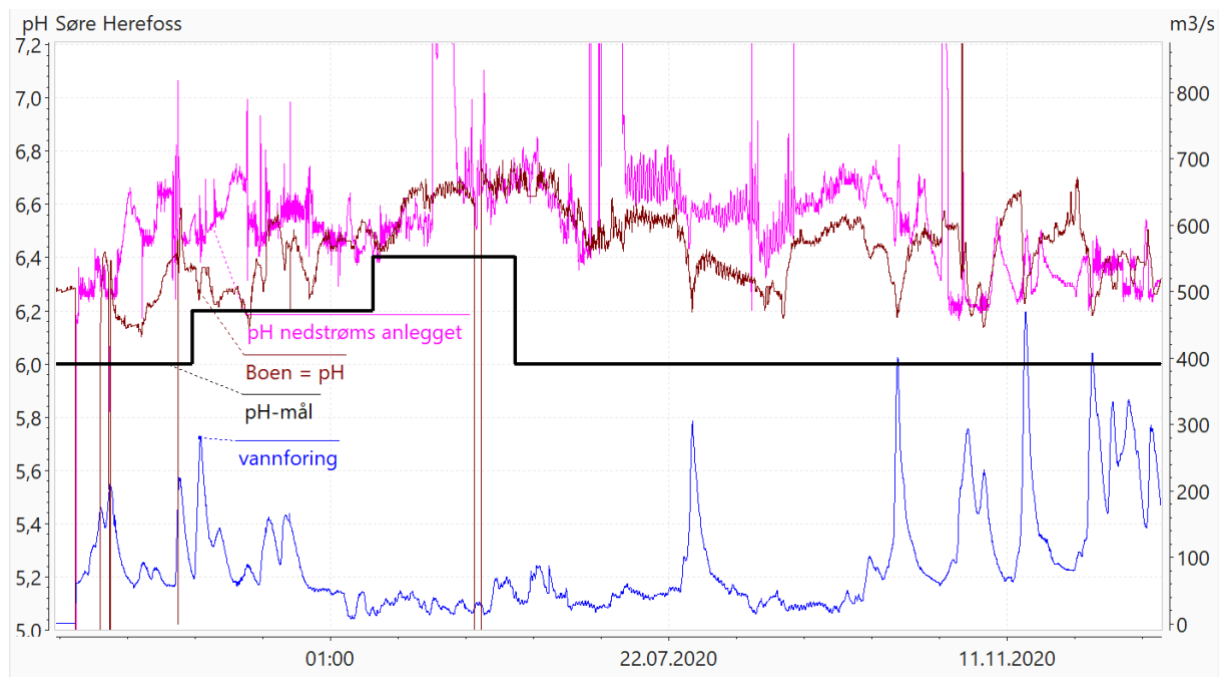
Figur 18. Vannføring, kalkvekt og pH nedstrøms anlegget i januar 2020. Mangelfull dosering medførte for lav pH i elva.



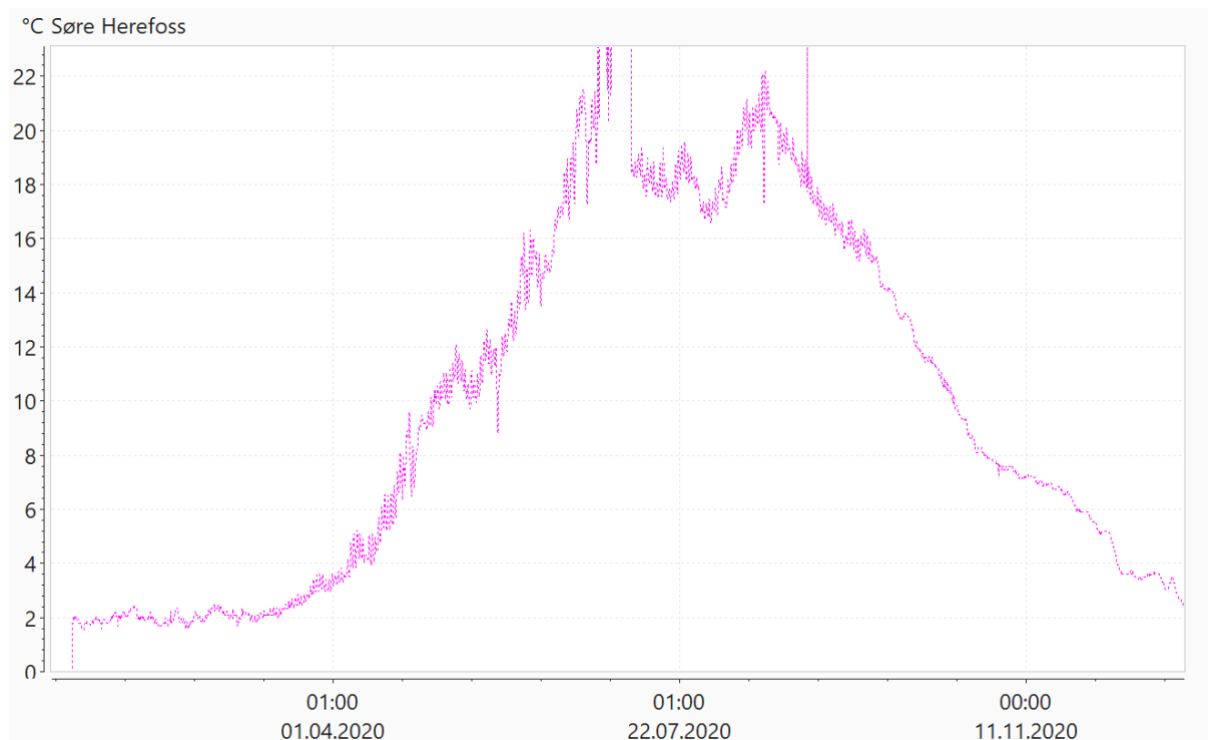
Figur 19. Vannføring, kalkvekt og pH nedstrøms anlegget sommer og høst 2020.



Figur 20. Akkumulert kalkforbruk på Søre Herefoss doseringsanlegg i 2020.



Figur 21. pH på Boen (pH-overvåkingsstasjonen i utløpet av vassdraget) og pH nedstrøms anlegget på Søre Herefoss sammen med pH-målene og vannføringen i 2020.



Figur 22. Vanntemperatur gjennom hele år 2020 nedstrøms Søre Herefoss doseringsanlegg.

## 3 Vurderinger og forslag til tiltak

### 3.1 Bås

#### 3.1.1 pH oppstrøms anlegget som overvåkingsstasjon

Den automatiske pH-stasjonen oppstrøms all kalkdosering i Tovdalselva fungerer som kontinuerlig overvåking av forsursutviklingen i store ukalkete nedbørfelt. Det var ikke tilstrekkelig mange kontrollmålinger til å gjennomføre tilfredsstillende kvalitetssikring av pH-dataene. For å kunne opprettholde en god og sikker drift av kvalitetssikringen, kreves mer tid til dette arbeidet. Midler må i så fall avsettes.

#### 3.1.2 Dosene

Grunnet problemene med driften ved Skåre doseringsanlegg (se kap. 2.3.2), ble det dosert med ekstra høye doser fra Bås vinteren 2020. Dette medførte at pH i Herefossfjorden økte mer enn ønskelig om sommeren.

### 3.2 Skripeland

Vannstandsmåleren er plassert i inntaksbrønnen til anlegget, og denne står i et område som er influert av oppstuvning fra Hanefossmagasinet. Reguleringsregimet ved Hanefosdammen sammen med vannføringsutviklingen i elva påvirker vannstanden. Operatøren har derfor bare beregnet omtrentlig vannføring på grunnlag av vannstanden. Det bør velges et punkt for måling av vannstand som viser denne i forhold til bare vannføringen. Et sikrere punkt er Kolstraumen. Vannstanden der kan måles i Kolstraumsfjorden, men reguleringsregimet i Skripeland kraftverk stuver også i Kolstraumsfjorden slik at et helt nøyaktig punkt ikke er mulig å oppdrive. Vannstandsutviklingen ved Skåre er til sammenligning lagt til vannstanden ved Skripeland i Figur 23. Denne viser til tider ulik vannstandsutvikling i det samme elvesystemet. Imidlertid er Hovlandsåna ved Skåre også påvirket av et reguleringsmagasin som ikke gjør denne sammenligningen direkte.

pH influeres av endrete strømningsforhold når et blir lav vannstand ved anlegget. Da dannes en bakevje som trekker med seg kalk fra utslippspunktet. Dette pumpes så tilbake til blandekaret hvor også pH-målingen foretas. Forholdet skal utbedres ved at inntaket blir lagt lenger ut og dypere slik at vann også kan pumpes ved ekstra lave vannstander og uten at bakevje-effekter oppstår. (Sven Arne Ånensen pers. med.)

### 3.3 Monebekken

#### 3.3.1 Overdoseringen

Det var ikke tilfredsstillende pH-styring på anlegget. Anlegget har et doseringssystem som er dårlig tilpasset lav dosering, noe som fører til stor overdosering av kalk. Det teoretiske kalkingsbehovet er tidligere anslått til å være 1,5 g kalk/m<sup>3</sup> (Høgberget 2014). Dersom denne dosen hadde blitt kalket kontinuerlig, ville avrenningen i 2020 gitt et kalkforbruk på 77 tonn. Det ble kalket nesten dobbelt så mye som dette.

### 3.3.2 pH-styringen

Reaksjonstiden ved kalkbehov er for lite tilpasset tilbakemeldingstiden fra pH- nedstrøms anlegget. Det anbefales at automatikken bygges om og pH nedstrøms anlegget forsøksvis flyttes slik at raskere og riktigere doseringstiltak iverksettes når behovet oppstår. Eksisterende doseringsteknikk og forslag til endringer er mer inngående beskrevet i Høgberget 2020.

## 3.4 Søre Herefoss

### 3.4.1 Kalkkvalitet

Siden anlegget skiftet kalkleveranser av kategori 3 kalk fra VK3 til EY3 i 2018 var det problemer med stabilitet i doseringen. Dette vedvarte utover i året 2019 (Høgberget m.fl. 2020), men har ikke vært noe vedvarende problem senere. Det høye dosekravet som ble satt for å motvirke effekten av gjentakende driftsproblemer på grunn av kalk-klogging ble likevel opprettholdt da kalkkvaliteten ble opplevd som variabel. Dette toppet seg i oktober, da det ble levert kalk som kittet seg sammen til baller da den ble levert (Sven Arne Ånensen pers. med.). Dette var årsaken til at anlegget måtte tømmes for denne kalkleveransen den 20. oktober, og som medførte alt for stor konsentrasjon av uopløst kalksteinsmel i elva (Figur 24,). Det er ikke heldig med for høye kalkdoser, da kalksteinsmel som ikke umiddelbart løses opp, er små partikler av knust stein som kan medføre gjellebetennelse hos fisk. Slike nødvendige operasjoner må forsøkes gjennomført under flom, da dette reduserer partikkelkonsentrasjonen.

### 3.4.2 Kalkdoseringen

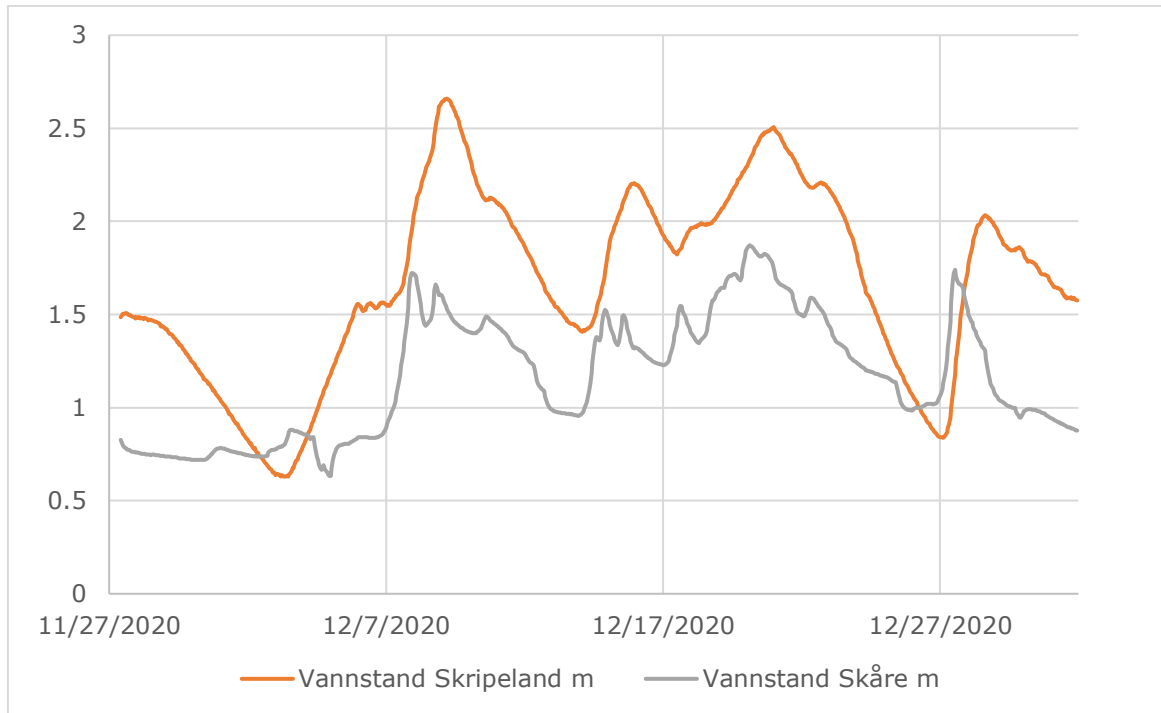
Herefossfjorden hadde høy pH vår og sommer. Mye kalkdosering i slutten av smoltifiseringsperioden medførte ekstra høy pH i elva (pH 6,7). Dette var unødvendig store doser, da pH oppstrøms anlegget var 6,3 i denne perioden.

### 3.4.3 pH-målingene og måloppnåelsen

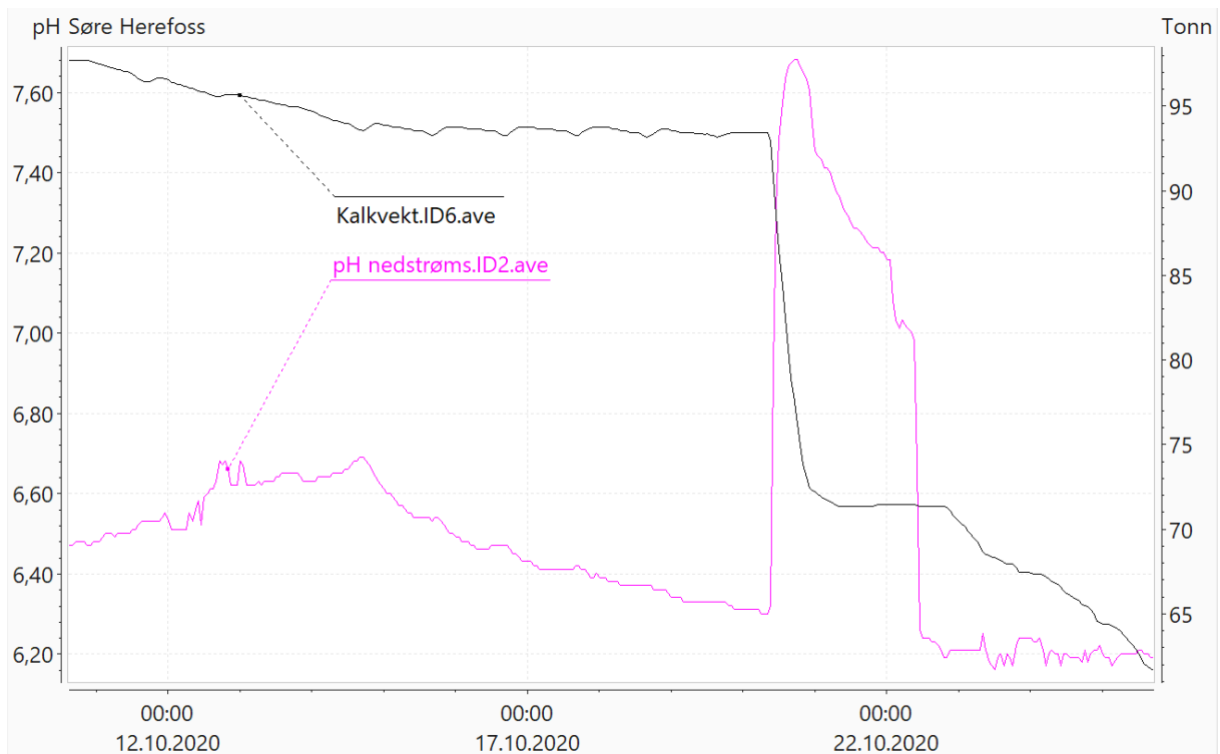
Det var flere problemer med pH-målingene enn normalt på anlegget. Elektroniske forstyrrelser ble angitt som hovedårsak til disse problemene, og jordingsfeil ble etter hvert oppdaget og rettet på av leverandøren, Miljøkalk (Sven Arne Ånensen pers. med.).

Generelt var pH nedstrøms anlegget høyere i 2020 enn vanligvis rapportert tidligere år. Det ble kalket mer enn nødvendig, men på den andre siden ble risikoen for overskridelser av pH-målet redusert.

Situasjonene som oppsto med pH under målet i januar vurderes til ikke å ha påført negative effekter på parr eller smolt. Den totale vurderingen av måloppnåelsen var tilfredsstillende selv om det til tider var unødvendig høy pH.



Figur 23. Relativ vannstands utvikling på Skåre og Skripeland. Kurvene følger ikke alltid hverandre.



Figur 24. Kalkvekt og pH-reaksjon ved tømning av uønsket kalkkvalitet på Søre Herefoss doseringsanelgg.

## 4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. NIVA-rapport L. nr. 2653.

Høgberget, R., 2014. Forsuringstilstanden i Monebekken. Vurdering av kontinuerlige pHdata og vannprøver i forhold til giftighet og kalkingsbehov for fisk. NIVA-rapport 6619.

Høgberget, R., 2016. Kalkingsplan for Uldalsgreina i Tovdalsvassdraget. NIVA rapport 7076

Høgberget, R., 2020. Evaluering av et lite kalkdoseringsanlegg utviklet for kalkdosering etter pH-krav i små elver. Monebekkdosereren. NIVA rapport 7521.

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

Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. NIVA Rapport L.nr. 4276.

Høgberget, R. 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA Rapport L.nr. 4422.

Høgberget, R. 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA Rapport L.nr. 4511.

Høgberget, R. 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2009. NIVA Rapport L.nr. 5956.

Høgberget, R. og Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2010. NIVA Rapport L.nr. 6168.

Høgberget, R. 2012. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2011. NIVA Rapport L.nr. 6369.

Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2012. NIVA Rapport L.nr. 6527.

Høgberget, R. 2014. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2013. NIVA Rapport L.nr. 6694

Høgberget, R. 2015. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2014. NIVA Rapport L.nr. 6844.

Høgberget, R. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2015. NIVA rapport L.nr. 7080.

Høgberget, R. 2017. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2016. NIVA rapport L.nr. 7180.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA Rapport L.nr. 4750.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005a. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA Rapport L.nr. 4990.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005b. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA Rapport L.nr. 5051.

Høgberget, R. Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA Rapport L.nr. 5235.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA Rapport L.nr. 5462.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA Rapport L.nr. 5601.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA Rapport L.nr. 5789.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2018. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2017. NIVA Rapport L.nr. 7280.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2019. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2018. NIVA Rapport L.nr. 7413.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2020. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2019. NIVA Rapport L.nr. 7507.

Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 2004. Effekter av episoder på parr og smoltkvalitet til laks. NIVA Rapport L.nr. 4797.

Lysnes, T. 2019. Rapport kalkdoserer Monebekken. Franzefoss Minerals 2010.



## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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)