

7959-2024

Vurdering av kalkingen i Flekk-Guddalsvassdraget basert på vannkjemidata



Rapport

Løpenummer: 7959-2024

ISBN 978-82-577-7696-1
NIVA-rapport
ISSN 1894-7948

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

Øyvind Kaste
Prosjektleder/
Hovedforfatter

Kari Austnes
Kvalitetssikrer

Hans Fredrik Braaten
Forskningsleder

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

www.niva.no

Norsk institutt for vannforskning

Tittel norsk/engelsk	Sider	Dato
Vurdering av kalkingen i Flekke-Guddalsvassdraget basert på vannkjemidata Assessment of the liming strategy in the Flekke-Guddal river based on water chemistry data	37	07.03.2024

Forfatter(e)	Fagområde	Distribusjon
Øyvind Kaste	Kalking og forsuring	Åpen

Oppdragsgiver(e)	Kontaktperson hos oppdragsgiver
Statsforvalteren i Vestland	Kjell Hegna og Joachim Holmøyvik

Utgitt av NIVA
Prosjektnummer 240030

Sammendrag

Flekk-Guddalsvassdraget har blitt kalket siden 1997 for å bedre vannkvaliteten for laksefisk og andre forsuringfølsomme organismer. Vannkvaliteten på anadrom (lakseførende) strekning er stort sett god, men sure sidevassdrag i nedre del av elva bidrar i perioder til at pH synker under målet for kalkingen. For å forbedre beslutningsgrunnlaget i forhold til videre kalkingsstrategi for vassdraget er det foretatt en analyse av vannkjemidata for perioden 2012-2022. Analysen viser at dagens kalkingsstrategi ikke er tilstrekkelig for å nå de vannkemiske målene som er satt for de nedre delene av vassdraget. Dersom en skal oppnå stabil og god vannkvalitet på anadrom strekning, vil det kreve store investeringer som sannsynligvis vil være vanskelig å forsvare kost/nytte-messig. Gitt at vassdraget befinner seg i ytterkanten av området på Vestlandet som har vært hardest rammet av sur nedbør og at avsetningen av langtransporterte forurensinger er blitt gradvis redusert i løpet av de siste tiårene, er det foreslått å gjøre forsøk med å stoppe kalkingen mot at de vannkemiske og biologiske forholdene overvåkes nøye de nærmeste årene.

Emneord: Vassdrag, forsuring, kalking, vannkvalitet

Keywords: River system, acidification, liming, water quality

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
1 Introduksjon	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Mål med rapporten	7
2 Datagrunnlag	8
2.1 Vannkjemiske data	8
2.2 Meteorologiske og hydrologiske data	9
2.3 Morfometriske data for Hovlandsdalsvatn	9
2.4 Kalkingsdata	9
3 Analyse av kalsiumdata i tid og rom	11
3.1 Bakgrunn	11
3.2 Gjennomsnittlig CaCO_3 -dose basert på årlig avrenning	11
3.3 Målinger av kalsium og pH i vannprøver	14
3.4 Kalsium/pH-forhold på vannkjemistasjonene	19
4 Analyse av flomdynamikk og sure episoder	22
4.1 Bakgrunn	22
4.2 Episoder med lav pH og forhøyet labilt aluminium	22
4.3 Effekter av sjøsaltepisoder	27
4.4 Betydning av organisk stoff	28
4.5 Sammenhenger mellom vannføring og forsuringsepisoder	29
5 Samlet vurdering	34
6 Referanser	37

Forord

For å forbedre beslutningsgrunnlaget med tanke på valg av videre kalkingsstrategi i Flekke-Guddalsvassdraget ønsket Statsforvalteren i Vestland å få gjennomført en analyse av tilgjengelige data som kan beskrive vassdragets funksjon/dynamikk gitt kalkingen som gjennomføres i dag.

NIVA ble forespurt om å lage et løsningsforslag og et tilbud for gjennomføring av en slik analyse. Tilbudet ble sendt til Statsforvalteren 20.12.2023, og det ble akseptert og avtale inngått den 5.1.2024.

Kontaktpersoner hos Statsforvalteren har vært Kjell Hegna og Joachim Holmøyvik.

Grimstad 1. mars 2024

Sammendrag

Flekk-Guddalsvassdraget har siden 1997 blitt kalket ved hjelp av én doserer i hovedelva oppstrøms Hovlandsdalsvatn (ved Tuland) og én doserer i sidevassdraget Espedalselva. Målet med kalkingen har vært å bedre vannkvaliteten for laksefisk og andre forsuringsfølsomme organismer. Vannkvaliteten på anadrom (lakseførende) strekning er stort sett god, men sure sidevassdrag i nedre del av elva bidrar i perioder til at pH synker under målet for kalkingen. For å forbedre beslutningsgrunnlaget for videre kalkingsstrategi for vassdraget er det foretatt en analyse av vannkjemidata for perioden 2012-2022.

Analysene av vannkjemidata for perioden 2012-2022 viser at dagens kalkingsstrategi ikke er tilstrekkelig for å nå de vannkjemiske målene som er satt for den anadrome strekningen. Dette på tross av at målet for kalkingen (pH>6,0 hele året) er mindre ambisiøst enn i de fleste andre laksevassdrag som kalkes i dag. Vassdragets utforming, med relativt store innsjøer langs hovedelva og tallrike sidevassdrag, gjør at det er utfordrende å kalke på en tilfredsstillende måte innenfor forsvarlige økonomiske rammer. Dersom en skal oppnå stabil og god vannkvalitet på anadrom strekning, vil det kreve store investeringer i form av et nytt pH-styrt kalkdoseringsanlegg i hovedelva nedstrøms Hovlandsdalsvatn og helst også et nytt vannføringsstyrt anlegg i Espedalselva. De to eksisterende kalkdoseringsanleggene er av eldre årgang og bør fases ut i nær framtid.

Flekk-Guddalsvassdraget er det nordligste av laksevassdragene som kalkes i dag og befinner seg i ytterkanten av området på Vestlandet som har vært hardest rammet av sur nedbør. I takt med at avsetningen av langtransporterte forurensinger er blitt gradvis redusert i løpet av de siste tiårene, har det vært en generell bedring i vannkvaliteten, med redusert surhet og mindre giftig aluminium. Dette har også resultert i at kalkingsinnsatsen er blitt redusert. Kalkmengdene som ble brukt i 2021 og 2022 var bare rundt en fjerdedel av det årlige forbruket på slutten av 1990-tallet.

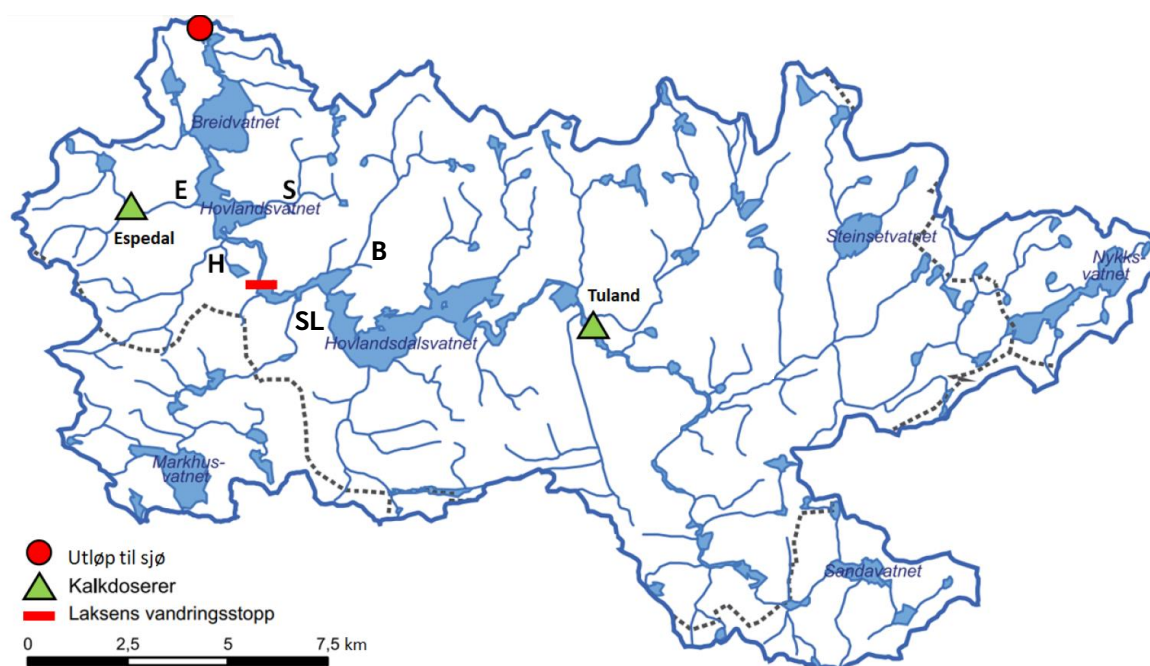
Vannkjemidataene fra den ukalkete delen av hovedelva (oppstrøms Tuland-doserereren) viser at det sjelden måles konsentrasjoner av labilt aluminium (LAL) over 25 µg/l, og også i sidevassdragene ligger LAL-konsentrasjonen vanligvis under 30 µg/l. Dette betyr at skadepotensialet med tanke på laksebestanden i elva er forholdsvis lite, selv om kalkingen skulle opphøre. Analyser av aluminium på gjeller av fisk i 2020 viste også lave nivåer sammenlignet med flere andre vassdrag på Vestlandet.

I og med at dagens kalking har vist seg å være utilstrekkelig for å nå kalkingsmålene, og at en opprusting av kalkingsinnsatsen i form av nye doserere vil kreve store investeringer som sannsynligvis vil være vanskelig å forsvare kost/nytte-messig, kan det være et alternativ å gjøre forsøk med å stoppe kalkingen helt. Risikoen for at det skal oppstå uakseptabelt dårlig vannkvalitet vurderes som relativt liten, men for sikkerhets skyld anbefales det å beholde de eksisterende doseringsanleggene i beredskap for en periode. I tillegg anbefales det at den vannkjemiske og biologiske overvåkingen videreføres de nærmeste årene, og at overvåkingen suppleres med undersøkelser av aluminium på fiskegjeller.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Flekk-Guddalsvassdraget har siden 1997 blitt kalket ved hjelp av to kalkdoserere; én i hovedelva ved Tuland oppstrøms Hovlandsdalsvatnet og én i sidevassdraget Espedalselva (Figur 1). I tråd med kalkingsplanen for vassdraget ble også nedbørfeltet til Hovlandselva terrengkalket med grovdolomitt i 1998 (Hindar m.fl. 1996). Dosen var imidlertid såpass lav at effekten av terrengkalkingen ble karakterisert som ubetydelig allerede ti år etter (Garmo m.fl. 2010; Hindar m.fl. 2012, Hindar m.fl. 2018). Øvre del av anadrom (lakseførende) strekning starter ved Harefossen, ca. 2 km nedstrøms utløpet av Hovlandsdalsvatnet, og strekker seg ca. 8 km ned mot utløpet i sjøen. Vannkvalitetsmålet for lakseførende del av vassdraget er pH 6,0 gjennom hele året (Sægrov m.fl. 2023).



Figur 1. Flekke-Guddalsvassdraget. Kalkdoserere og grense for anadrom strekning er markert. Utvalgte sidevassdrag er markert med bokstaver: Espedalselva (E), Svinevikselva (S), Hovlandselva (H), Slokedalselva (SL) og Bjordalselva (B). Kartet er modifisert fra Lehmann (2022).

Vannkvaliteten på anadrom strekning er stort sett god, men sure sidevassdrag i nedre del av elva bidrar i perioder til at pH synker under målet på 6,0 (Hellen m.fl. 2019, Sægrov m.fl. 2023). Det er flere forhold som gjør det krevende å oppnå stabil og god vannkvalitet på anadrom strekning med dagens kalkingsstrategi. Vassdragets utforming gjør at det er utfordrende å kalke optimalt innenfor forsvarlige økonomiske rammer. De nedre delene av hovedelva består av flere store innsjøer med korte og relativt flate elvetrekninger imellom. Det er dessuten flere større og relativt sure sidevassdrag rett oppstrøms og på anadrom strekning som i perioder kan bidra med betydelige mengder surt vann til hovedelva.

Begge doseringsanleggene i senere år vært kjørt manuelt basert på pulskjøring uten vannføringsstyring. Dette kan fungere relativt greit ved Tuland, da anlegget ligger oppstrøms Hovlandsdalsvatnet som pga. oppholdstiden vil jevne ut effekten av intervallkjøringen. I Espedalselva, som mangler innsjøer i det

lokale nedbørfeltet, er det nåværende doseringsregimet langt mer problematisk, da manglende vannføringsstyring vil gi stor risiko for underdosering av kalk under flommer og overdosering under lavvannsperioder.

Plasseringen av det store doseringsanlegget oppstrøms Hovlandsdalsvatnet er ikke optimalt med tanke på å oppnå stabil vannkvalitet på den anadrome strekningen, da vannføringen ut av innsjøen vil respondere mye langsommere på nedbørepisoder enn de sure sidevassdragene nedstrøms. Det er derfor i praksis ikke mulig å unngå forsuringsepisoder i hovedelva med dagens kalkingsstrategi (Kaste 2023). En ny doserer i utløpet av Hovlandsdalsvatnet ville kunne bedre situasjonen, men denne lokaliteten er heller ikke ideell på grunn av lite fall i elva og dårlige oppløsningsforhold for kalk.

1.2 Mål med rapporten

For å forbedre beslutningsgrunnlaget med tanke på videre kalkingsstrategi i Flekke-Guddalsvassdraget er det (1) foretatt en analyse av kalsiumdata i tid og rom, (2) analysert sammenhenger mellom flodynamikk og forekomst av sure episoder og (3) på basis av dette foretatt en vurdering av dagens kalking og videre tiltaksstrategi for vassdraget.

2 Datagrunnlag

2.1 Vannkjemiske data

Det er benyttet vannkjemiske data fra tiltaksovervåkingen for kalkete laksevassdrag (Miljødirektoratet 2023, Sægrov m.fl. 2023). Dataene ble eksportert fra Miljødirektoratets Vannmiljødatabase (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) for perioden 2012-2022. Tabell 1 gir en oversikt over stasjoner som inngår i datasettet, og karakteristiske data for nedbørfeltene til prøvepunktene er gitt i Tabell 2.

Tabell 1. Stasjoner som inngår i tiltaksovervåkingen for kalkete laksevassdrag (for stasjonsplassering mv., se Sægrov m.fl. 2023). Stasjoner i hovedelva er markert med fete typer.

VannID	St.nr.	Stasjonsnavn	UTM X_32	UTM Y_32	Merknad
082-58877	3	Tuland oppstrøms	315028	6794310	Referanse
082-58876	4	Tuland nedstrøms	312020	6795447	Kalket
082-81554	13	Storelva	308518	6793831	Referanse
082-50557	12	Bjordalen	308284	6796732	Referanse
082-81553	14	Slokedalen	306644	6795653	Referanse
082-58873	7	Harefossen	305849	6796555	Kalket
082-58874	5	Hovland	304443	6797007	Referanse
082-58872	11	Guddal, Svinevikselva	305982	6798254	Referanse
082-58871	9b	Espedal oppstrøms	302550	6798096	Referanse
082-58870	9	Espedal nedstrøms	303809	6798280	Kalket
082-50219	10	Trollefoss	304541	6802416	Kalket

Tabell 2. Nedbørfelt- og avrenningsdata for vannkjemistasjonene i tiltaksovervåkingen. Basert på data fra nevina.nve.no. Avrenning og tilsig er basert på normalperioden 1961-1990.

St.nr.	Stasjonsnavn	Nedbørfelt km ²	Avrenning m/år	Tilsig mill m ³ /år	% av totalt tilsig
3	Tuland oppstrøms	100,0	2,965	297	37,9
4	Tuland nedstrøms	140,0	3,041	426	54,5
13	Storelva	13,0	3,685	48	6,1
12	Bjordalen	10,3	3,252	33	4,3
14	Slokedalen	22,7	2,912	66	8,5
7	Harefossen	219,0	3,044	667	85,3
5	Hovland	8,8	2,981	26	3,4
11	Guddal, Svinevikselva	4,8	3,126	15	1,9
9b	Espedal oppstrøms	7,7	3,076	24	3,0
9	Espedal nedstrøms	9,3	3,009	28	3,6
10	Trollefoss	262,0	2,984	782	100,0

2.2 Meteorologiske og hydrologiske data

For å kunne dokumentere vær- og vannføringsforhold ble det innhentet meteorologiske data fra <https://seklima.met.no/> og hydrologiske data <https://sildre.nve.no/> for følgende stasjoner:

- Meteorologiske data (2012-2022):

- o Stasjon Holmedal Vest (61.359° N, 5.173° Ø): Temperatur, døgnmiddel
- o Stasjon Hovlandsdal (61.232° N, 5.434° Ø): Nedbør, døgnsum

- Hydrologiske data (2012-2022):

- o Stasjon Nautsundvatn (61.253° N, 5.385° Ø): Vannføring, døgnmiddel (Tabell 3)
- o Stasjon Gaula ndf. Eikelandsvatnet (61.334° N, 5.860° Ø): Vanntemperatur, døgnmiddel

Tabell 3. Middelvannføring og årstilsig ved NVEs vannføringsstasjon 82.4.0 Nautsundvatn i perioden 2012-2022, sammenlignet med normalperioden 1961-1990. Data fra sildre.nve.no og nevina.nve.no.

År	Middelvannføring m ³ /s	Årstilsig mill m ³ /år	Normalt tilsig mill m ³ /år	Årstilsig vs. normal
2012	21,7	686	667	1,03
2013	20,8	657	667	0,99
2014	17,7	557	667	0,84
2015	30,0	946	667	1,42
2016	19,9	627	667	0,94
2017	22,6	712	667	1,07
2018	18,2	574	667	0,86
2019	17,1	538	667	0,81
2020	26,3	830	667	1,25
2021	17,0	535	667	0,80
2022	22,4	706	667	1,06

2.3 Morfometriske data for Hovlandsdalsvatn

For å beregne gjennomstrømningshastigheter for vannet i Hovlandsdalsvatnet er det benyttet data basert på dybdekart fra NVEs innsjøbase (<https://temakart.nve.no/link/?link=innsjodatabase>). De viktigste morfometriske dataene er gitt i Tabell 4.

2.4 Kalkingsdata

Opplysninger om kalkforbruk i perioden 2012-2022 ved de to dosererne i vassdraget (**Tabell 5**) er hentet fra årsrapportene for tiltaksovervåkingen for kalkete laksevassdrag (Miljødirektoratet 2023, Sægrov m.fl. 2023). Det er benyttet to ulike kalktyper i den aktuelle perioden: Filterkalk kat. 3 fra Visnes Kalk AS inntil september 2016, og deretter Microdol 5 VK fra OMYA Hustadmarmor AS, avd. Knarrevik (Miljødirektoratet 2015). Den førstnevnte kalken inneholder 39% kalsium og 0,4% magnesium, mens

den sistnevnte inneholder 21,5% kalsium og 12,8% magnesium (alle verdier oppgitt som vekt %). Det betyr at andelen av kalsium i forhold til karbonat er ca. 45% lavere i Microdol 5 VK enn i Filterkalken, noe som er viktig å ta hensyn til i forhold til bruk av kalsium-konsentrasjon i vann som indikator på kalkingseffekt (mer om dette i kapittel 3).

Tabell 4. Hydrologiske og morfometriske data for Hovlandsdalsvatn (innsjø nr. 1641). Basert på dybdekart utarbeidet av NIVA og NVE i 1995 (tilgjengelig via NVEs innsjødatabase) og hydrologiske data fra nevina.nve.no.

Parameter	Enhet	Verdi
Nedbørfelt	km ²	180,7
Avrenning	m/år	3,044
Tilsig	mill. m ³ /år	550
Innsjøareal	km ²	4,2
Middeldyp	m	27
Maksdyp	m	78
Volum	mill m ³	113,4
Teoretisk oppholdstid	måneder	2,47

Tabell 5. Årlig kalkforbruk (omregnet til tonn CaCO₃ ekvivalenter) ved Tuland- og Espedal-dosererne i perioden 2012-2022. Data fra Statsforvalteren i Vestland, publisert i rapportene for tiltaksovervåkingen for kalkete laksevassdrag (Sægrov m.fl. 2023).

År	Tuland tonn/år	Espedal tonn/år	Sum tonn/år
2012	664	57	720
2013	262	37	299
2014	370	57	426
2015	702	55	757
2016	790	51	841
2017	587	63	650
2018	519	34	533
2019	447	13	460
2020	867	40	907
2021	320	30	350
2022	440	25	465

3 Analyse av kalsiumdata i tid og rom

3.1 Bakgrunn

I og med at kalsium er viktig komponent i vassdragskalk, kan konsentrasjonen av kalsium i vannet brukes som en indirekte indikator på kalkingens effekt nedover i et vassdrag. Det er ofte også en god sammenheng mellom kalsiumkonsentrasjon og pH innen et vassdrag, noe som i mange tilfeller gjør det mulig å indirekte regne seg fram til kalkingsbehov for å nå ulike pH-nivåer.

Det er foretatt en gjennomgang av en tidsserie fra 2012 til 2022 for kalsiumkonsentrasjon på stasjoner oppstrøms og nedstrøms kalkdosererne for å identifisere eventuelle trender over tid, samt om det har vært spesielle episoder eller perioder av året hvor kalsiumkonsentrasjonen har vist en tendens til å falle under kritiske nivåer.

En liten utfordring med denne analysen er at det ble byttet kalkingsmiddel i september 2016, til et produkt som inneholdt ca. 45% mindre kalsium per vektenhet (se kapittel 2.4). Dette må hensyntas spesielt når en ser på tidsutvikling i kalsium for hele perioden mellom 2012 og 2022.

3.2 Gjennomsnittlig CaCO₃-dose basert på årlig avrenning

I **Tabell 6** er det beregnet en gjennomsnittlig økning i CaCO₃-konsentrasjon nedstrøms Tuland basert på årlig vanntilsig¹ og kalkforbruk ved Tuland-dosereren. Oversikten viser at det var en lav kalkingseffekt i 2013 og 2014, noe som trolig har sammenheng med at det ble gjort forsøk med å stoppe doseringen fra Tuland om sommeren og tidlig på høsten (Hellen m.fl. 2014, 2015). Det har også vært en betydelig lavere kalkingseffekt i 2021 og 2022 sammenlignet med årene før, men det er ikke kjent om dette er et resultat av en bevisst reduksjon i kalkingsinnsatsen eller om det skyldes andre forhold.

Tabell 6. Gjennomsnittlig økning i CaCO₃-konsentrasjon ved stasjon 4. Tuland nedstrøms, basert på årlig kalkforbruk ved Tuland-dosereren og årlig tilsig skalert fra NVEs vannføringsstasjon 82.4.0 Nautsundvatn. Verdiene er ikke korrigert i forhold til forventet momentanoppløsning av kalken.

	Årlig tilsig mill m ³ /år	Kalkeffekt mg CaCO ₃ /l
2012	438	1,52
2013	420	0,62
2014	356	1,04
2015	604	1,16
2016	400	1,97
2017	455	1,29
2018	366	1,42
2019	344	1,30
2020	530	1,64
2021	342	0,94
2022	451	0,98

¹ Det årlige tilsiget av vann (i mill. m³/år) til de ulike vannkjemistasjonene er skalert fra NVEs vannføringsstasjon 82.4.0 Nautsundvatn ved å korrigere for forskjeller i nedbørfeltareal og spesifikk avrenning.

Det skjer en betydelig fortykning av kalkingeffekten på veien fra Tuland, gjennom Hovlandsdalsvatn og ned til Harefossen (**Tabell 7**). De relative forskjellene mellom år er de samme som i **Tabell 6**, men den gjennomsnittlige økningen i CaCO₃-konsentrasjon ved Harefossen som kan relateres til kalking er om lag 40% lavere enn nedstrøms Tuland. **Tabell 8** viser gjennomsnittlig økning i CaCO₃-konsentrasjon i Espedalselva nedstrøms doseringsanlegget i Espedalen. Det er relativt stor variasjon mellom år, men også her har det vært en nedgang i gjennomsnittlig kalkingseffekt de siste årene. Nivået var spesielt lavt i 2019.

Hovedelva ved Trollefoss er påvirket av kalkingen både fra Tuland-dosereren og Espedal-dosereren (**Tabell 9**). Bidraget fra Espedal-dosereren til den totale kalkeeffekten er imidlertid liten, vanligvis mindre enn 10% og med tendens til minskning i senere år. Den gjennomsnittlige økningen i CaCO₃-konsentrasjonen som kan relateres til kalking avtar med om lag 10% fra Harefossen til Trollefoss. Det betyr at bare om lag 50% av kalkeeffekten fra Tuland-anlegget gjenstår når vannet passerer Trollefoss.

Tabell 7. Gjennomsnittlig økning i konsentrasjoner av CaCO₃ og kalsium (Ca) ved stasjon 7. Harefossen, basert på årlig kalkforbruk ved Tuland-dosereren. Kalsiuminnholdet i kalken har variert mellom år, se fotnote under tabell. Verdiene er ikke korrigert i forhold til forventet momentanoppløsning av kalken.

	Årlig tilsig mill m ³ /år	Kalkeffekt mg CaCO ₃ /l	Kalkeffekt mg Ca/l*
2012	685	0,97	0,39
2013	657	0,40	0,16
2014	557	0,66	0,27
2015	945	0,74	0,30
2016	627	1,26	0,38
2017	712	0,82	0,18
2018	574	0,90	0,19
2019	538	0,83	0,18
2020	830	1,04	0,22
2021	535	0,60	0,13
2022	706	0,62	0,13

* Omregningsfaktor fra CaCO₃ til Ca: **2012-2015:** 0,4, **2017-2022:** 0,215, **2016:** 0,3 (bytte av kalktype i september)

Tabell 8. Gjennomsnittlig økning i CaCO₃-konsentrasjon ved stasjon 9. Espedal nedstrøms, basert på årlig kalkforbruk ved Espedal-dosereren. Verdiene er ikke korrigert i forhold til forventet momentanoppløsning av kalken.

	Årlig tilsig mill m ³ /år	Kalkeffekt mg CaCO ₃ /l
2012	29	1,98
2013	28	1,34
2014	23	2,44
2015	40	1,39
2016	26	1,94
2017	30	2,11
2018	24	1,41
2019	23	0,58
2020	35	1,15
2021	22	1,34
2022	30	0,84

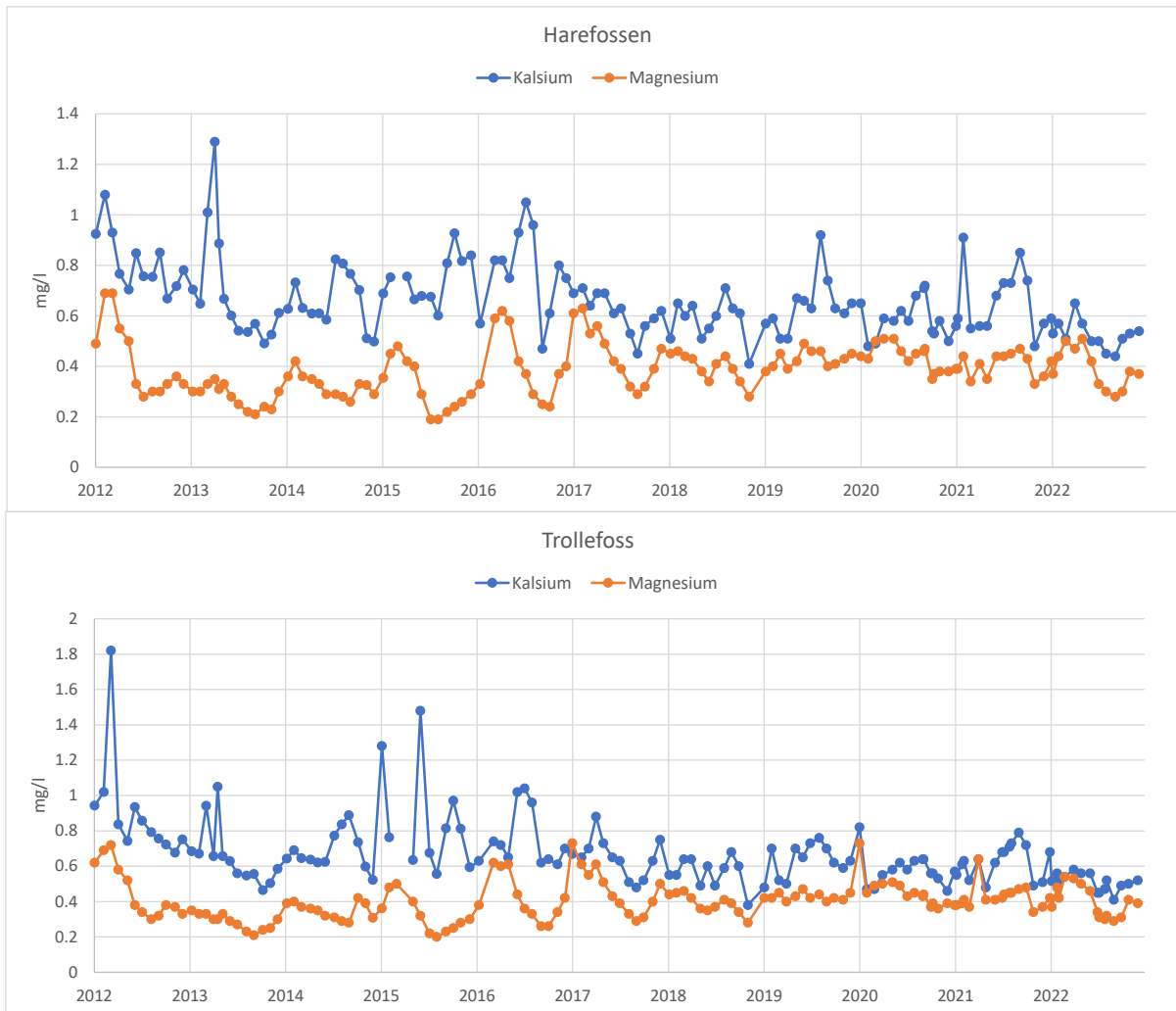
Tabell 9. Gjennomsnittlig økning i CaCO₃-konsentrasjon ved stasjon 10. Trollefoss basert på årlig kalkforbruk ved Tuland-dosereren (midtre kolonne) og Tuland+Espedal-dosererne (høyre kolonne). Verdiene er ikke korrigert i forhold til forventet momentanoppløsning av kalken.

	Årlig tilsig mill m ³ /år	Kalkeffekt fra Tuland mg CaCO ₃ /l	Kalkeffekt fra Tuland+Espedal mg CaCO ₃ /l
2012	804	0,83	0,90
2013	770	0,34	0,39
2014	653	0,57	0,65
2015	1108	0,63	0,68
2016	735	1,07	1,14
2017	835	0,70	0,78
2018	673	0,77	0,79
2019	631	0,71	0,73
2020	973	0,89	0,93
2021	627	0,51	0,56
2022	828	0,53	0,56

3.3 Målinger av kalsium og pH i vannprøver

3.3.1. Endringer i kalsium/magnesium-forhold som kan relateres til kalkingen

Byttet av kalkmiddel fra Filterkalk til Microdol 5 medførte en synlig endring i kalsium/magnesium-forholdet i elva fra 2017 (**Figur 2**). I gjennomsnitt ble tilskuddet av kalsium som kan relateres til kalkingen redusert med ca. 45% etter 2016. For perioden 2017-2022 er det anslått at ca. 0,1-0,2 mg/l Ca målt ved Harefossen kan relateres til kalkingen ved Tuland, mens det var opp mot 0,4 mg/l i perioden 2012-2015 (**Tabell 7**).



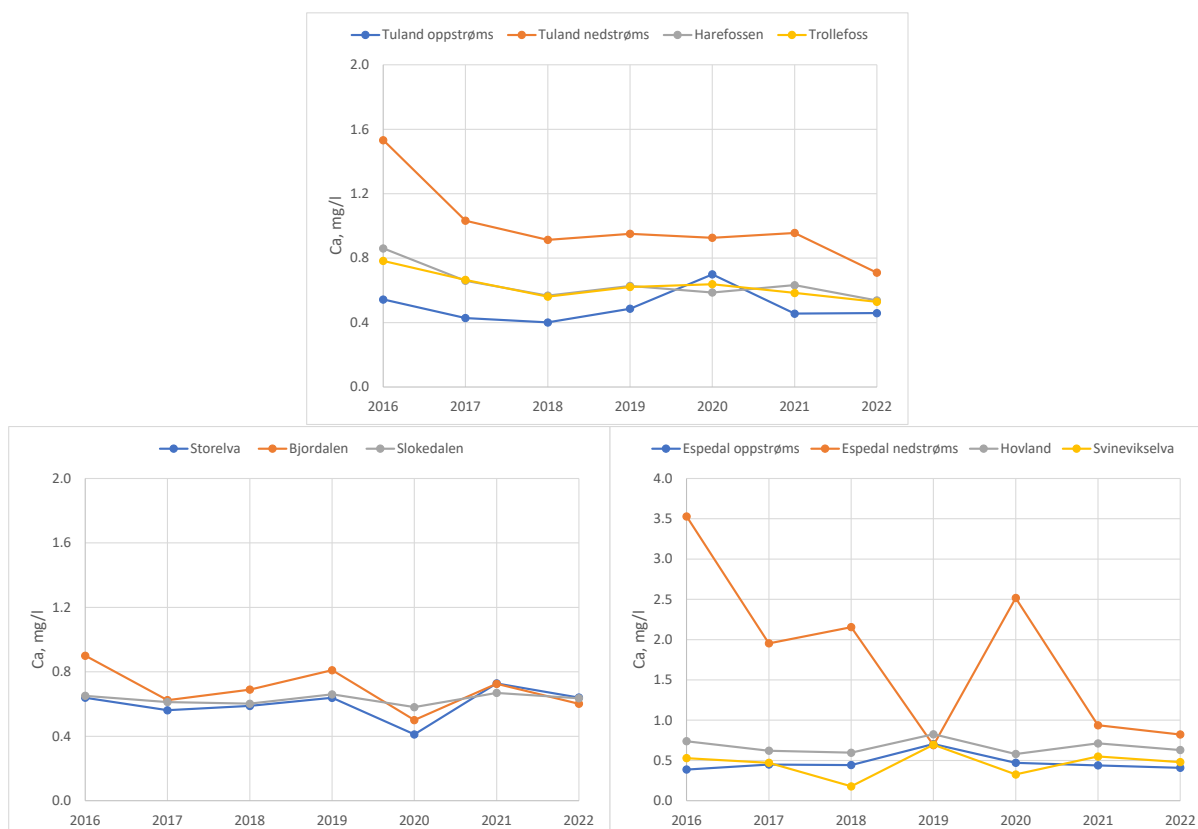
Figur 2. Konsentrasjoner av kalsium og magnesium ved Harefossen og Trollefoss 2012-2022. Data fra tiltaksobservasjonen for kalkete laksevassdrag (Sægvog m.fl. 2023).

3.3.2. Årsmiddelkonsentrasjoner av kalsium 2016-2022

Mens årsmiddelkonsentrasjonen av kalsium har vært relativt konstant på stasjonen oppstrøms Tuland, har det vært en nedadgående trend på stasjonen nedstrøms doseringsanlegget (**Figur 3**). Konsentrasjonen her var spesielt lav i 2022 med kun 0.7 mg/l i årsmiddel. Kalsiumutviklingen nedstrøms Tuland kan settes i direkte sammenheng med lavere kalkingsinnsats de senere årene, jf. **Tabell 6**. Stasjonene på anadrom strekning i hovedelva, ved Harefossen og Trollefoss, viser også en nedadgående tendens i kalsiumkonsentrasjon, men med noe mindre endringer fra år til år (**Figur 3**). Det er forholdsvis liten forskjell i kalsiumkonsentrasjon mellom de to stasjonene på årsbasis, noe som skyldes at sidevassdragene på anadrom strekning ikke har vesentlig lavere kalsiumkonsentrasjon enn hovedelva (**Figur 3**, høyre side, og **Tabell 10**). Den store år-til-år variasjonen i kalsiumkonsentrasjon i Espedalselva nedstrøms kalking viser at dagens kalkingsstrategi (som ikke inkluderer vannføringsstyring) ikke er tilstrekkelig til å gi en stabil vannkvalitet i dette sidevassdraget.

3.3.3. Kalsium og pH i enkeltprøver 2012-2022

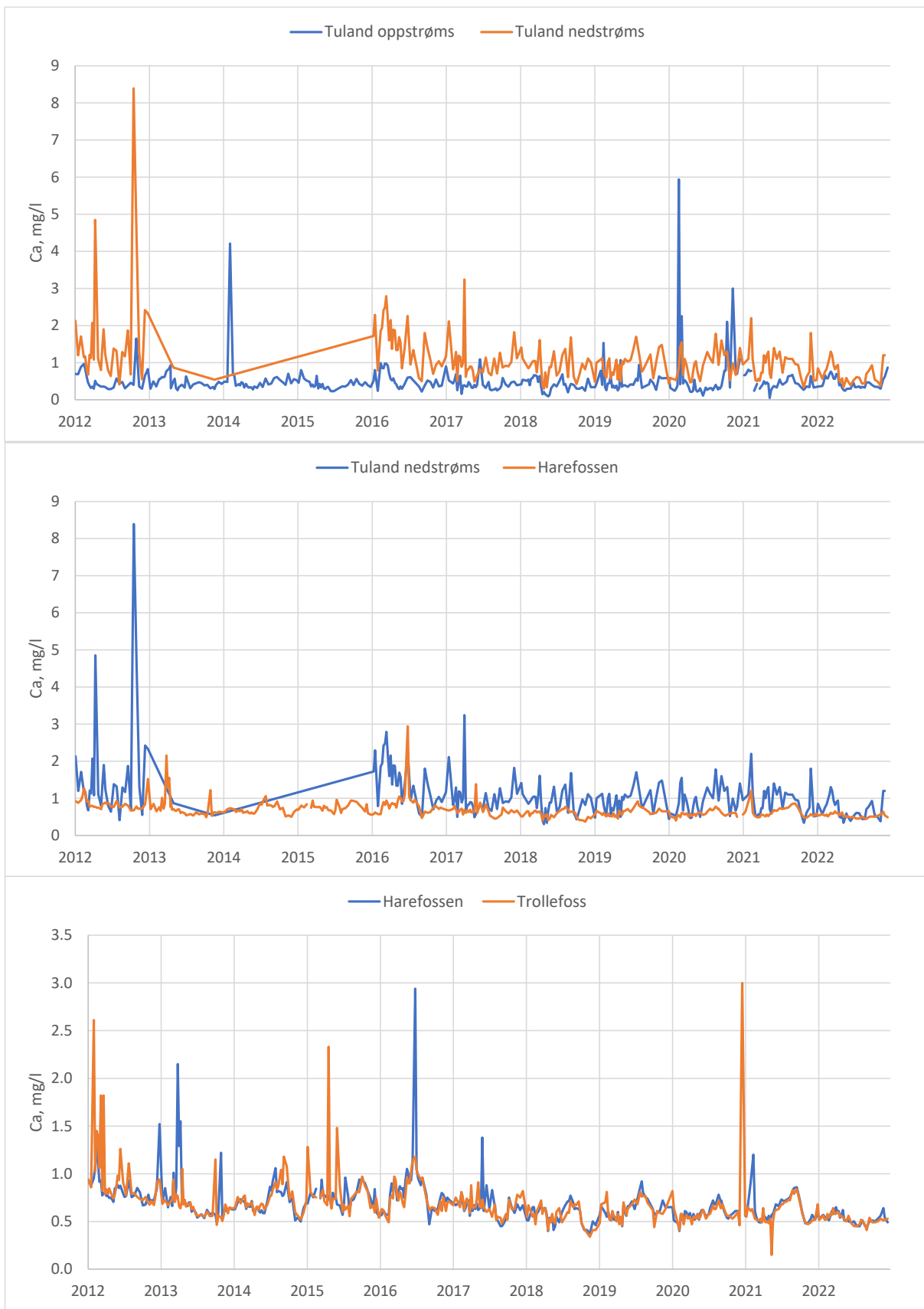
Den reduserte kalkingsinnsatsen ved Tuland-anlegget i 2021 og 2022 vises tydelig på målt kalsiumkonsentrasjon i elva nedstrøms (**Figur 4**). Spesielt i 2022 var det forholdsvis liten forskjell mellom stasjonene oppstrøms og nedstrøms Tuland samt stasjonene videre nedover hovedelva. Det samme gjaldt for pH (**Figur 5**), men her er det verdt å merke seg at surhetsnivået på anadrom strekning (Harefossen og Trollefoss) ikke skilte seg vesentlig fra tidligere år da kalkforbruket ved Tuland-anlegget var vesentlig større. Det kan dels skyldes at forsyningstrykket og kalkingsbehovet gradvis er i ferd med å avta, men det peker også på at dagens kalkingsstrategi hele tiden har vært utilstrekkelig for å avverge sure episoder på anadrom strekning med pH under målet på 6,0. Plasseringen av det store doseringsanlegget oppstrøms Hovlandsdalsvatnet er ikke optimalt med tanke på å oppnå stabil vannkvalitet på den anadrome strekningen. Det kalkete vannet fra Tuland vil, avhengig av temperatursjiktningen i innsjøen, bruke fra uker til måneder på veien gjennom Hovlandsdalsvatn, mens vannføringen i sure sidevassdrag vil respondere på nedbørepisoder i løpet av noen få timer.



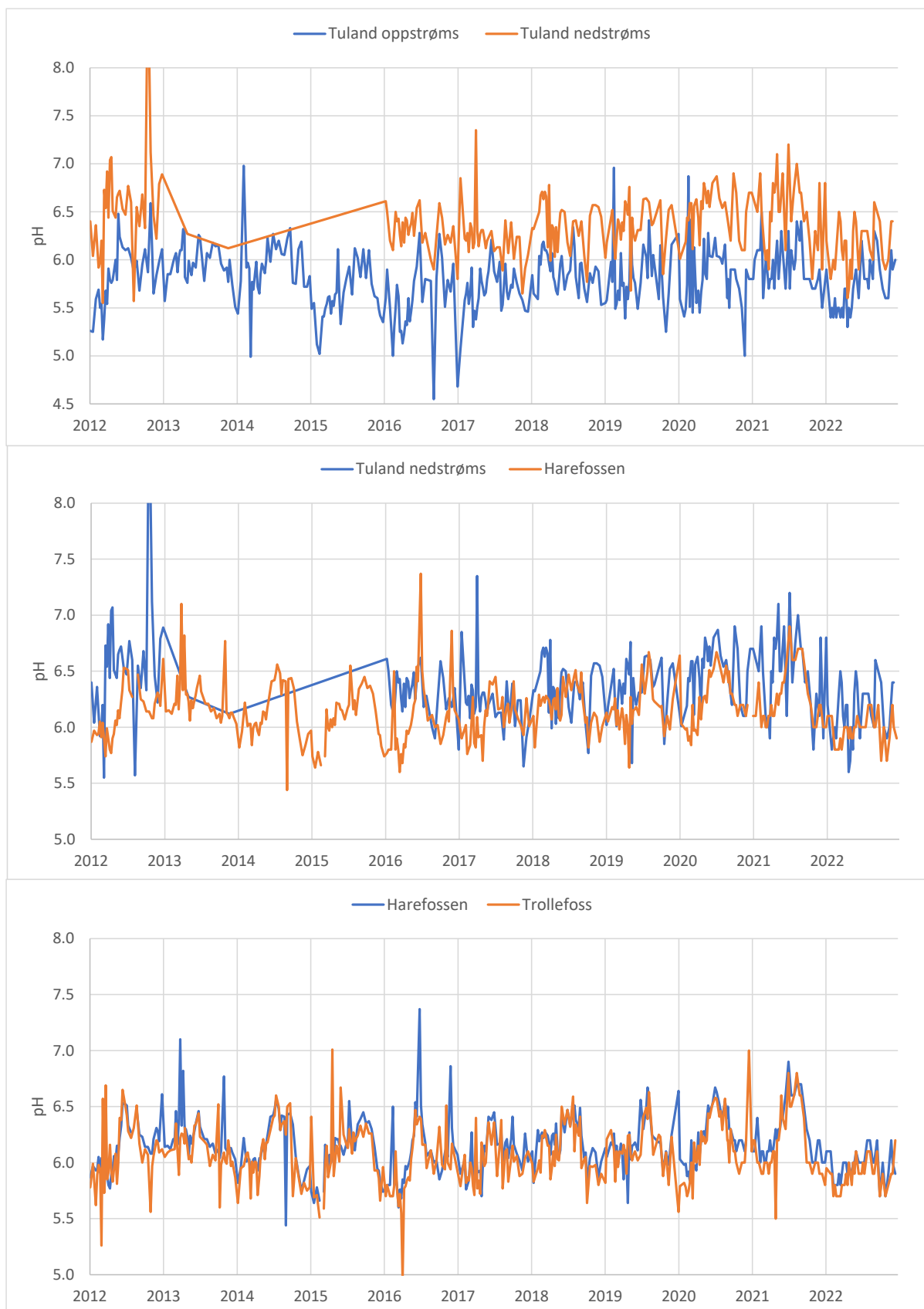
Figur 3. Årsmiddelkonsentrasjoner av kalsium 2016-2022. Panelene til venstre viser stasjoner i hovedelva, mens de til høyre viser stasjoner i sidevassdrag.

Tabell 10. Middelerverdier for kalsiumkonsentrasjon og pH de to siste årene (2021-2022) sammenlignet med 5-årsperioden fra 2016 til 2020. Stasjoner i hovedelva er uthevet med fete typer.

		Kalsium, mg/l		pH	
		2016-2020	2021-2022	2016-2020	2021-2022
3	Tuland oppstrøms	0,51	0,46	5,75	5,83
4	Tuland nedstrøms	1,07	0,83	6,35	6,34
13	Storelva	0,57	0,68	5,59	5,59
12	Bjordalen	0,71	0,66	5,76	5,93
14	Slokedalen	0,62	0,65	5,82	5,95
7	Harefossen	0,66	0,59	6,16	6,12
5	Hovland	0,67	0,67	5,52	5,55
11	Svinevikselva	0,44	0,51	5,58	5,64
9b	Espedal oppstrøms	0,49	0,42	5,51	5,50
9	Espedal nedstrøms	2,17	0,88	6,35	6,05
10	Trollefoss	0,65	0,56	6,07	6,04



Figur 4. Kalsiumkonsentrasjon på stasjoner nedover i hovedelva, 2012-2022. Data fra tiltaksobservasjonen for kalkete laksevassdrag (Sægvog m.fl. 2023).



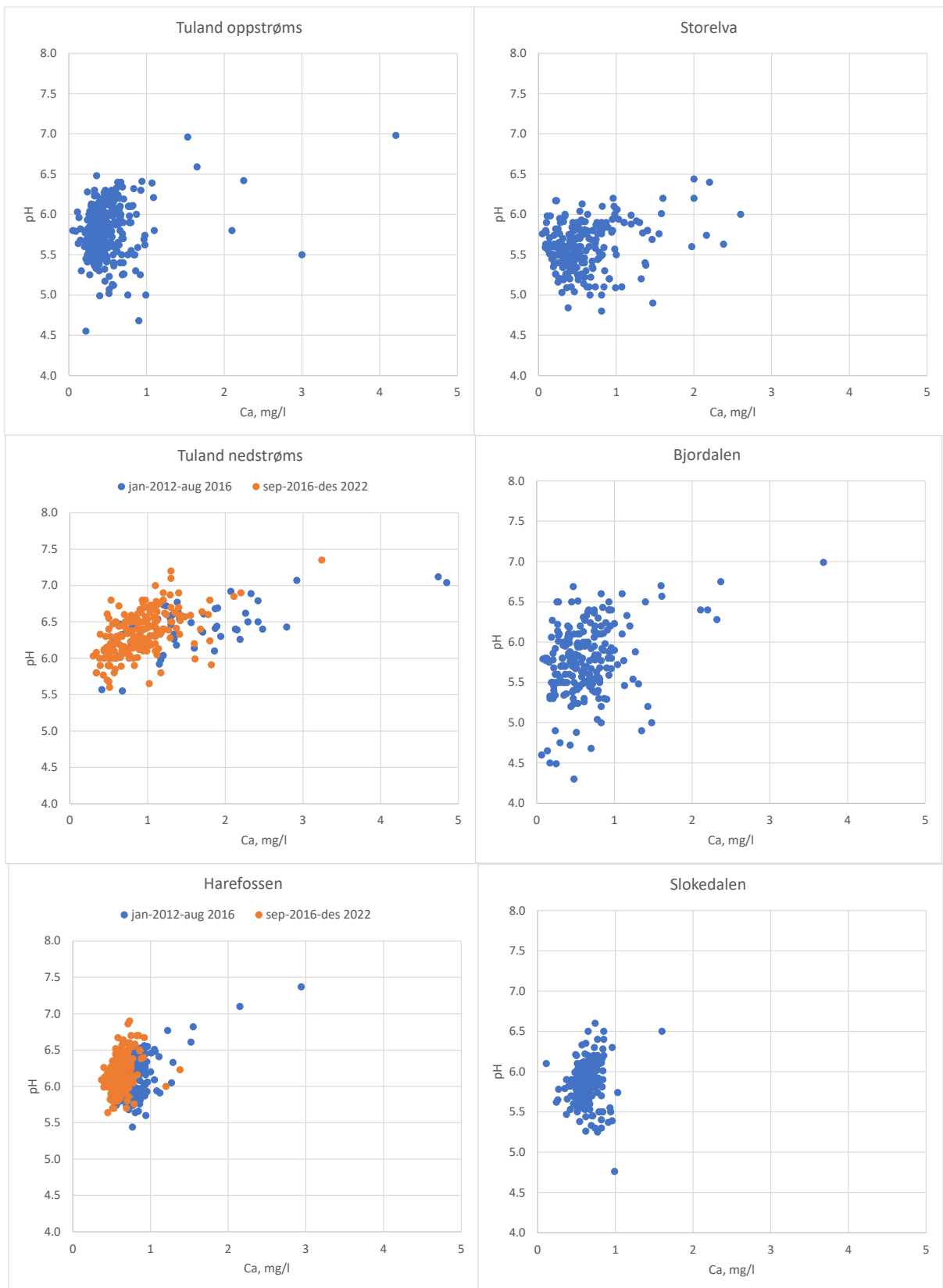
Figur 5. pH på stasjoner nedover i hovedelva, 2012-2022. Data fra tiltaksobservasjonen for kalkete laksevasdrag (Sægrov m.fl. 2023).

3.4 Kalsium/pH-forhold på vannkjemistasjonene

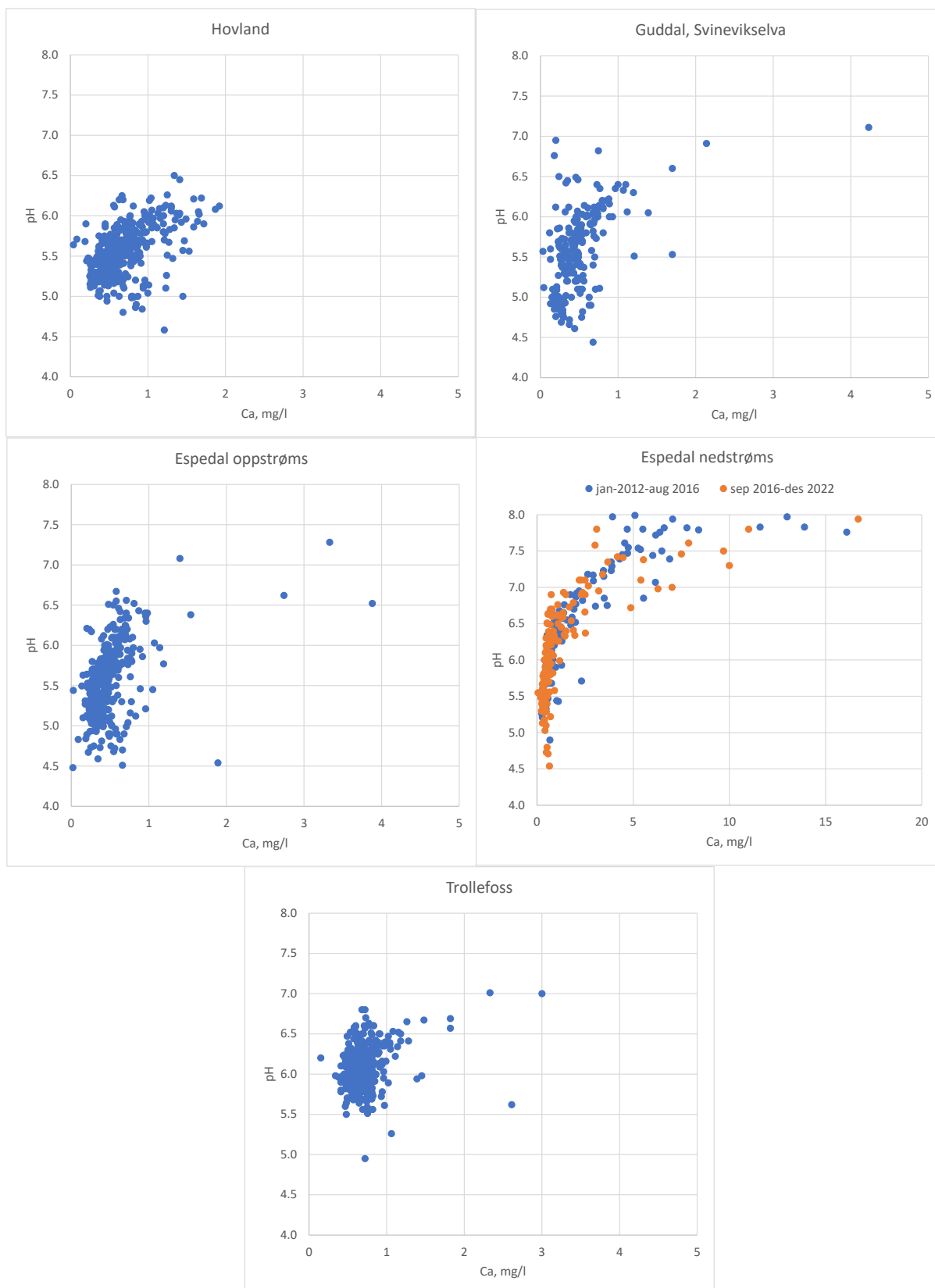
Bortsett fra stasjonene som ligger rett nedstrøms kalkdoseringsanleggene ved Tuland og i Espedalselva er det liten eller ingen sammenheng mellom pH og kalsiumkonsentrasjon basert på data fra 2016 til 2022 (Figur 6 og Figur 7). Den manglende sammenhengen skyldes muligens at både hovedelva og sideelvene gjennomgående har svært lave kalsiumkonsentrasjoner.

I hovedelva oppstrøms Tuland samt i Svinevikselva og Espedalselva oppstrøms kalking ligger hovedtyngden av kalsiummålingene rundt eller i underkant av 0,5 mg/l, mens Storelva, Bjordalselva, Slokedalselva og Hovlandselva har en større andel av kalsiummålingene mellom 0,5 og 1,0 mg/l. På den sistnevnte lokaliteten kan svakt forhøyete kalsiumkonsentrasjoner muligens skyldes en resteffekt av terrengekalkingen som ble gjennomført i 1998 (Hindar m.fl. 2012).

Ved Harefossen og Trollefoss på den anadrome strekningen av hovedelva ligger de aller fleste kalsiummålingene mellom 0,5 og 1,0 mg/l, og heller ikke her er det en påviselig sammenheng mellom kalsium og pH. Verdiene for pH kan variere mellom 5,5 og 6,5 ved samme kalsiumkonsentrasjon, noe som er en indikasjon på at dagens kalkingsinnsats ikke er tilstrekkelig til å kontrollere pH på den anadrome strekningen.



Figur 6. Kalsium/pH-forhold på stasjoner i øvre vassdragsavsnitt, ned til og med Harefossen. Paneler til venstre viser stasjoner i hovedelva (data 2012-2022), paneler til høyre viser stasjoner i sidevassdrag (data 2016-2022). For stasjonene Tuland nedstrøms og Harefossen er dataene splittet mellom periodene jan-2012-aug-2016 og sep-2016-des-2022 pga. bytte av kalkmiddel i sept-2016.



Figur 7. Kalsium/pH-forhold på stasjoner i nedre vassdragsavsnitt, 2012-2022. Paneler øverst og i midten viser sidevassdrag, mens nederste panel viser utløpet av hovedelva ved Trollefoss. For stasjonen Espeland nedstrøms er dataene splittet mellom periodene jan-2012-aug-2016 og sep-2016-des-2022 pga. bytte av kalkmiddel i sept-2016.

4 Analyse av flomdynamikk og sure episoder

4.1 Bakgrunn

Prøvetakingsfrekvensen i tiltaksovervåkingen gir bare begrenset mulighet til å avdekke episodisk forsuring, men gjennom årenes løp er det likevel dokumentert hendelser hvor pH har falt under målet på 6,0. Det er gjort en gjennomgang av noen av disse episodene for å undersøke om det er spesielle fellestrekk med tanke på utløsende faktorer, f.eks. flom, sjøsaltepisoder, eller utilstrekkelig kalking.

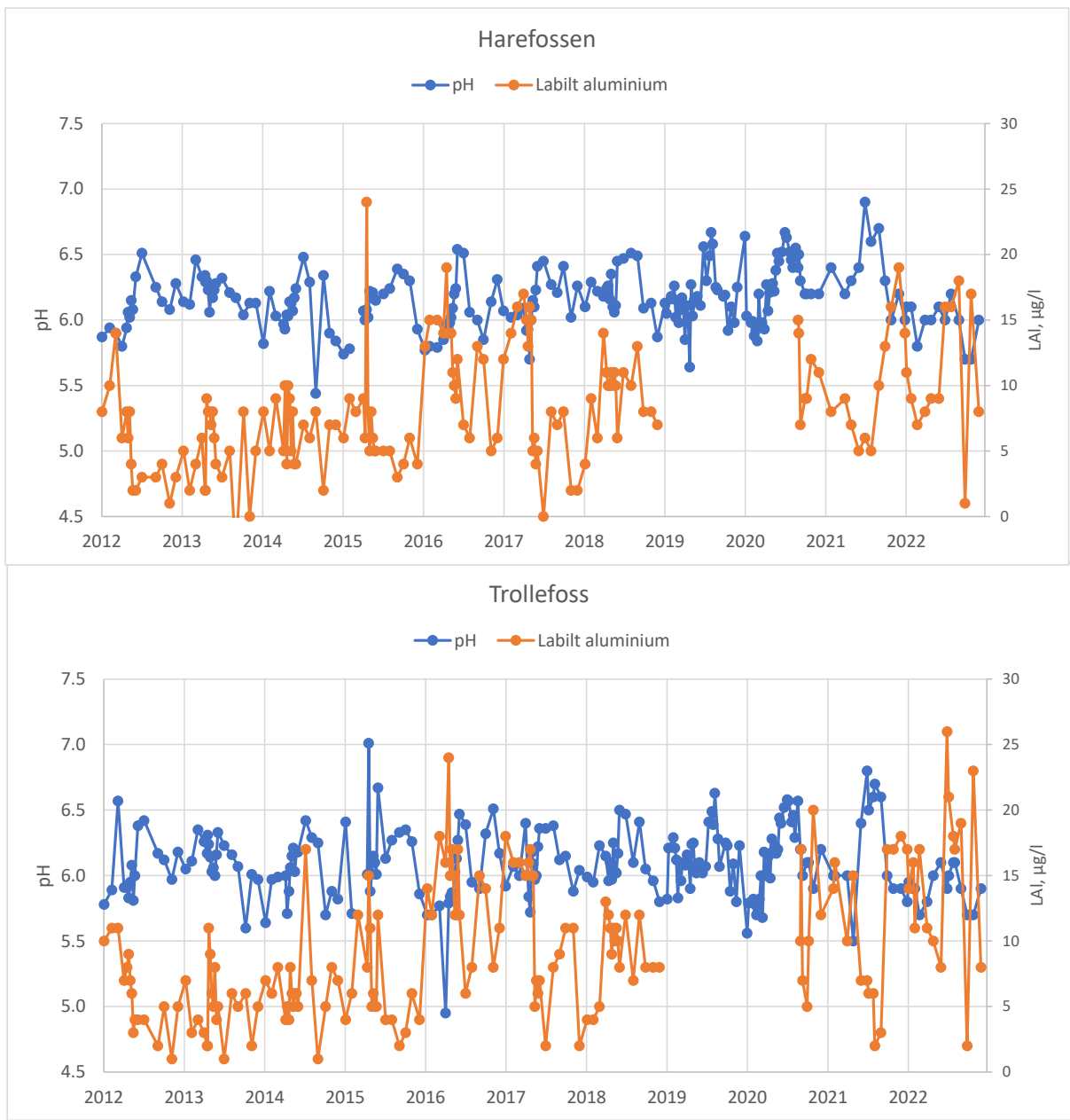
4.2 Episoder med lav pH og forhøyet labilt aluminium

Data for perioden 2012-2022 viser at det ikke er uvanlig med episoder hvor pH på anadrom strekning i hovedelva underskrides kalkingsmålet på 6,0 (Figur 8). Det skjedde i 20% av prøvene fra Harefossen og i 27% av prøvene som ble samlet inn fra Trollefoss i denne perioden (Tabell 11). Andelen prøver med større avvik fra pH-målet (<5,7) er imidlertid lavt, hhv. 1 og 3% ved Harefossen og Trollefoss. Fall i pH i hovedelva har vanligvis sammenheng med sure episoder i sideelvene, men responsen kan variere avhengig av det volummessige blandingsforholdet mellom hovedelv og sidefelt (Figur 9). Antall prøver med pH-verdier som ligger mer enn 0,1 pH-enhet under kalkingsmålet ved Trollefoss varierer mellom år, uten at det ser ut til å være noen spesiell trend over tid (Figur 10). Episodene inntreffer imidlertid helst på vinteren og våren, eller sent på høsten.

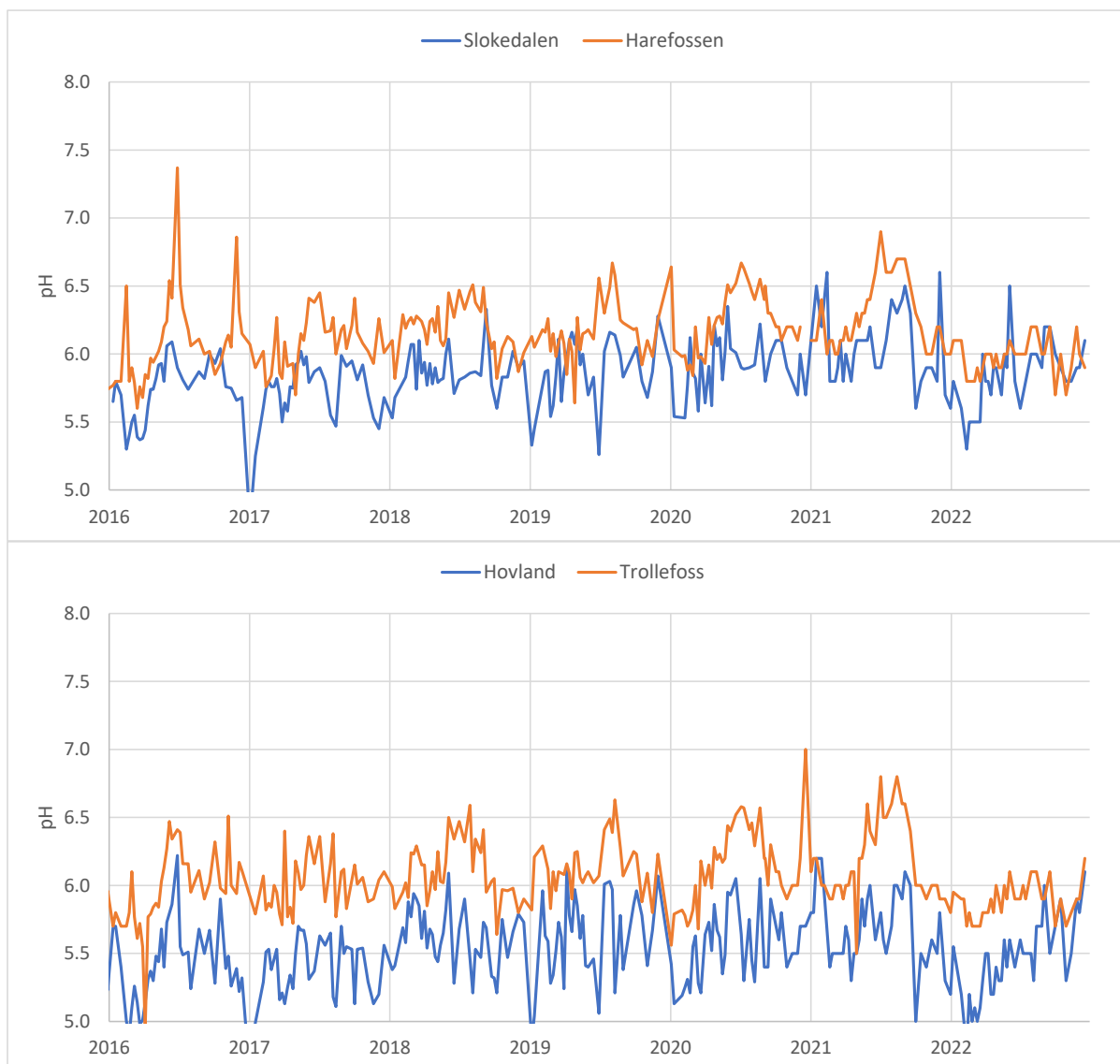
Konsentrasjonene av labilt aluminium (LAL) er vanligvis lave (<10 µg/l) på anadrom strekning, men det er heller ikke uvanlig at nivåene i kortere perioder kan stige til mellom 10 og 20 µg/l (Figur 8). Det ble målt LAL-konsentrasjoner over 10 µg/l i 27% av prøvene fra Harefossen og 38% av prøvene fra Trollefoss i perioden 2012-2022 (Tabell 11). Verdier over 20 µg/l forekommer imidlertid sjelden – det inntraff bare i 1% av prøvene fra Harefossen og i 3% av prøvene fra Trollefoss (Tabell 11).

Datamaterialet viser ingen sterk sammenheng mellom konsentrasjon av labilt aluminium og pH på den anadrome stekningen av hovedelva (Figur 11). LAL-konsentrasjoner >15 µg/l kan inntreffe også om pH-verdien i elva er over 6,0. I ukalkete sideelver er det en noe tydeligere sammenheng mellom LAL og pH, men også her er det et stort spenn i LAL-verdier ved samme pH-nivå (Figur 11). LAL-konsentrasjonen i disse elvene ligger vanligvis under 30 µg/l, men det kan sporadisk inntreffe verdier helt opp mot 80 µg/l.

I den ukalkete delen av hovedelva, oppstrøms Tuland, er det sjelden målt LAL-verdier høyere enn 25 µg/l, selv om pH-verdiene ligger ned mot 5,5. I og med at vannføringen ved denne stasjonen representerer over 50% av det totale tilsiget til hele vassdraget, betyr det at skadepotensialet med tanke på laksebestanden i elva er forholdsvis lite om en skulle redusere kalkingen ytterligere, eller stanse den helt.



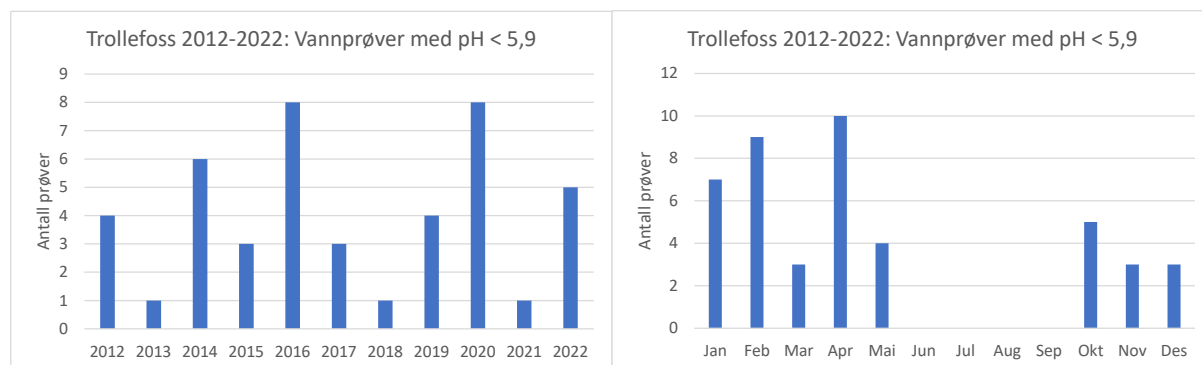
Figur 8. pH og labilt aluminium 2012-2022 ved Harefossen og Trollefoss, hhv. øverst og nederst i den anadrome strekningen av hovedelva. Data fra tiltaksobservasjonen for kalkete laksevassdrag (Sægrøv m.fl. 2023).



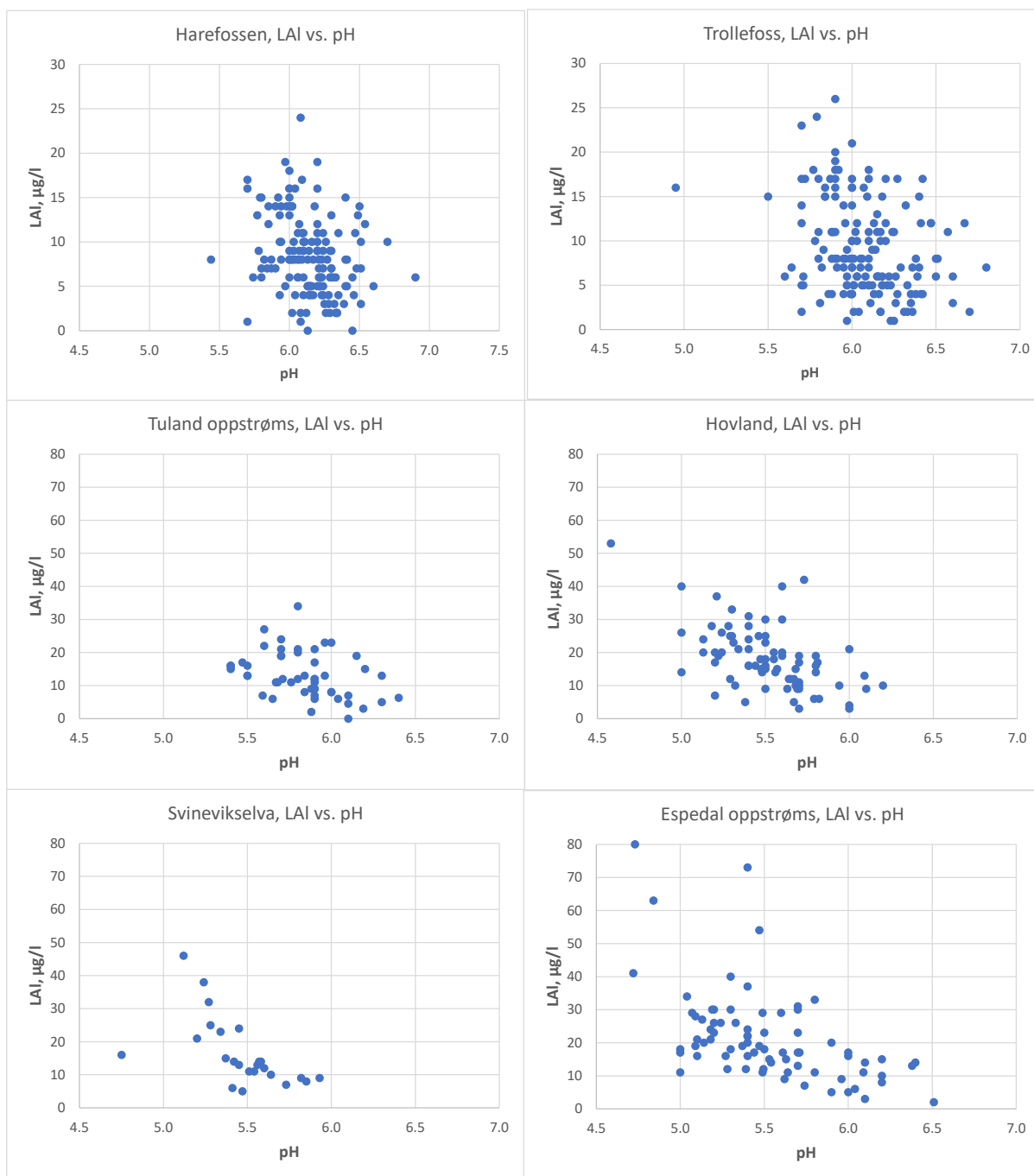
Figur 9. Sammenligning av pH-verdier mellom sidevassdrag og hovedelva, 2016-2022. Øverst: Slokedalsbekken vs. hovedelva ved Harefossen. Nederst: Hovlandsbekken vs. hovedelva ved Trollefoss.

Tabell 11. Andel av vannprøvene fra perioden 2012-2022 som underskred pH-målet på 6,0 og andelen av prøvene som hadde konsentrasjoner av labilt aluminium over hhv. 10 og 20 µg/l.

	Harefossen		Trollefoss	
	Antall prøver	Andel (%)	Antall prøver	Andel (%)
Prøver med pH-data	214		220	
pH < 6,0	42	20	72	33
pH < 5.9	21	10	44	20
pH < 5.8	9	4	22	10
pH < 5.7	2	1	6	3
Prøver med LAl-data	154		160	
LAl >10	41	27	61	38
LAl >20	1	1	4	3



Figur 10. Antall vannprøver fra Trollefoss i perioden 2012-2022 med pH under 5,9. Venstre: Fordeling over år. Høyre: Fordeling på ulike måneder i året.

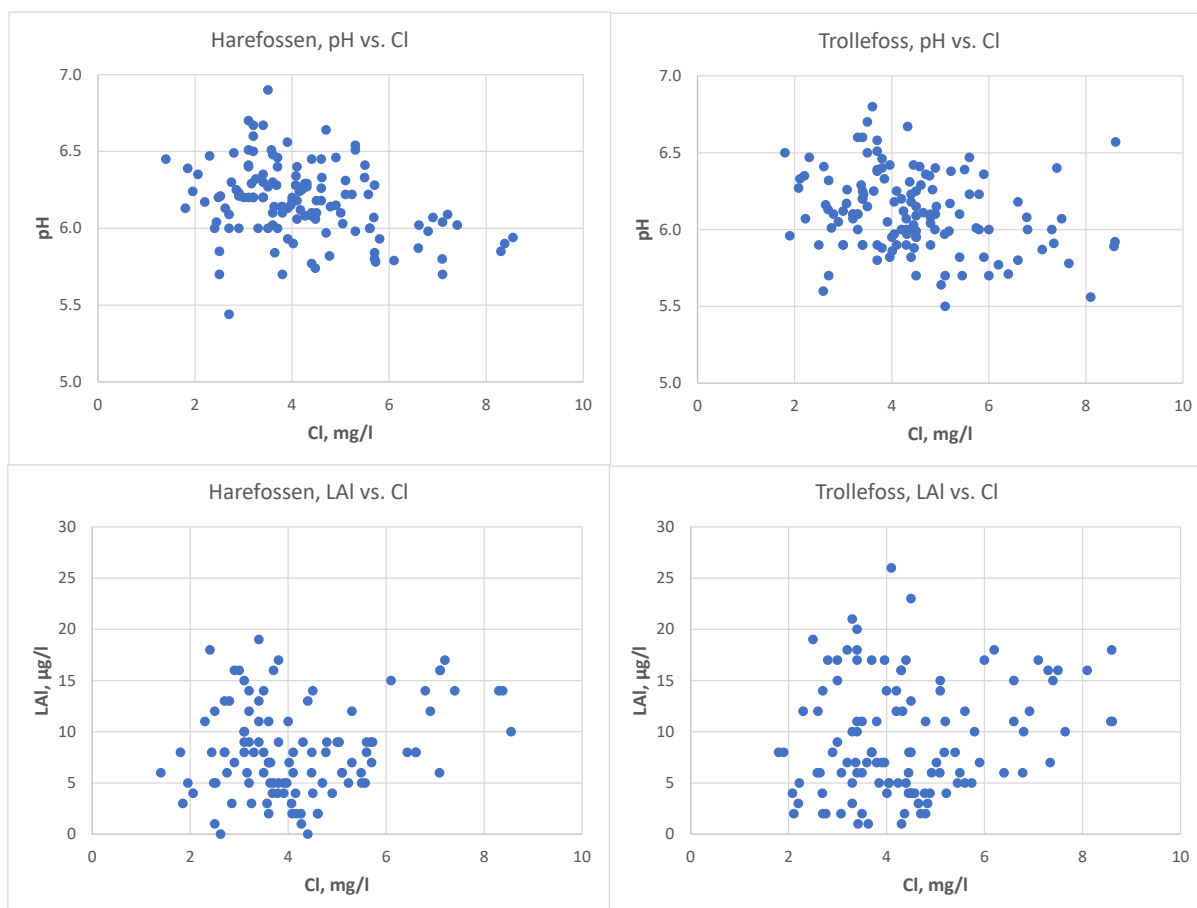


Figur 11. Labilt aluminium vs. pH ved Harefossen og Trollefoss (øverst) og på fire ukalkete stasjoner i hovedelv og sideelver (midten og nederst). Data fra 2012 til 2022.

4.3 Effekter av sjøsaltepisoder

Flekk-Guddalsvassdraget er utsatt for sjøsaltepisoder, både på grunn av nærhet til havet og på grunn av at området er sterkt vindutsatt. Plott av pH og labilt aluminium mot kloridkonsentrasjon ved Harefossen og Trollefoss viser ingen entydig sammenheng mellom sjøsaltepisoder og prøver med pH under 6,0 og LAI over 15 µg/l i hovedelva (**Figur 12**). pH-verdier under 6,0 kan forekomme både ved høye og lave kloridkonsentrasjoner.

Det er mulig at forsureningspotensialet knyttet til sjøsaltepisoder er i ferd med å avta i dette området, i takt med at forurensningsbelastningen relatert til langtransporterte forurensninger har avtatt i løpet av de siste 30 årene (Hindar m.fl. 2018).

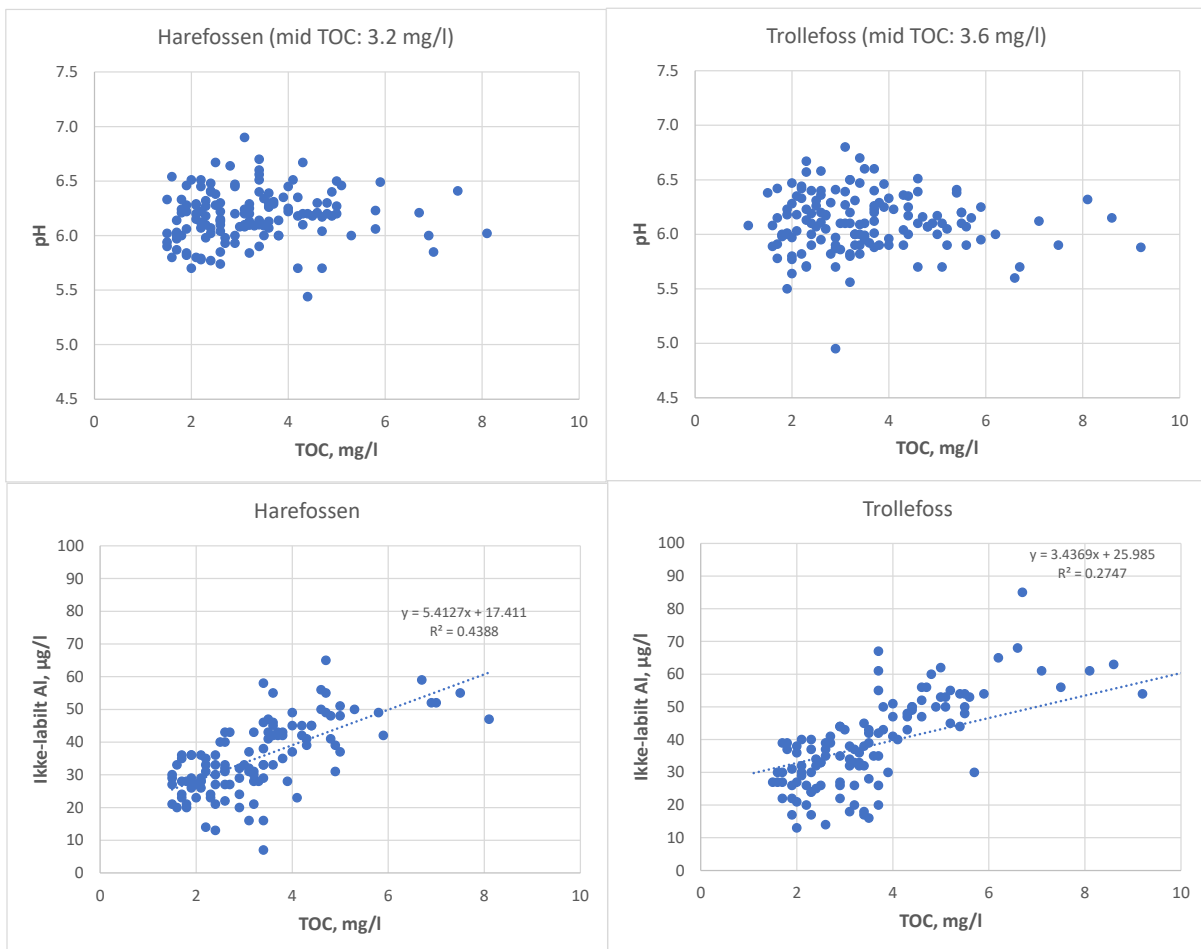


Figur 12. pH vs. klorid (øverst) og labilt aluminium vs. klorid (nederst) ved Harefossen og Trollefoss basert på data fra 2012 til 2022.

4.4 Betydning av organisk stoff

Flekk-Guddalsvassdraget har høyere konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC) enn mange andre Vestlandselver, som typisk er humusfattige med svært klart vann. Middelkonsentrasjonen av TOC ved Harefossen og Trollefoss var på hhv. 3,2 og 3,6 mg/l i perioden 2012-2022, og i enkeltprøver er det registrert konsentrasjoner nærmere 10 mg/l (Figur 13).

Det organiske materialet inneholder svake syrer som kan påvirke pH i vann med lav bufferevne og det kan også påvirke tilstandsformen til løste forbindelser i vann ved at de adsorberes og bindes til det organiske materialet. Datamaterialet fra Harefossen og Trollefoss viser ingen tydelig relasjon mellom pH og TOC-konsentrasjonen i vannet (Figur 13). Heller ikke de høyeste TOC-konsentrasjonene (>5 mg/l) så ut til å påvirke pH i nevneverdig grad. Som ventet, var det en forholdsvis god sammenheng mellom TOC og konsentrasjonen av ikke-labilt aluminium. Aluminium som er bundet til organisk materiale mangler ladning og fester seg ikke til fiskegjeller slik som uorganisk labilt aluminium. Slik sett vil den forhøyede TOC-konsentrasjonen i Flekke-Guddalsvassdraget kunne bidra til at en forholdsvis stor andel av det reaktive aluminiumet i elva foreligger på en form som er ikke er skadelig for fisk.

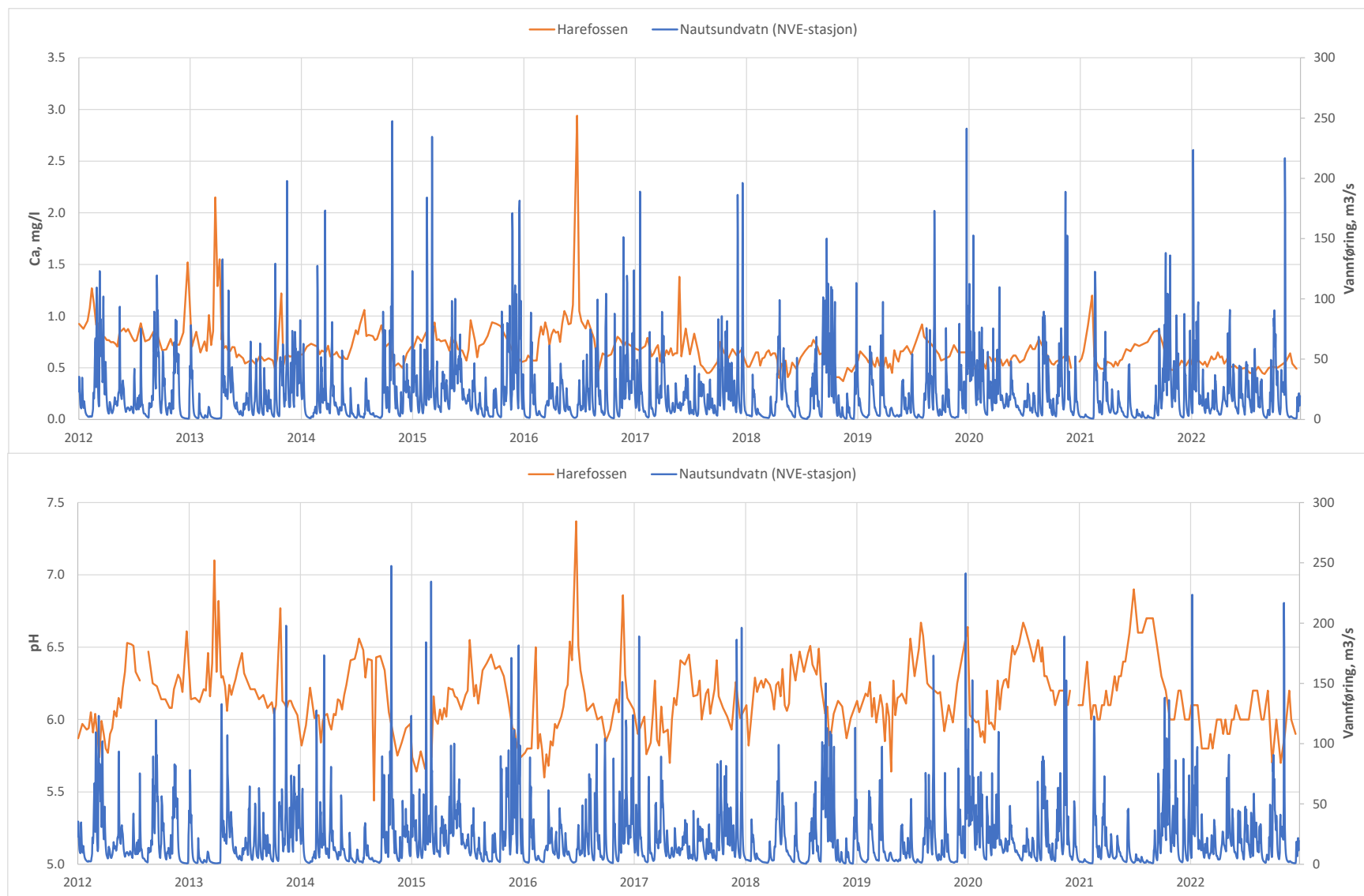


Figur 13. Plott av pH vs. TOC (øverst) og ikke-labilt aluminium vs. TOC (nederst) ved Harefossen (paneler til venstre) og Trollefoss (paneler til høyre). Data fra 2012 til 2022.

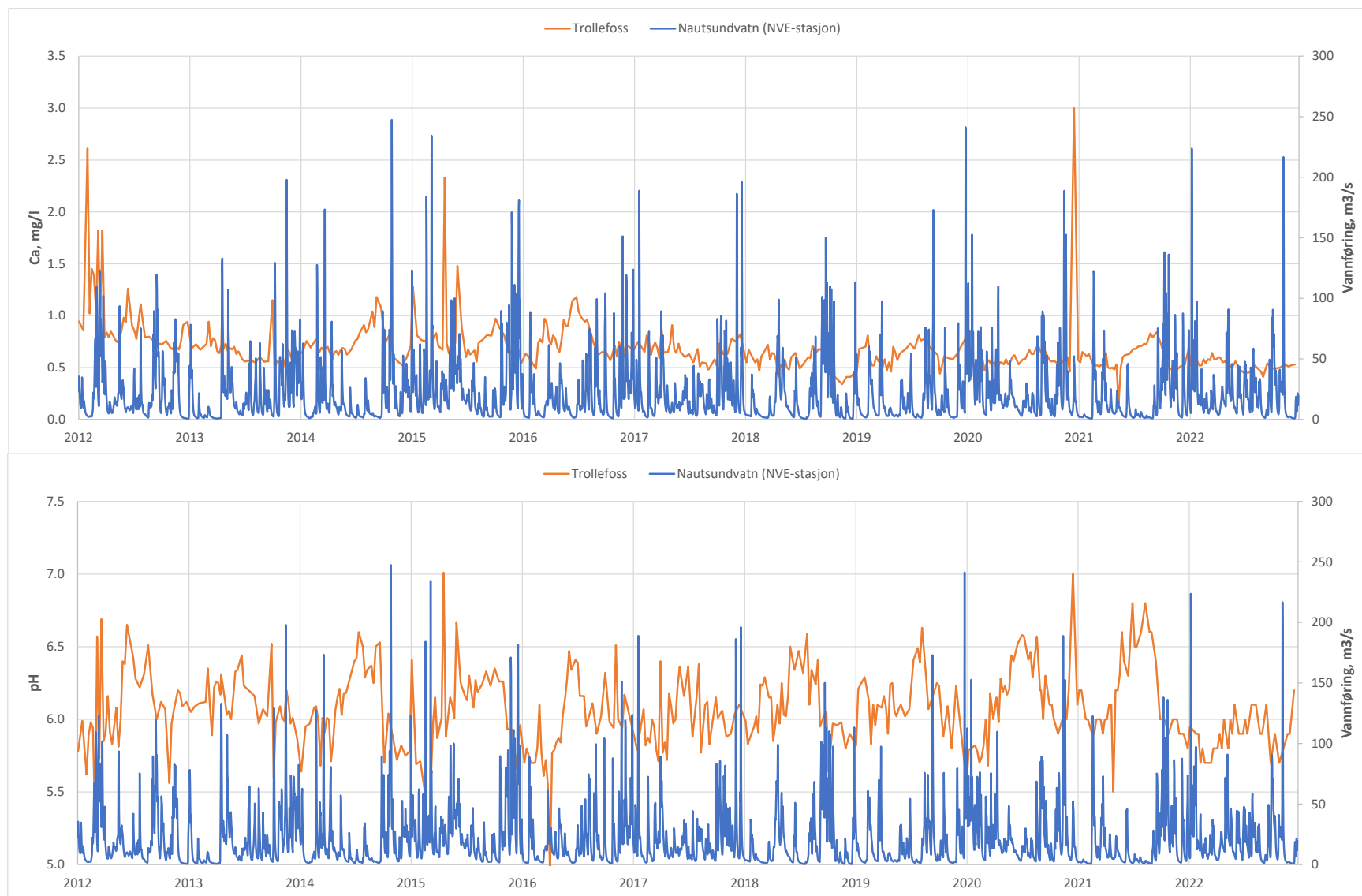
4.5 Sammenhenger mellom vannføring og forsureningsepisoder

Det er åpenbart at dynamikken mellom vannføring i hovedelva og vannføring i sidevassdragene har stor betydning for vannkvaliteten i hovedelva. De relativt store innsjøene langs hovedelva gjør at vannføringen på anadrom strekning blir mye mer dempet enn sideelvene som responderer mye raskere på nedbør og som derfor i perioder kan bidra med store mengder surt vann til hovedelva. Figur 14 viser tidsutvikling for kalsiumkonsentrasjon og pH ved Harefossen plottet sammen med vannføring i hovedelva. Figur 15 viser tilsvarende data for stasjonen ved Trollefoss.

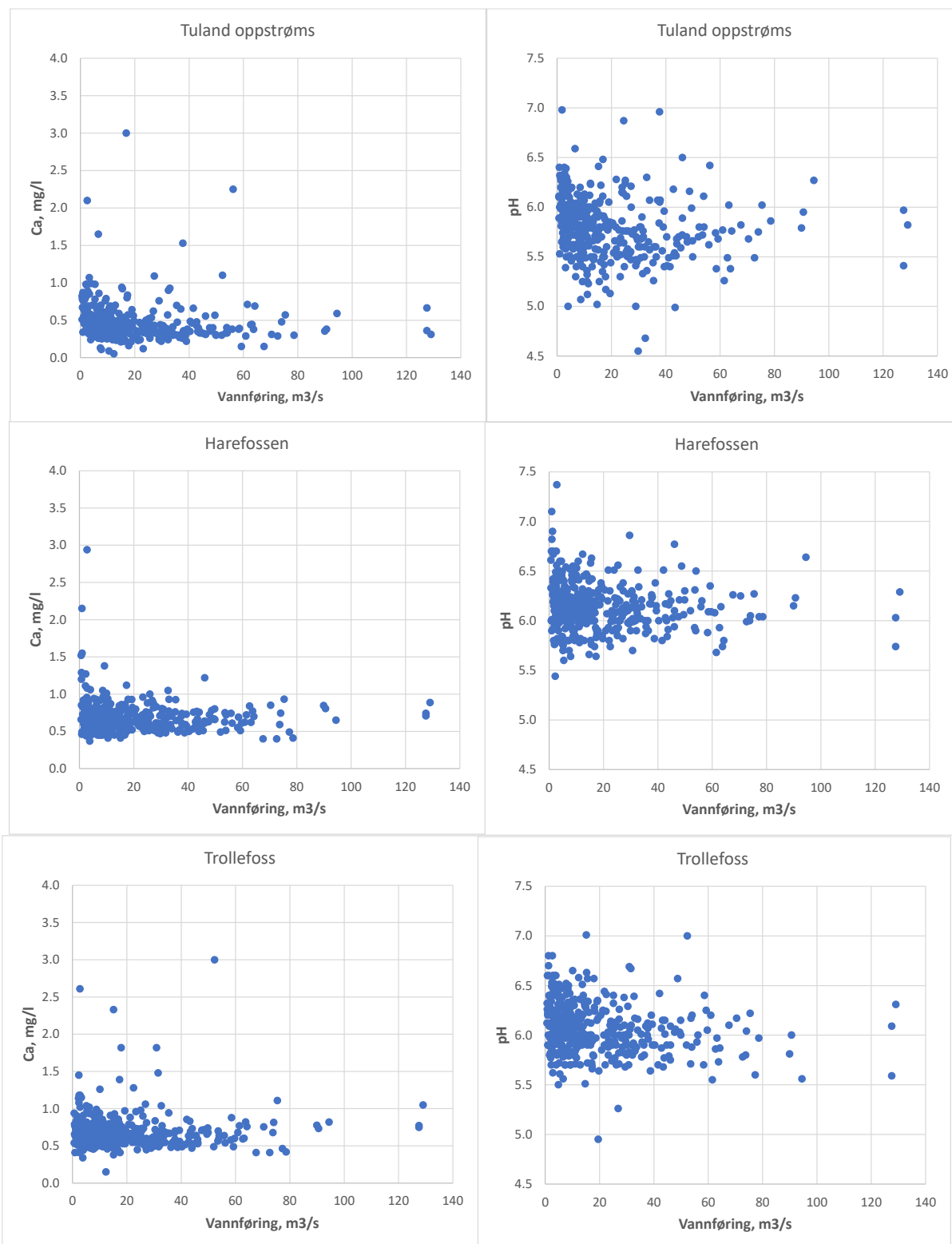
Tidsplottene viser at det kan oppstå flommer i vassdraget til alle årstider, men spesielt om vinteren, våren og høsten. Fall i pH og kalsium kommer ofte i forbindelse med-, eller rett i etterkant av flomepisoder. For å se nærmere på sammenhengene mellom vannføring og forsureningsepisoder i elva, er kalsium og pH plottet mot vannføring for tre stasjoner i hovedelva i Figur 16 og for to av sideelvene i Figur 17. Ingen av plottene viser noen entydig sammenheng mellom de nevnte vannkjemiparameterne og vannføring på prøvetakingsdagen, men det kan også skyldes tidsforsinkelser og at vannføringsdataene fra hovedelva ikke nødvendigvis gjenspeiler vannføringsdynamikken i sidevassdragene.



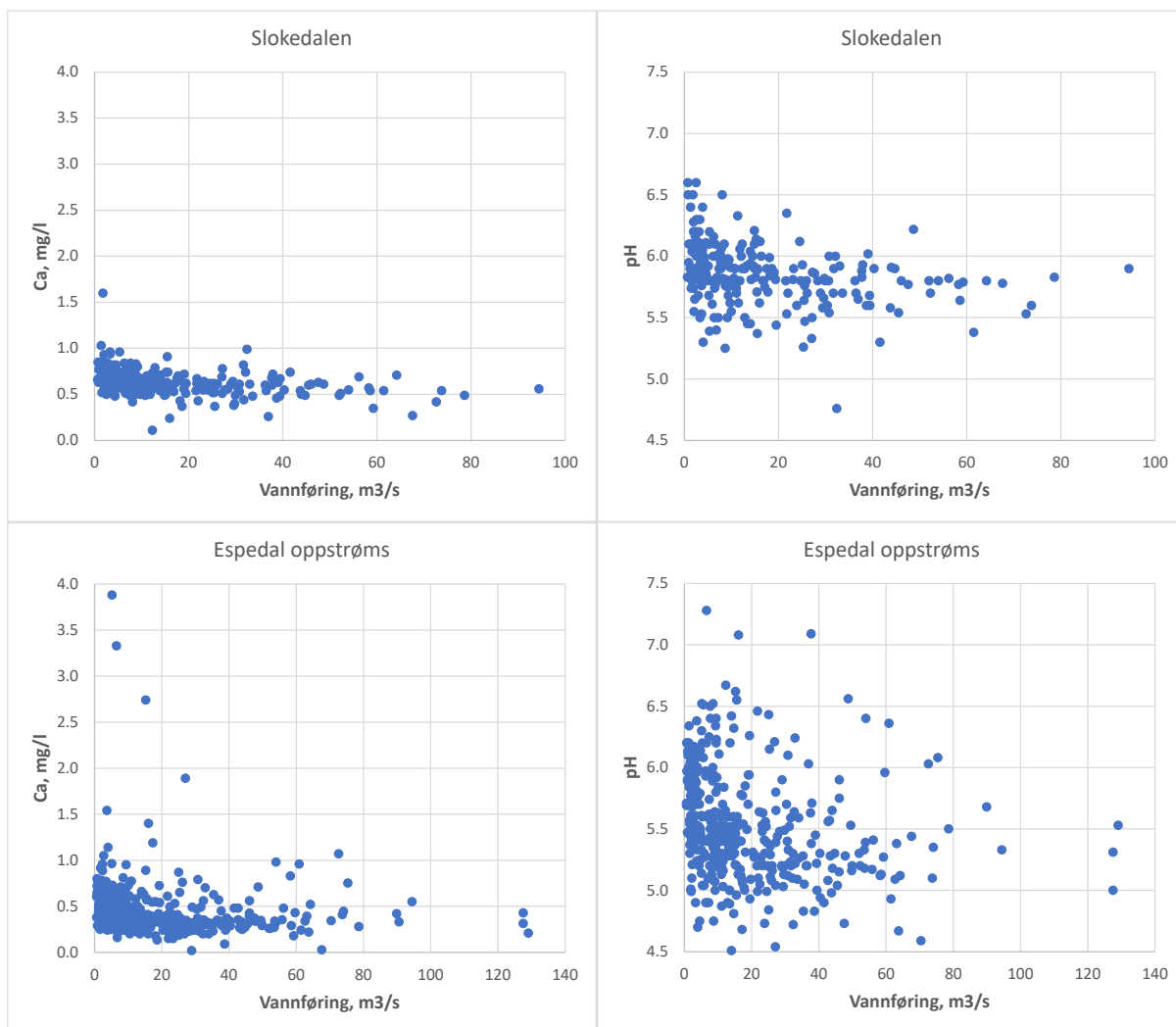
Figur 14. Kalsium og pH ved Harefossen plottet sammen med vannføring ved NVEs stasjon Nautsundvatn for perioden 2012-2022.



Figur 15. Kalsium og pH ved Trollefoss plottet sammen med vannføring ved NVEs stasjon Nautsundvatn for perioden 2012-2022.



Figur 16. Plott av kalsium og pH ved Tuland oppstrøms doserer (paneler øverst), Harefossen (paneler midten) og Trollefoss (paneler nederst) vs. vannføring ved NVEs stasjon 82.4.0 Nautsundvatn. Data fra 2012 til 2022.



Figur 17. Plott av kalsium og pH i Slokedalsbekken (2016-2022, paneler øverst) og Espedalsbekken oppstrøms kalking (2012-2022, paneler nederst) vs. vannføring ved NVEs stasjon 82.4.0 Nautsundvatn.

5 Samlet vurdering

Det er flere forhold som gjør det krevende å oppnå stabil og god vannkvalitet på anadrom strekning med dagens kalkingsinnsats. De nedre delene av hovedelva består av flere store innsjøer med korte og relativt flate elvetrekkninger imellom. Det er dessuten minst fem store og relativt sure sidevassdrag rett oppstrøms og på anadrom strekning som i perioder kan bidra til forsuringsepisoder i hovedelva.

Den største ulempen med dagens kalkingsstrategi er at hovedanlegget for dosering av kalk ligger oppstrøms Hovlandsdalsvatn. Vannføringen ut av Hovlandsdalsvatnet, som bringer med seg det kalkete vannet fra Tuland-dosereren, responderer mye tregere på nedbørepisoder enn sidevassdragene som renner inn i hovedelva rett oppstrøms og langs den anadrome strekningen. Dette medfører at dagens kalkingsstrategi med en hoveddoserer plassert ved Tuland er lite egnet til å avverge sure episoder på anadrom strekning i perioder med mye nedbør og høy vannføring i sidevassdragene (Kaste 2023).

Når det gjelder de sure sidevassdragene på anadrom strekning, er det bare Espedalselva som kalkes per i dag. Kalkingen foregår med doserer, men mangel på vannføringsstyring gjør at tiltaket er langt fra optimalt for å oppnå stabil vannkvalitet under varierende vannføringsforhold. Terrengkalkingen i Hovlandselva for 25 år siden har ikke lenger noen effekt på vannkjemien i dette sidevassdraget (Garmo m.fl. 2010, Hindar m.fl. 2012), og det er ikke etablert nye tiltak for å kompensere for dette.

Analysen av vannkjemidata fra perioden 2012-2022 som er foretatt i denne rapporten gav følgende hovedfunn:

- Det har vært en betydelig lavere kalkingsinnsats de siste to årene sammenlignet med årene før, men det er ikke kjent om dette er en bevisst reduksjon, eller om det skyldes andre forhold.
- Det skjer en betydelig fortykning av kalsiumkonsentrasjonen som stammer fra kalkingen før vannet når den anadrome strekningen. Bare om lag 50% av kalkeffekten fra Tuland-anlegget gjenstår når vannet passerer Trollefoss.
- Bidraget fra Espedal-dosereren til den totale kalkeffekten i hovedelva ved Trollefoss er vanligvis mindre enn 10%, og andelen har vist en avtagende tendens de senere årene.
- Stor år-til-år variasjon i kalsiumkonsentrasjon i Espedalselva nedstrøms kalking viser at dagens kalkingsstrategi (som ikke inkluderer vannføringsstyring) ikke er tilstrekkelig til å gi en stabil vannkvalitet i dette sidevassdraget.
- På tross av lavere kalkingsinnsats i 2021 og 2022 ble det ikke registrert flere sure episoder på anadrom strekning enn i tidligere år. Det kan skyldes at forsuringstrykket er i ferd med å avta, eller at kalkingsstrategien hele tiden har vært utilstrekkelig for å avverge sure episoder.
- Det kalkete vannet fra Tuland vil, avhengig av temperatursjiktningen i innsjøen, bruke fra uker til måneder på veien gjennom Hovlandsdalsvatn, mens vannføringen i sure sidevassdrag vil respondere på nedbørepisoder i løpet av noen få timer.
- 20% av prøvene fra Harefossen og 27% av prøvene fra Trollefoss hadde pH under kalkingsmålet på 6,0 i perioden 2012-2022. Andelen prøver med større avvik fra pH-målet (<5,7) er imidlertid lavt, hhv. 1 og 3% ved Harefossen og Trollefoss.
- Antall prøver med pH-verdier som ligger mer enn 0,1 pH-enhet under kalkingsmålet ved Trollefoss varierer mellom år, uten at det ser ut til å være noen spesiell trend over tid.
- Konsentrasjonene av labilt aluminium (LAL) er vanligvis lave (<10 µg/l) på anadrom strekning, men kan i kortere perioder stige til mellom 10 og 20 µg/l. Verdier over 20 µg/l forekom bare i 1% av prøvene fra Harefossen og i 3% av prøvene fra Trollefoss

- Det var ingen sterk sammenheng mellom LAL og pH på den anadrome strekningen. LAL >15 µg/l kan inntreffe også om pH i elva er over 6,0.
- I den ukalkete delen av hovedelva, oppstrøms Tuland, er det sjelden målt LAL-verdier høyere enn 25 µg/l, selv om pH-verdiene ligger ned mot 5,5. LAL-konsentrasjonen i sidevassdragene ligger vanligvis også under 30 µg/l.
- Plott av pH og LAL mot kloridkonsentrasjon viser ingen entydig sammenheng mellom sjøsaltepisoder og sure episoder i hovedelva. Det er mulig at forsuringspotensialet knyttet til sjøsaltepisoder er i ferd med å avta i takt med redusert sur nedbør i området.
- Relativt høy TOC-konsentrasjon i vassdraget kan bidra til at en forholdsvis stor andel av det reaktive aluminiumet i elva foreligger på en form som er ikke er skadelig for fisk.
- Det var ingen entydig sammenheng mellom forsuringsparametere og vannføring i hovedelva, men det kan skyldes tidsforsinkelser og at vannføringen i sidevassdragene ikke nødvendigvis varierer i takt med hovedelva.

Analysene av vannkjemidata for perioden 2012-2022 viser at kalkingsstrategien i hele denne perioden har vært utilstrekkelig for å nå de vannkjemiske målene for den anadrome strekningen. Dette på tross av at målet for kalkingen (pH>6,0 hele året) er mindre ambisiøst enn i de fleste andre laksevassdrag som kalkes i dag (Miljødirektoratet 2023).

Vassdragets utforming, med relativt store innsjøer langs hovedelva og tallrike sidevassdrag, gjør at det er utfordrende å kalke på en tilfredsstillende måte innenfor forsvarlige økonomiske rammer.

Dersom en skal oppnå stabil og god vannkvalitet på anadrom strekning, vil det sannsynligvis kreve store investeringer i form av et nytt pH-styrt kalkdoseringsanlegg i hovedelva nedstrøms Hovlandsdalsvatn og helst også et nytt vannføringsstyrt doseringsanlegg i Espedalselva. Et alternativ til et nytt doseringsanlegg i hovedelva kan være ett eller to nye anlegg i sidevassdrag høyt oppe i- eller like oppstrøms den anadrome strekningen (f.eks. Skokedalselva eller Bjordalselva, markert på kart i **Figur 1**). De to eksisterende kalkdoseringsanleggene er av eldre årgang og bør trolig fases ut i nær framtid.

Flekk-Guddalsvassdraget er det nordligste av laksevassdragene som kalkes i dag og befinner seg i ytterkanten av området på Vestlandet som har vært hardest rammet av sur nedbør (Austnes m.fl. 2021). I takt med at avsetningen av langtransporterte forurensinger er blitt gradvis redusert i løpet av de siste tiårene, har det vært en generell bedring i vannkvaliteten med redusert surhet og mindre giftig aluminium (Sægrov m.fl. 2023). Dette har også resultert i at kalkingsinnsatsen er blitt redusert. Kalkmengdene som ble brukt i 2021 og 2022 var bare rundt en fjerdedel av forbruket på slutten av 1990-tallet (Sægrov m.fl. 2023).

Vannkjemidataene fra den ukalkete delen av hovedelva (oppstrøms Tuland) viser at det sjelden måles LAL-konsentrasjoner over 25 µg/l, og også i sidevassdragene ligger LAL-konsentrasjonen vanligvis under 30 µg/l. Dette betyr at skadepotensialet med tanke på laksebestanden i elva er forholdsvis lite, selv om kalkingen skulle opphøre. Analyser av gjellealuminium på fisk våren 2020 viste at det var lave nivåer sammenlignet med flere andre vassdrag på Vestlandet (Kålås og Hellen (2021). I en vurdering av vannkvalitet og smoltårsklasser av Sægrov m.fl. (2018) ble det også påpekt at vassdraget trolig ville hatt en bærekraftig laksebestand også uten kalking.

I og med at dagens kalking har vist seg å være utilstrekkelig for å nå kalkingsmålene og en opprusting av kalkingsinnsatsen i form av nye doserere vil kreve store investeringer som sannsynligvis vil være vanskelig å forsvare kost/nytte-messig, kan det være et alternativ å gjøre forsøk med å stoppe kalkingen

helt. Risikoen for at det skal oppstå uakseptabelt dårlig vannkvalitet vurderes som relativt liten, men for sikkerhets skyld anbefales det å beholde de eksisterende doseringsanleggene i beredskap for en periode. I tillegg anbefales det at den vannkjemiske og biologiske overvåkingen videreføres de nærmeste årene, og at overvåkingen suppleres med undersøkelser av aluminium på fiskegjeller.

6 Referanser

- Austnes K, Sample JE, Lund E. 2021. Tålegrenser for forsuring og overskridelser for seks vassdrag i Vestland fylke. NIVA-rapport LNR 7586-2021.
- Garmo ØA, Hindar A, Kroglund F. 2010. Reviderte kalkingsplaner for Guddalsvassdraget og Høyangervassdraget. NIVA-rapport LNR 6032-2010
- Hellen BA, m.fl. 2014. Flekke-Guddalvassdraget. I Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2013, Miljødirektoratet, rapport M-208|2014, s. 359-382
- Hellen BA, m.fl. 2015. Flekke-Guddalvassdraget. I Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2014, Miljødirektoratet, rapport M-412|2015, s. 325-342
- Hellen BA, Sægrov H, Urdal K. 2019. Kartlegging av kalkingsbehov i vassdrag og optimalisering i vassdrag der kalking pågår. RB-rapport 2791-2019.
- Hindar A, Haraldstad T, Høgberget R. 2018. Optimaliseringstiltak i kalkede laksevassdrag i SørNorge og kartlegging av andre forsurrede, anadrome vassdrag i Agder. NIVA-rapport LNR 7321-2018.
- Hindar A, Kroglund F, Skiple A. 1996. Kalkingsplan for Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane. NIVA-rapport 3388-96.
- Hindar A, Tørseth K, Aas W, Heier LS, Salbu B, Standring W, Teien HC, Bakkestuen V, Brandrud TE, Aarrestad PA, Kroglund F, Larssen T, Nilsen P, Krokan PS. 2012. Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Direktoratet for naturforvaltning, DN-utredning 5-2012.
- Kaste Ø. 2023. Foreløpig vurdering av kalkingsstrategien i Flekke-Guddalsvassdraget. NIVA-notat, 19.12.2023, 10 s.
- Kålås S, Hellen BA. 2021. Gjellealuminium på smolt i fem vassdrag i Vestland fylke. RB-rapport 3487-2021.
- Lehmann GB. 2022. Laks og sjøaure i Flekke-Guddalsvassdraget. Statusrapport pr. 2022. NORCE-rapport 457- 2022.
- Miljødirektoratet 2015. Register over leverandører av kalk, utstyr og tenester for kalking av vatn og vassdrag 2015. Rapport M-463|2015, 26 s.
- Miljødirektoratet 2023. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2022, Miljødirektoratet, rapport M-2606|2023.
- Sægrov H, Arnesen IJH, Hellen BA, Karlsson S. 2018. Evaluering av kultivering og kalking for laksebestanden i Flekkeelva. RB-rapport 2748-2018
- Sægrov H, m.fl. 2023. Flekke-Guddalvassdraget. I: Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2022, Miljødirektoratet, rapport M-2606|2023, s. 421-441.



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.