

# Langtidseffekter av terrengkalking i Gjerstad og ved Store Hovvatn, Agder



**Hovedkontor**

Økernveien 94  
0579 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 Langtidseffekter av terrengkalking i Gjerstad og ved Store Hovvatn, Agder	Løpenummer 7673-2021	Dato 29.11.2021
Forfatter(e) Atle Hindar, Liv Bente Skancke og Rolf Høgberget	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 24 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Kjetil Lønborg Jensen
Oppdragsgivers utgivelse: M-2161 I 2021	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 190075

<p>Sammendrag</p> <p>Terrengkalking med grovdolomitt ble gjennomført i et skogsområde i Gjerstad i 1994 og i et skrint heiområde ved Store Hovvatn i 1999. I begge områder forelå det gode målinger i årene etterpå, men begge steder ble disse avsluttet for tidlig til å kunne fastslå effektperioden. I årene 2018-2021 ble det tatt nye prøver. Disse ble gjennomført på samme måte som i den første perioden, og i Gjerstad med tilsvarende frekvens gjennom to sesonger. I Gjerstad var det en bemerkelsesverdig god vannkvalitet, og det var lite tegn til avtakende kalkeeffekt over de 25-26 årene. Beregninger viser at hhv. 10 og 20 % av tilført kalsium og magnesium var transportert ut av tiltaksfeltet, og den modellerte effektperioden på minst 50 år kan være realistisk. Kalkingen ved Store Hovvatn skulle hindre refsuring under isen. Det er fortsatt en betydelig forskjell i vannkvalitet mellom Store Hovvatn og det ukalkede Lille Hovvatn. Refsuringen under isen er mindre og terrengkalkingen bidrar fortsatt til forholdsvis høy pH, Ca og Mg, samt lav labilt Al. Terrengkalkingen har dermed bidratt til både bedre vannkvalitet under isen og til at vannkvaliteten generelt er blitt klart mindre marginal for fisk og skaldyr med hensyn til Ca og Mg.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forsuring</li> <li>2. Terrengkalking</li> <li>3. Langtidseffekter</li> <li>4. Vannkvalitet</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acidification</li> <li>2. Catchment liming</li> <li>3. Long-term effects</li> <li>4. Water quality</li> </ol>

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

*Atle Hindar*  
Hovedforfatter

*Sondre Meland*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7409-7  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

# **Langtidseffekter av terrengkalking i Gjerstad og ved Store Hovvatn, Agder**

## Forord

Terrengkalking ble utredet i et FoU-program på 1990-tallet. I sluttrapporten ble det gitt anbefalinger om kalktype, kalkmengde og hvilke arealtyper en ikke burde spre kalk på av hensyn til vegetasjonen. Et hovedresultat basert på målte data og modellering var at effektperioden var lang, kanskje nærmere 50 år, men dette ble aldri verifisert.

Usikkerhet omkring effektperioden kan ha vært en medvirkende årsak til at terrengkalking aldri er blitt en del av strategien for kalkingstiltak i Norge, og NIVA tok i 2017 initiativ til å undersøke langtidsvirkningen nærmere. Tanken var at en gjenopptakelse av prøvetakingen i to av FoU-prosjektene ville kunne gi holdepunkter for å fastslå effektperioden. NIVAs prosjektforslag resulterte i et FoU-prosjekt der undersøkelsene i Gjerstad og Store Hovvatn ble gjenopptatt.

Prosjektet i Gjerstad er gjennomført i nært samarbeid med Svein Olav Fjærbu, en av grunneierne i forsøksområdet. Han har også gjennomført vannprøvetakingen her. Vannprøvene i Store Hovvatn er hentet inn av Rolf Høgberget og Jarle Håvardstun, og alle analyser er utført av NIVAs laboratorium eller laboratoriets samarbeidspartner Eurofins. Liv Bente Skancke har stått for kvalitetssikring og tilrettelegging av data og figurer for rapporten.

Kontaktperson i Miljødirektoratet har vært Helge Tjøstheim. Jeg vil takke alle for samarbeidet.

Grimstad/Arendal, 18. november 2021

*Atle Hindar*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Forsøksområdene og kalking.....</b>	<b>9</b>
2.1	Gjerstad .....	9
2.2	Store Hovvatn .....	10
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon.....</b>	<b>13</b>
3.1	Gjerstad .....	13
3.2	Store Hovvatn .....	19
<b>4</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>24</b>

**Vedlegg:**

- A.** Terrengkalkingsprosjektets hovedkonklusjoner - kan terrengkalking anbefales?
- B.** Primærdata vannkjemi

## Sammendrag

Terrengkalking med grovdolomitt ble gjennomført i et skogsområde i Gjerstad i 1994 og i et skrint heiområde ved Store Hovvatn i 1999. I begge områder forelå det gode målinger i årene etterpå, men begge steder ble disse avsluttet for tidlig til å kunne fastslå effektperioden. Det har derfor vært vanskelig å sammenlikne økonomien i terrengkalking med andre kalkingsstrategier.

I årene 2018-2021 ble det tatt nye prøver. Disse ble gjennomført på samme måte som i den første perioden, og i Gjerstad med tilsvarende frekvens gjennom to sesonger.

I Gjerstad var det en bemerkelsesverdig god vannkvalitet, og det var lite tegn til avtakende kalkeeffekt over de 25-26 årene. Beregninger viser at hhv. 10 og 20 % av tilført kalsium (Ca) og magnesium (Mg) var transportert ut av tiltaksfeltet. En andel antas dessuten å ha bidratt til økt basemetning i jorda. Her kan Ca ha bidratt mer enn Mg. Det er ikke utenkelig at en forholdsvis stor andel av tilført dolomitt er tilgjengelig for avsyring i årene framover. Dette, kombinert med den svært stabile langtidseffekten, kan gi den modellerte effekten på minst 50 år.

Effekten av terrengkalking ved Store Hovvatn skulle hindre reforsuring under isen. Dette var tilfellet de første årene etter kalking, og spørsmålet var hvilken resteffekt en ville ha etter omkring 20 år. Alle viktige parametere viser at det er en betydelig forskjell i vannkvalitet mellom Store Hovvatn og det ukalkede Lille Hovvatn. Reforsuringen under isen er mindre og terrengkalkingen bidrar fortsatt til å opprettholde forholdsvis høy pH, Ca og Mg, samt lav labilt aluminium (LAI).

Terrengkalkingen ved Store Hovvatn har dermed bidratt til både bedre vannkvalitet under isen og til at vannkvaliteten generelt er blitt klart mindre marginal med hensyn til konsentrasjonen av Ca og Mg.

## Summary

Title: Long-term aquatic effects after terrestrial liming in Gjerstad and at Lake Store Hovvatn

Year: 2021

Author(s): Atle Hindar, Liv Bente Skancke and Rolf Høgberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7409-7

A forested area in Gjerstad and an area with thin soils at Lake Store Hovvatn were limed with coarse-grained (0-2 mm) dolomitic limestone in 1994 and 1999, respectively. Careful monitoring of water chemistry had been conducted at both sites the first eight years post liming, but was terminated too early to determine the long-term effects. Comparisons of cost-effectiveness with other liming strategies have therefore been difficult.

New samples were taken at both sites in the years 2018-2021, following the same scheme as in the first period.

A remarkably good water quality was registered downstream of the limed area in Gjerstad, and few signs of reduced liming effects were found 25 years post liming. 10 and 20 %, respectively, of the added Ca and Mg have been transported out of the limed area. Another fraction has most likely increased the soil base saturation. Calcium may have contributed more than Mg to this anticipated increase. A relatively large soil fraction is probably available for deacidification in the years to come, making the modelled long-term period of about 50 years realistic.

Terrestrial liming at Store Hovvatn was supposed to prevent the repeated reacidification below the ice-cover after lake liming. This was indeed achieved during the first years, but the long-term effect remained to be documented. All essential parameters still showed a distinct difference in water quality between Store Hovvatn and the un-limed reference Lille Hovvatn after 20 years. pH and concentrations of Ca and Mg were higher, and the potential toxic labile Al lower in Store Hovvatn. The reacidification below ice was significantly less pronounced. By increasing base cations the terrestrial liming has also contributed to a less marginal water quality for fish and invertebrates.

# 1 Bakgrunn

I Terrengkalkingsprosjektets sluttrapport (Hindar mfl. 2004/2012) er kalktyper, kalkdoser og egnede arealer anbefalt (se anbefalingene i Vedlegg A). Et problem har imidlertid vært manglende kunnskap om langtidsvirkningen etter terrengkalking. Dagens vurderinger, og det som ligger til grunn for NIVAs kalkingsplaner, er modellering og framskrivninger basert på få år med data fra gjennomførte forskningsprosjekter. Usikkerhet her gjør vurderingen av dette tiltaksalternativet vanskelig fordi varigheten og dermed kostnadseffektiviteten ikke kan fastslås.

Relevante terrengkalkingsprosjekter, der det ble kalket med 0-2 mm eller 0,2-2 mm grovdolomitt (anbefalt) og som har gode data, ble gjennomført i perioden 1994-1999:

- «Miljøtiltak i skog» sitt skogsfelt i Gjerstad 1994 (data til 2002)
- Hovlandsdalen i Flekke-Guddalvassdraget 1998 (data til 2003)
- Brommelandsfeltet i Suldalsvassdraget 1999 (data til 2003)
- Nedbørfeltet til Store Hovvatn 1999 (data tom 2003; fire vintre)

To andre terrengkalkingsprosjekter er kalkingen av Tjønnsstrondfeltet i 1983 (svært skrint heiområde i Vest-Telemark kalket med vassdragskalk) og kalkingen av myrområder ved Røynelandsvatn i 1990 (også kalket med vassdragskalk), se litteraturoversikten. Resultatene fra de tre førstnevnte er samlet i Terrengkalkingsprosjektets oppsummeringsrapport (Hindar mfl. 2004/2012), mens data fra Store Hovvatn er gitt i oppsummeringsrapporten fra kalkingen på Store Hovvatn (Hindar 2004).

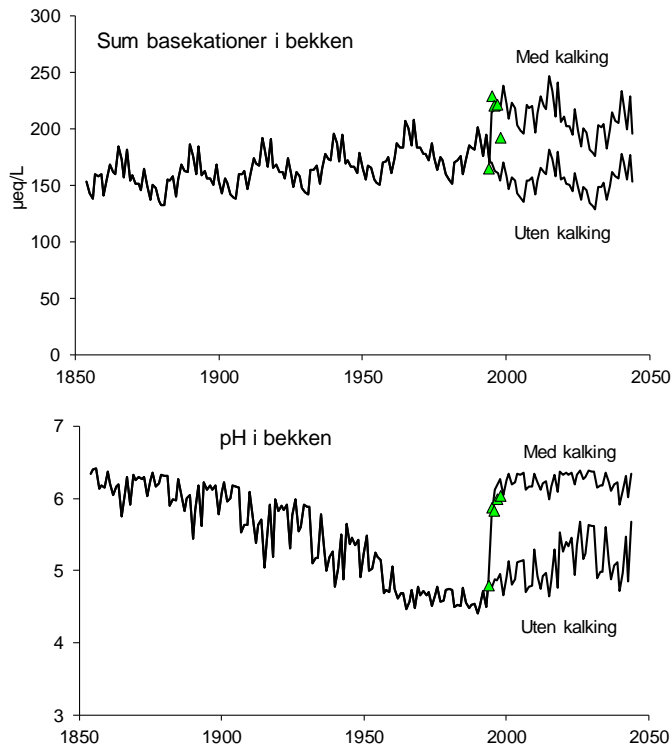
Vannkjemien fra alle de seks feltene er publisert i internasjonale tidsskrift med referee-ordning, se oversikten.

Den vannkjemiske utviklingen i de mest relevante prosjektene ble undersøkt i 4-7 år etter kalking, mens den antatte varigheten fram til nødvendig rekalking kan være så mye som 20-50 år. Modelleringsresultater fra Gjerstad viste en effektperiode på minst 50 år (Figur 1). Et utgangspunkt for foreliggende prosjekt var at dette burde verifiseres.

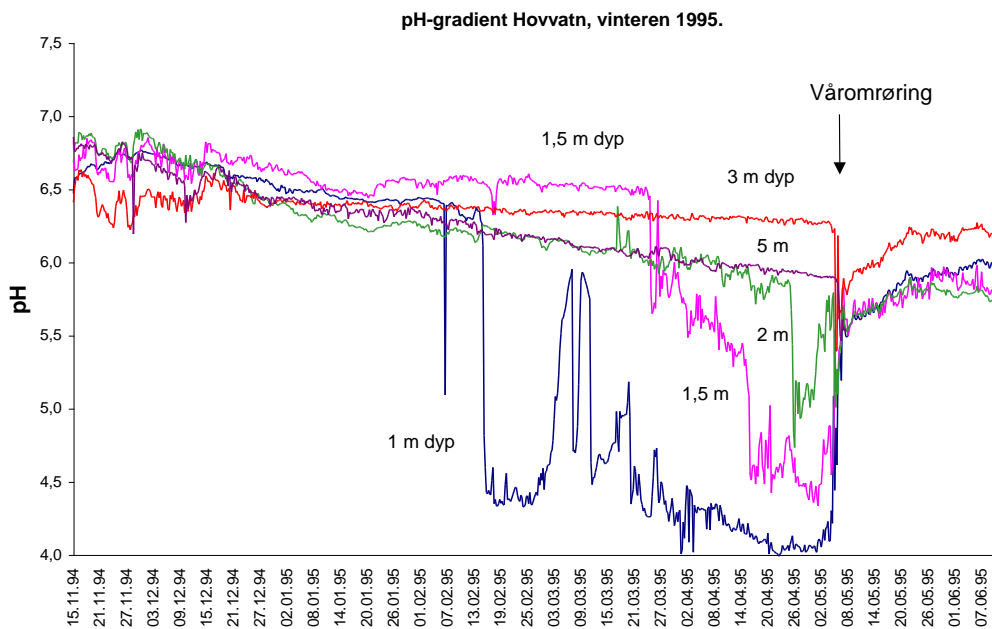
Resultatene etter flere år med kalking i innsjøen Store Hovvatn var at det hele tiden oppstod reforsuring oppunder isen. Dette ble dokumentert ved at NIVA satte ut en bøye som registrerte pH kontinuerlig på flere dyp gjennom vinteren (Figur 2; Barlaup mfl. 1998). Reforsuringen reduserte eggoverlevelsen til den innsjøgytende auren (*Salmo trutta*) sterkt. Terrengkalkingen her hadde som formål å holde aluminium tilbake i nedbørfeltet og å avsyre innstrømmende vann til innsjøen.

Et annet utgangspunkt for prosjektet var at kalking av sideelver i anadrome vassdrag er en utfordring av flere grunner, både tekniske og vannkjemiske. Tiltakene må håndtere perioder med dårlig vannkvalitet, som typisk inntreffer i flomperioder/sjøsøltepisoder. Det stiller krav til doseringsutstyr som ikke uten videre er oppfylt. Enten er de avanserte for dyre, eller så er de enkle for enkle til å avsyre effektivt under alle forhold. Terrengkalking kan derfor være et godt alternativ, noe spesielt resultatene fra Suldal viser. Aluminiums-mobiliseringen under sjøsøltepisoder og flom uteble etter terrengkalkingen og vannkvaliteten var svært stabil i undersøkelsesperioden.





Figur 1. Modellering av sum basekationer og pH med modellen MAGIC i Gjerstad for perioden 1850-2050. Måledata er vist som grønne trekkanter. Fra Hindar og Larssen (2004/2012).



Figur 2. pH i Store Hovvatn målt kontinuerlig på ulike nivåer under isen vinteren 1994/95 (Barlaup mfl. 1998).

## 2 Forsøksområdene og kalking

### 2.1 Gjerstad

Framstillingen her er hovedsakelig basert på beskrivelsen i Terrengkalkingsprosjektets sluttrapport (Hindar og Larssen 2004/2012) og en artikkel i Forest Ecology and Management (Hindar mfl. 2003).

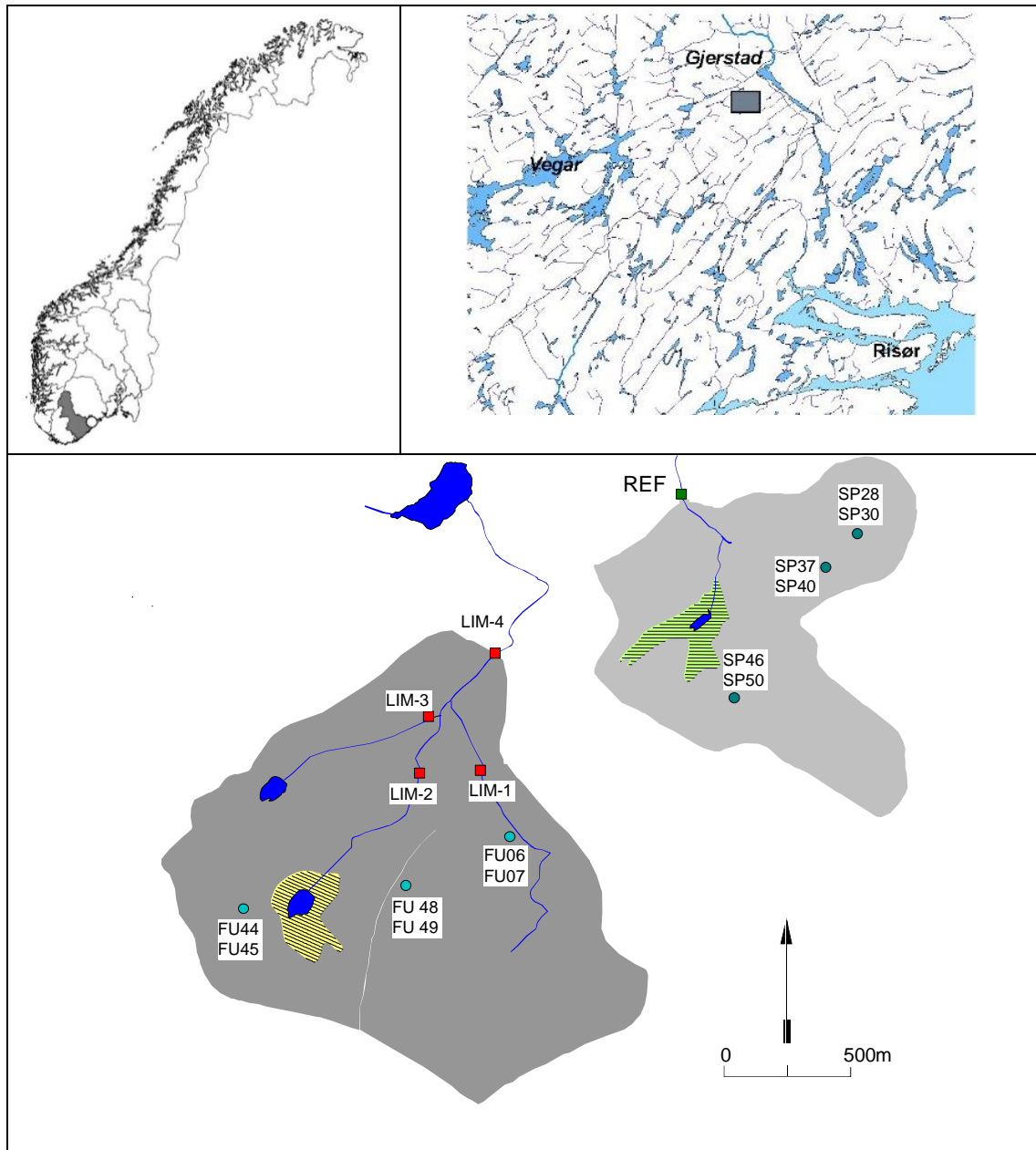
Det kalkede Gjerstadvfeltet er 84 ha og ligger i Gjerstad kommune i Agder, se Tabell 1 og Figur 3. Forsøksområdet ligger sør for den såkalte Porsgrunn-Kristiansandbreksjen, og har derfor noe mer motstandsdyktig berggrunn mot forsuring enn områdene lenger nord. Feltet er en blandingsskog av hovedsakelig norsk gran. Mellom 12 og 19 % av skogen er lauvskog. Skogen var en blanding av gammel, hogstmoden skog og yngre bestander på kalkingstidspunktet. Høsten 2019 ble det avvirket noe skog i enkelte partier i tiltaksområdet.

Jordsmonnet er sur podsolljord med mye organisk materiale i fuktigere områder, typisk for granskogsområder på næringsfattig gneis-granittisk berggrunn i Sør-Norge. Karbon/nitrogenforholdet (C/N-forholdet) både i det organiske, øvre jordlaget og i mineraljorda var lavere enn 20, kanskje pga langvarig nitrogennedfall og akkumulasjon av nitrogen i jorda (Hindar mfl. 2003).

Feltet ble kalket med totalt 240 tonn grovdolomitt, som tilsvarer 2,9 tonn/ha, fra helikopter i siste halvdel av september 1994. To små tjern (ca. 1 da; Figur 3) ble ikke kalket. Dosen var anbefalt for skogkalking i Sverige (Nihlgård m.fl. 1996) og den samme som ble brukt ved kalking av Tjønnestrandfeltet. Men kalkkvaliteten i Gjerstad var grovdolomitt og ikke finmalt kalksteinsmel. Kornfordelingen i grovdolomitten var som følger: 10 % > 1,7 mm; 90 % > 0,18 mm. Kalsium (Ca), magnesium (Mg) og vanninnholdet var hhv. 23, 12 og 1 % etter vekt.

Tabell 1. Opprinnelige målestasjoner for vannkjemi i Gjerstadvfeltet med prøvetakingsperiodene. Målingene i 2019-2020 ble gjennomført ved LIM-4 og REF.

Kode	Navn	Areal, km <sup>2</sup>	Status for prøvetaking	UTM ØV NS
LIM-4	Gjerstad, hele tiltaksfeltet	0,84	Mai-93 --> jun-02	5001 65244
REF	Gjerstad, referanse	0,40	Mai-93 --> jun-02	5005 65248
LIM-1	Gjerstad, delfelt-tiltak	0,4	Mai-93 --> des-96	5001 65241
LIM-2	Gjerstad, delfelt-tiltak	0,2	Mai-93 --> okt-95	4999 65241
LIM-3	Gjerstad, delfelt-tiltak	0,15	Mai-93 --> okt-95	4999 65243



Figur 3. Kalkingsfeltet Fugleliåsen og det ukalkede referansefeltet Spjøtåsen i Gjerstad. (Kilde øvre del: NVE Atlas). De opprinnelige målestasjonene for jordkjemi (FU og SP) og vannkjemi (LIM og REF) er vist.

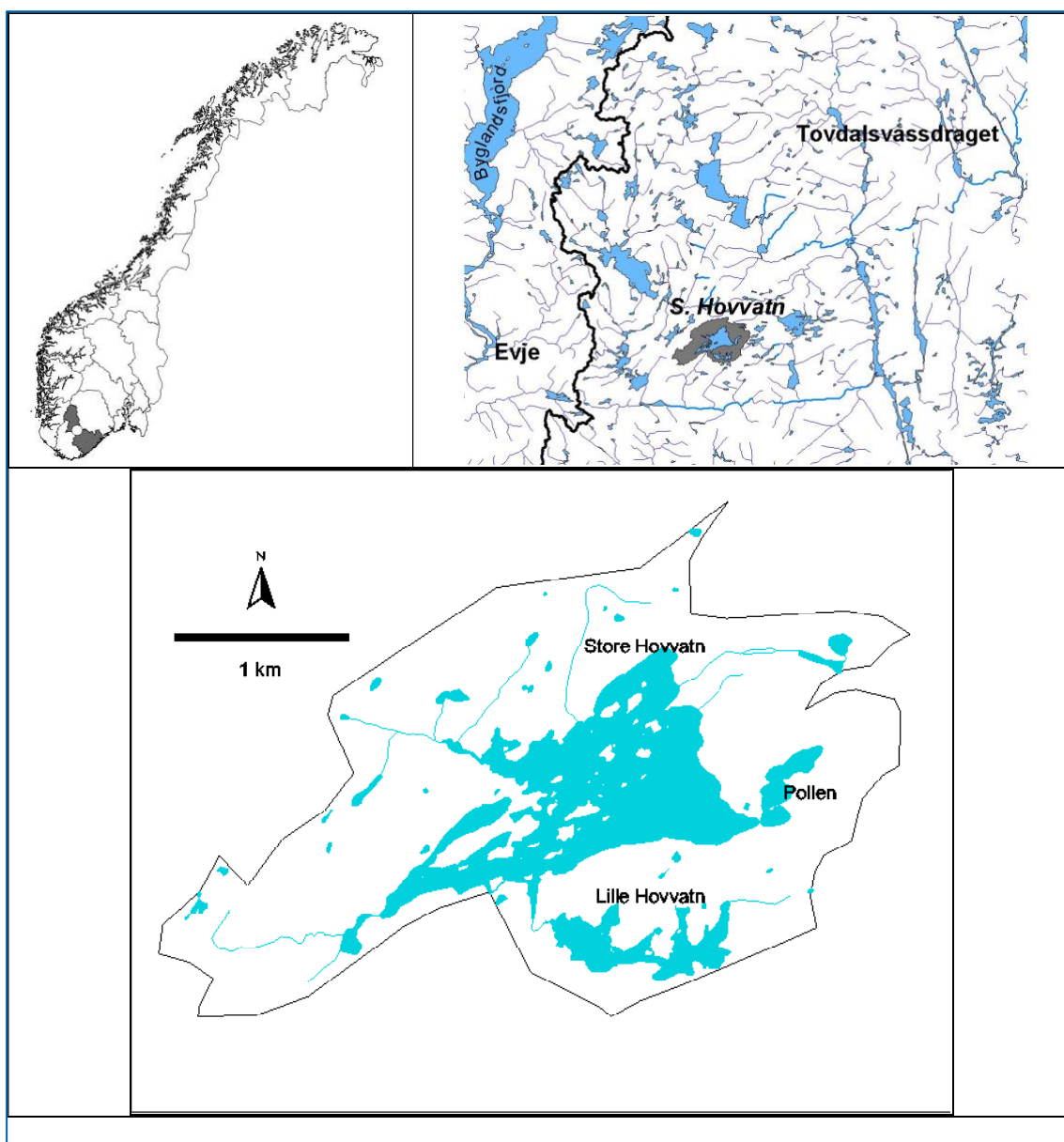
## 2.2 Store Hovvatn

Framstillingen her er basert på Hindar og Larssen (2004) i samlerapporten for Store Hovvatn.

Store Hovvatn er et 1,18 km<sup>2</sup> stort heivann ca. 500 moh. og ligger ved grenseskillet mellom Evje og Hornnes, Froland og Birkenes kommuner i Agder (Figur 4 og Tabell 2). Vannet består av en rekke øyer, viker og delvis avsnørte bukter (blant annet Pollen i øst), som gir innsjøen et svært variert preg. Området er preget av tynt jorddekke og mye bart fjell med åpen skog av furu, noe gran i

forsenkninger og lauvskog. Det er flere mindre myrer og myrstrenger mellom fjellpartier og småkoller. Det ukalkede referansevannet Lille Hovvatn (0,19 km<sup>2</sup>) ligger inne i nedbørfeltet til Store Hovvatn, ellers er det bare mindre vannansamlinger i nedbørfeltet.

Store Hovvatn har avrenning sørover til Hovlandsåna, som renner videre østover mot Uldalsgreina i Tovdalsvassdraget. På DNMI's målestasjon Herefoss (38450), 15-20 km i sørøst, er årsmiddelnedbøren 1293 mm.



Figur 4. Store og Lille Hovvatn ligger i Tovdalsvassdraget øst for Evje i Agder. (Kilde øvre del: NVE Atlas). Hele nedbørfeltet til Lille Hovvatn ligger innenfor nedbørfeltet til Store Hovvatn.

Tabell 2. Morfometriske og hydrologiske data for Store Hovvatn med Pollen (NVE løpenr. 1336). Data fra diverse kilder, blant annet NVE-Atlas.

	Store Hovvatn	Pollen	Lille Hovvatn
Innsjøoverflate, km <sup>2</sup>	1,18	0,046	0,19
Nedbørfelt, km <sup>2</sup>	6,96	0,30	0,75
Dyp (maks), meter	22	10	20
Dyp (middel), meter	5,6	3,3	ca. 4
Volum (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	6,4	0,15	ca. 0,8
Middelavrenning (m <sup>3</sup> /s)	0,22		0,02
Teoretisk oppholdstid, år	0,9	0,5	ca. 1,0
Høyde over havet, meter	494	494	503

Tabell 3. Kalkingsdata for Store Hovvatn med Pollen.

År	Kalking Store Hovvatn	Kalking Pollen
1981	200 tonn Norcem SR-kalk* i strandsonen	40 tonn på isen
1987	86 tonn Norcem SR-kalk* fra båt (17 tonn i "Tarmen")	4,8 tonn fra båt
1988	1 tonn skjellsand i gyteområder	
1989	112 tonn Franzefoss filler-kalk** fra helikopter	5 tonn
1991	146 tonn Norgro SK3-kalk*** fra helikopter	6 tonn
1991	4 tonn skjellsand i gyteområder	
1993	206 tonn Miljøindustri KM-kalk**** fra helikopter	7,9 tonn
1993	11 tonn kalksteinsgrus DB i gyteområder	
1994	11 tonn kalksteinsgrus DB i strandsone	
vinter 1994		7 tonn KM-kalk
aug. 1995		9,6 tonn NK-kalk
mar. 1996		9,6 tonn NK-kalk
1997	100 tonn NK3	
okt. 1999	700 tonn grovdolomitt (0,2-2 mm)	del av terrengkalking

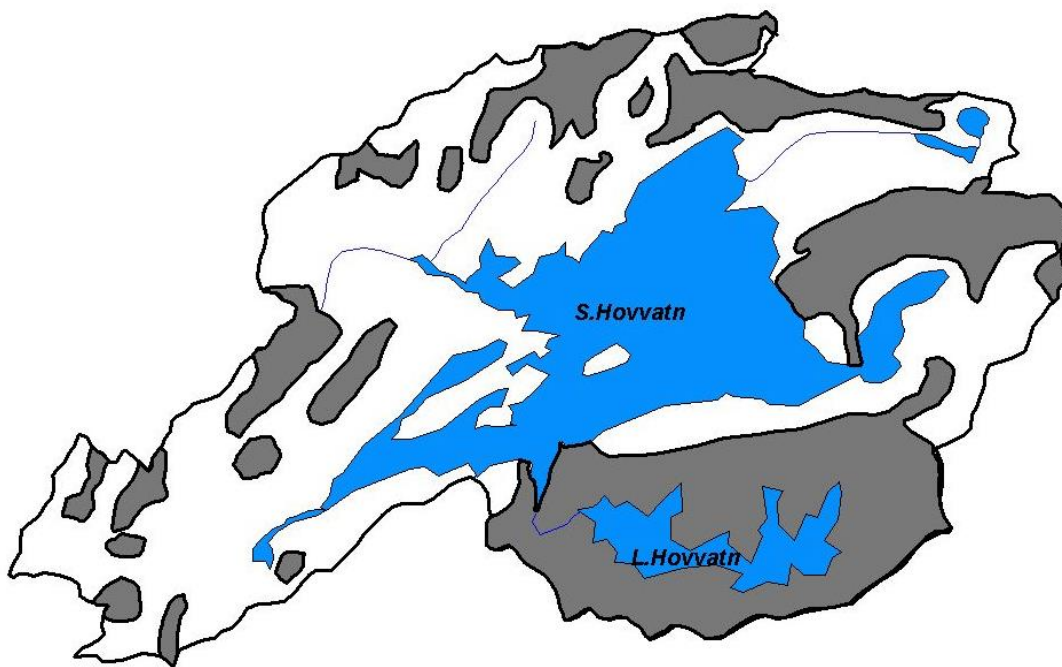
\* 90% <0,064mm, 50%<0,010mm, 20%<0,002 mm; 77% CaCO<sub>3</sub>

\*\* 90% <0,062mm, 50%<0,022mm, 20%<0,007 mm; 98% CaCO<sub>3</sub>

\*\*\* 90% <0,090mm, 50%<0,017mm, 20%<0,002 mm; 89% CaCO<sub>3</sub>

\*\*\*\* 90% <0,068mm, 50%<0,011mm, 20%<0,003 mm; 88% CaCO<sub>3</sub>

Alle kalkingsdata for Store Hovvatn er gitt i Tabell 3. Terrengkalkingen ble gjennomført i perioden 15.-21. oktober 1999. Større partier med bart fjell ble holdt utenfor kalkspredningen (Figur 5) fordi det ble observert skader etter terrengkalking med kalksteinsmel på Tjønnsstrand i Telemark (Traaen m.fl. 1997). Ved Store Hovvatn var det også fortsatt skader på lav etter kalking med kalksteinsmel av strandsonen i 1981. Innsjøen selv og hele nedbørfeltet til Lille Hovvatn ble også holdt utenfor, likeledes en del partier mellom de to vannene. Totalt ble ca. 2,55 km<sup>2</sup> kalket, og med en middeldose for hele nedbørfeltet til Store Hovvatn på 1 tonn/ha, tilsvarer det en kalkdose i de kalkede områdene på ca. 2,75 tonn/ha.



Figur 5. Gråfargede arealer viser hvilke områder som ble unntatt fra terrengkalkingen i 1999. Myrrealer og tilstøtende skogarealer med jorddekning ble kalket, mens større partier med fjell i dagen ble unntatt fra kalkingen.

### 3 Resultater og diskusjon

Et hovedmål med prosjektet har vært å sammenlikne innsamlede data i 2018-2021 med tidligere data etter terrengkalking i de to områdene Gjerstad og Store Hovvatn. Vi starter med korte oppsummeringer av tidligere data og beskriver deretter utviklingen.

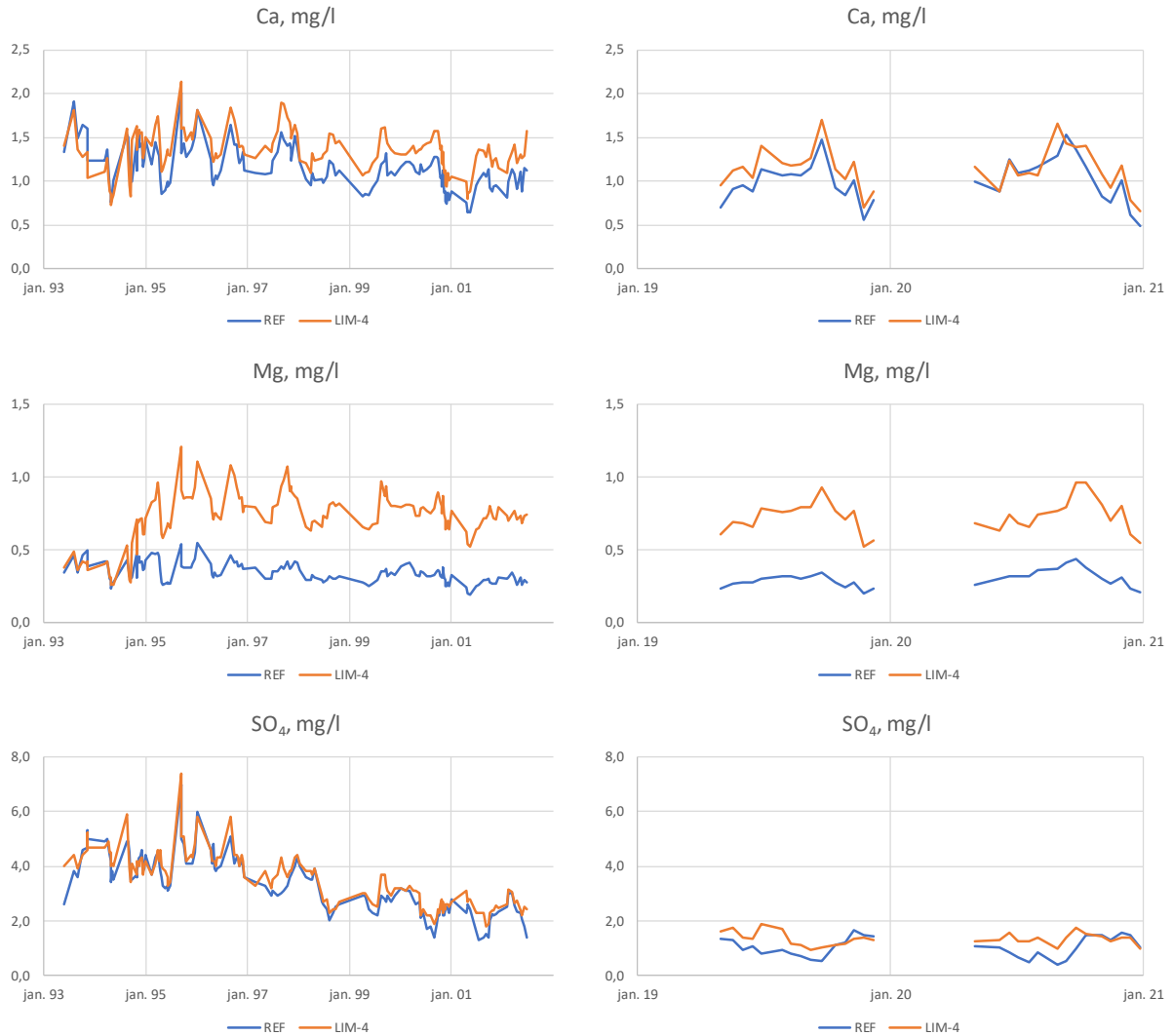
#### 3.1 Gjerstad

Terrengkalkingen i Fugleliåsen høsten 1994 ga en umiddelbar økning i konsentrasjonen av de to tilførte basekationene Ca og Mg. Det resulterte i økt syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH, samt en klar reduksjon i labilt Al (Figur 6 og Figur 7). Dette skjedde i en periode med betydelig reduksjon i sulfat pga redusert sulfatnedfall med nedbøren (Figur 7), noe som også medførte en generell reduksjon i Ca og Mg. En del av ANC-økningen i kalket felt skyldtes dermed den regionale endringen i sulfat og i de to basekationene. Det er verdt å merke seg at kalkingseffekten (ANC og pH) var stabil gjennom hele den første prosjektperioden.

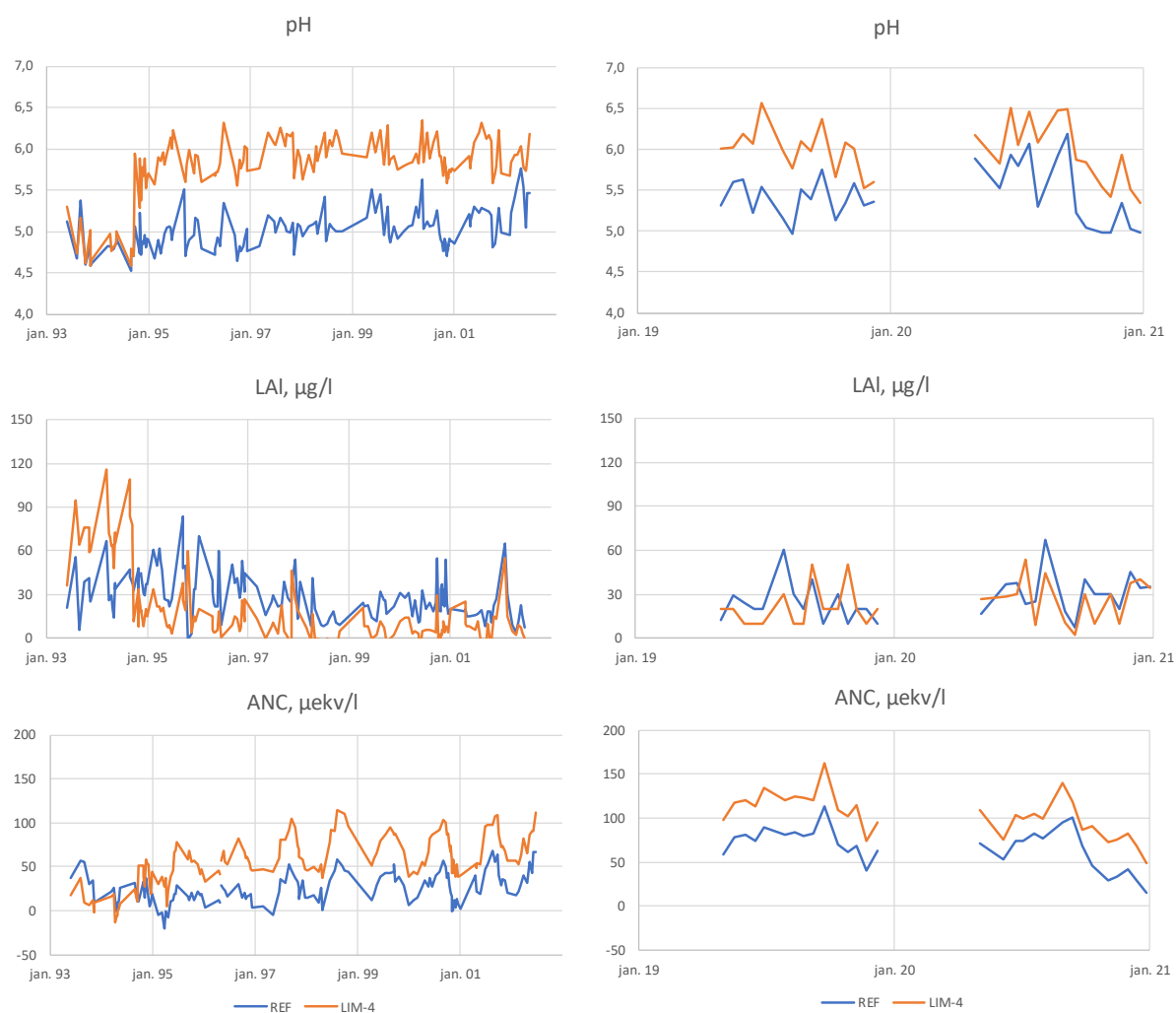
Analysedata fra prøvetakingen i 2019 og 2020 er vist i de samme figurene. Det er bemerkelsesverdig at nivåene for de to basekationene er svært lite endret 25 år etter at kalkingen ble gjennomført. Dette og ytterligere reduksjon i sulfat har opprettholdt pH og økt ANC i tiltaksfeltet.

Som det går fram av figurene var det forskjeller mellom de to feltene før kalking. Det er mest tydelig for labilt Al, og i beregning av netto-effekten av kalkingen har vi tatt hensyn til det. Vi har beregnet

forskjellen mellom de to feltene for hver enkelt parameter (Figur 8 og Figur 9) og brukt denne differansen for perioden før og etter kalking for å beregne nettoeffekten. For Ca, Mg og sulfat har vi beregnet konsentrasjoner i  $\mu\text{ekv/l}$  for å kunne sammenlikne bidragene til ANC direkte.

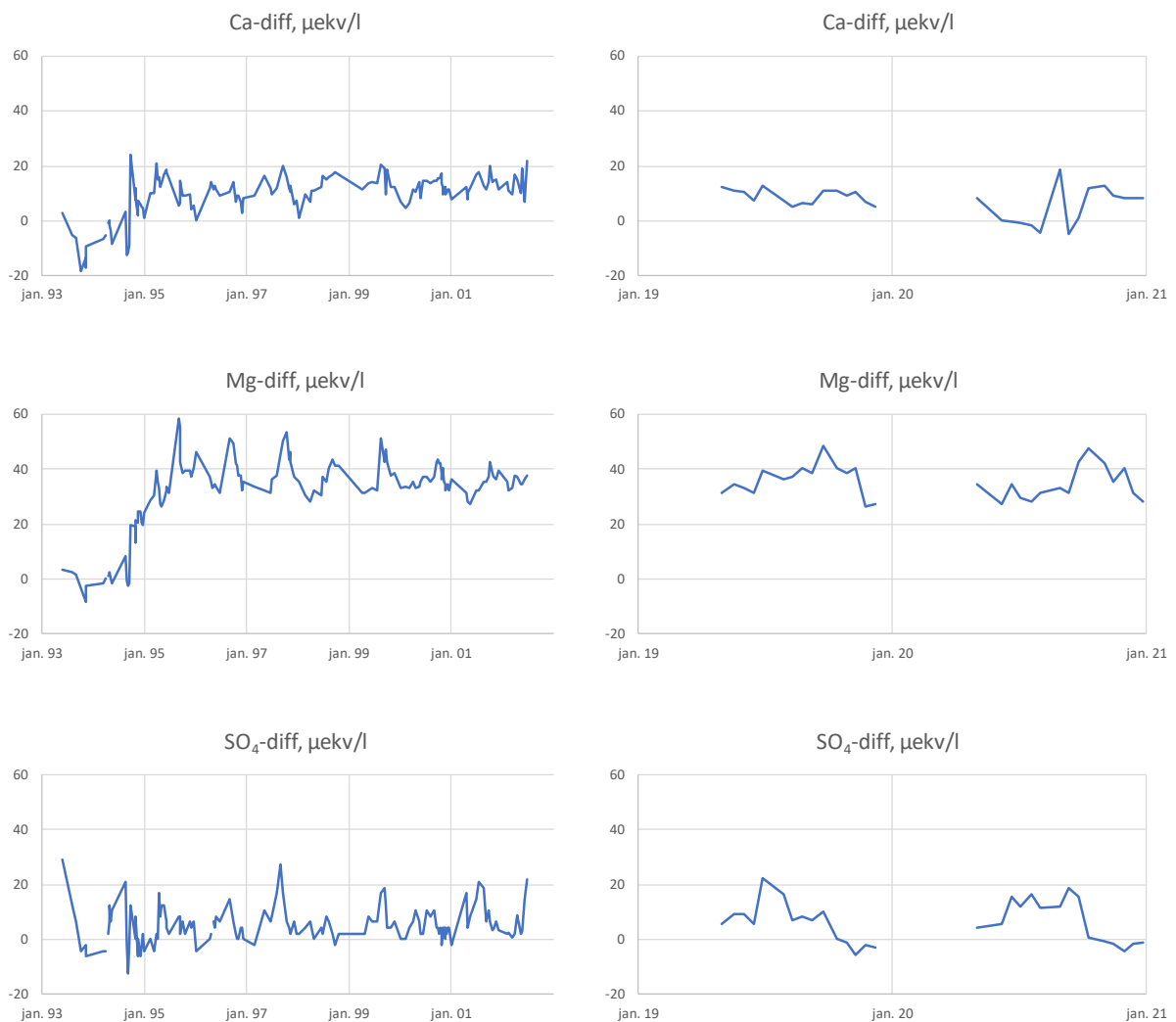


Figur 6. Konsentrasjonen av kalsium, magnesium og sulfat på stasjonene LIM-4 (kalket felt) og REF (ukalket referanse) i Gjerstad. Første måleperiode er vist til venstre, mens data fra 2019 og 2020 er vist til høyre.



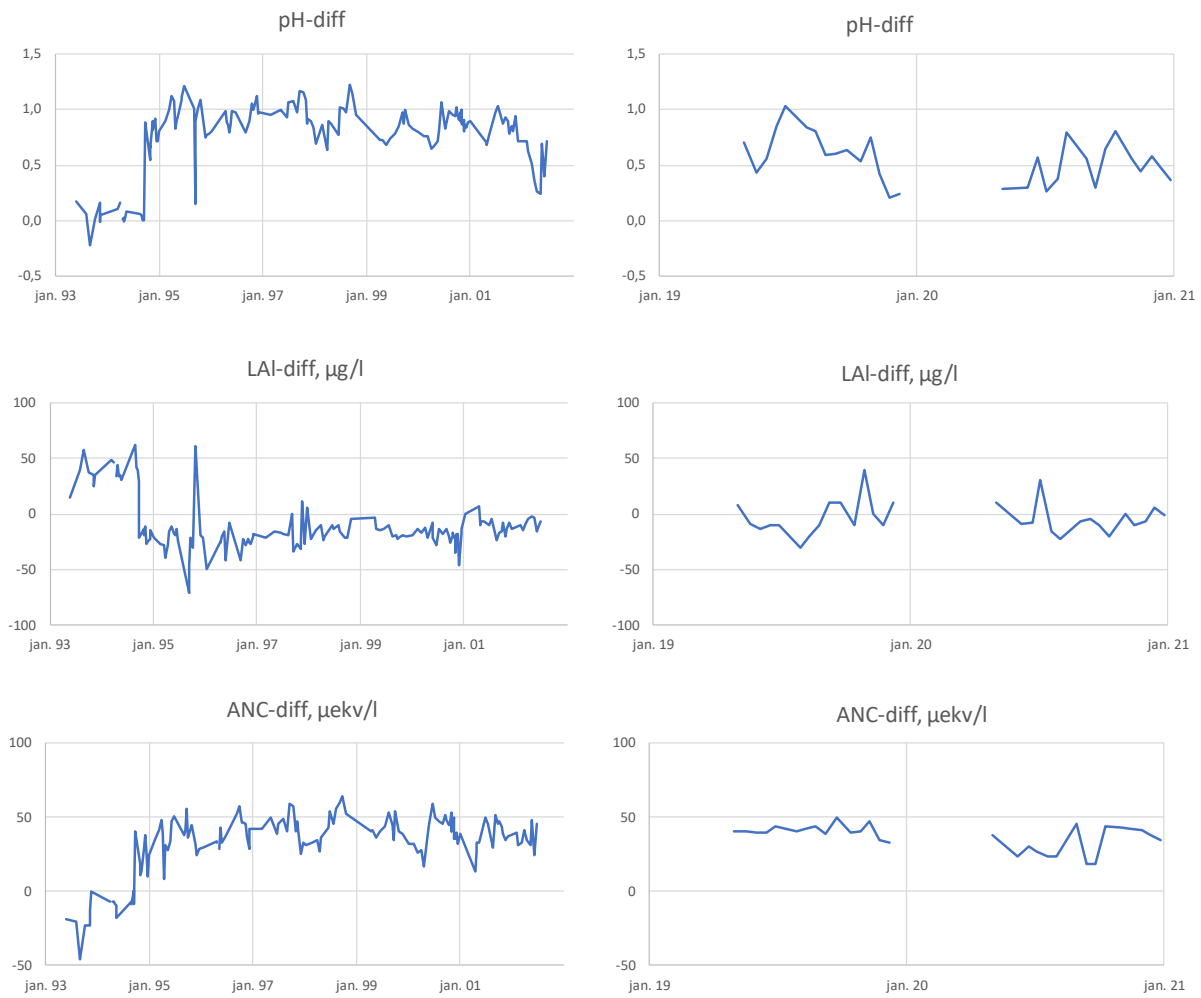
Figur 7. pH, labilt Al og ANC på stasjonene LIM-4 (kalket felt) og REF (ukalket referanse) i Gjerstad. Første måleperiode er vist til venstre, mens data fra 2019 og 2020 er vist til høyre.





Figur 8. Differansen i kalsium, magnesium og sulfat (i  $\mu\text{ekv/l}$ ) mellom kalket felt og referansefelt gjennom første måleperiode (venstre del) og siste periode (høyre del). Her har alle parametre samme skala på y-aksen og konsentrasjonene kan sammenliknes direkte.

Nettoforskjellene mellom kalket felt og referansefelt er beregnet og vist i Tabell 4. Her har vi også vist forskjellene mellom den første og den andre måleperioden. For Mg, labilt Al og ANC er det ubetydelige forskjeller mellom den første og den andre måleperioden. For Ca er det en svak reduksjon. Økningen på 1 mg/l for TOC etter kalking kan skyldes høyere pH og økt nedbryting og dermed utvasking av organisk materiale. En svak økning i sulfat kan skyldes desorpsjon av sulfat i jorda og/eller frigjøring av sulfat ved nedbrytingen av det organiske materialet.



Figur 9. Kalkeffekten i form av differanser for pH, labilt Al (µg/l) og ANC (µekv/l) mellom kalket felt og referansefelt gjennom første måleperiode (venstre del) og siste periode (høyre del).

Tabell 4. Forskjellen før og etter kalking, samt nettoeffekten av terrengkalkingen i Gjerstad.

Kalket-Ref		Før kalking	Etter kalking		Nettoeffekt	
			1994-2002	2019-2020	1994-2002	2019-2020
pH-diff		0,04	0,86	0,55	0,82	0,51
Ca-diff	µekv/l	-6,8	11,9	6,9	18,7	13,7
Mg-diff	µekv/l	-0,3	35,6	35,3	35,9	35,6
SO <sub>4</sub> -diff	µekv/l	3,7	5,3	6,4	1,6	2,7
LAl-diff	µg/l	38	-18	-4	-56	-42
ANC-diff	µekv/l	-13	39	37	52	50
ANC <sub>org</sub> -diff	µekv/l	-8	41	38	49	46
NO <sub>3</sub> -diff	µg/l	20	33	14	13	-6
TOC-diff	mg/l	-1,51	-0,53	-0,38	0,97	1,12
n		19	132	30		

Det er en stor og interessant forskjell i konsentrasjonen av Ca og Mg på ekvivalentbasis. Tilsynelatende er det Mg som står for mesteparten av kalkingseffekten ved at nettoeffekten er dobbelt så stor som for Ca. Vi tror imidlertid forskjellen kan tilskrives at Ca i større grad enn Mg er med å øke basemetningsgraden i jorda, mens Mg er mer mobilt enn Ca og i større grad transporteres ut av feltet.

Vi har estimert transporten av Ca og Mg og hvor mye av tilførte mengder som er transportert ut. Beregningen her for 1994-2020 er basert på middelkonsentrasjonen for hele perioden og normal middelavrenning for området (NVE NEVINA; perioden 1961-1990). Beregningen for 1994-2002 ble også gjort av Hindar mfl. (2003), og var da basert på volumveide konsentrasjoner og målt vannføring i feltet. Ved å bruke den midlere prosentvise transporten per år for 1994-2002 over hele perioden kom vi fram til en noe større transport enn ved bruk av middelavrenningen (Tabell 5). Det er transportert ut hhv. 10 % og 20 % av tilført mengde Ca og Mg.

Fra disse tallene og basert på tolkningen over, har minst 20 % av den tilførte dolomitten blitt løst opp. Dette har dels gått til å øke basemetningsgraden i jorda (vesentlig Ca) og er dels transportert ut av feltet (vesentlig Mg). Siden Mg også er med å øke basemetningsgraden, kan vi gå ut fra at en større andel av dolomitten er utnyttet enn det uttransporten viser, kanskje omkring 30 %.

Hvis det da er slik at anslagsvis 70 % av tilført mengde dolomitt fortsatt er tilgjengelig for avsyring, forklarer det for det første den stabile situasjonen fram til nå og for det andre at en effektperiode på 50 år er sannsynlig.

Tabell 5. Netto middelkonsentrasjoner av Ca og Mg i avrenningen og beregnede mengder transportert ut av det kalkede feltet. Prosent av tilført mengde er beregnet fra målte data i 1994-2020 kombinert med middelavrenning og fra det middeltalet for prosentvis utlekking som ble beregnet av Hindar mfl. (2003).

	Netto ut	Netto ut	Netto ut	Ut	Tilført*	Ut*	Hindar mfl. 2003	
	1994-2002	2019-2020	Md 26 år				1994-2002	1994-2020
	mg/l	mg/l	mg/l	t	t	%	%/år	%
Ca	0,38	0,28	0,34	4,9	52,2	9	0,44	11
Mg	0,44	0,43	0,44	6,3	31,6	20	0,93	24

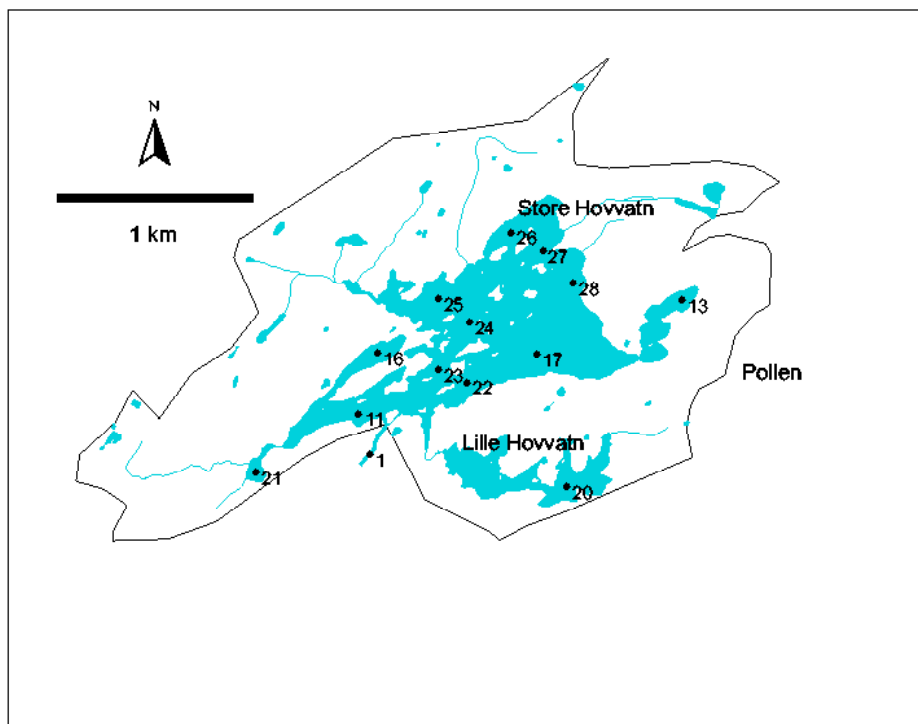
\*basert på ren dolomitt

### 3.2 Store Hovvatn

Hensikten med terrengkalkingen ved Store Hovvatn var å hindre reforsuring under isen og på den måten sikre en bedre eggoverlevelse i gytegrøpene i innsjøen og bedre forhold for reetablering av bunndyr. 700 tonn grovdolomitt (0,2-2 mm) ble spredt med helikopter over mesteparten av nedbørfeltet til Store Hovvatn, se tidligere beskrivelse.

I de påfølgende vintrene til og med 2008 ble det gjennomført prøvetaking på en rekke stasjoner i Store Hovvatn og i det ukalkede Lille Hovvatn (Figur 10). Prøvetakingen var på 1, 2 og 3 meters dyp, og omfattet tidvis også større dyp (5, 8 eller 15 meter) på Store Hovvatn og i Lille Hovvatn (8 meter).

Det ble analysert på pH, kalsium (Ca), reaktivt (RAI) og ikke-labilt (ILAI) aluminium og total organisk karbon (TOC). LAI beregnes som RAI-ILAI. I 2018 og 2021 ble det også målt på magnesium (Mg).



Figur 10. Store og Lille Hovvatn med prøvetakingsstasjoner. Stasjon 11 (båthus) og 17 er hovedstasjoner i Store Hovvatn, mens stasjon 21-28 ble etablert for å følge vannkjemi på 1, 2 og 3 meters dyp under isen. Stasjon 20 er referanse i Lille Hovvatn. Stasjon 15 i tabell 7 (og primærtabell) er den samme som stasjon 26 i denne figuren.

Terrengkalkingen ble gjennomført midt i oktober 1999, to år etter siste innsjøkalking. Vannkjemien i hovedvannmassen denne høsten viser at pH var nede i ca. 5,4 og LAI var 25-30 µg/l. Konsentrasjonene av Ca og Mg var hhv. 0,95 og 0,16 mg/l. Tilsvarende verdier for Lille Hovvatn var hhv. 4,75, 75 µg/l, 0,33 mg/l og 0,13 mg/l. Ca/Mg-forholdet var 5,9 på Store Hovvatn og 2,5 på Lille Hovvatn. Forskjellen skyldes effekten av tidligere kalking.

Middelverdiene oppunder isen de tre første vintrene viser at pH ikke lenger ble redusert vesentlig under snøsmeltingen etter terrengkalkingen. Det var også en klar økning i pH på alle tre dyp over tid

(Tabell 6). Konsentrasjonen av LAI var svært lav og avtakende på alle tre dyp i perioden, mens konsentrasjonen av kalsium holdt seg stabil på nær 1,0 mg/l. Økningen i TOC fra et bakgrunnsnivå på 3-4 mg/l før terrengkalking kan skyldes nedbryting av og frigjøring av organisk materiale i terrenget etter kalkingen, men det var også en økning i Lille Hovvatn. Disse middeltrendene for alle målepunktene var de samme på hovedstasjonen (st. 17) i Store Hovvatn. Prøver fra de påfølgende årene viser en svak reduksjon i pH på de tre øverste dypene, mens LAI forble lav (Figur 11).

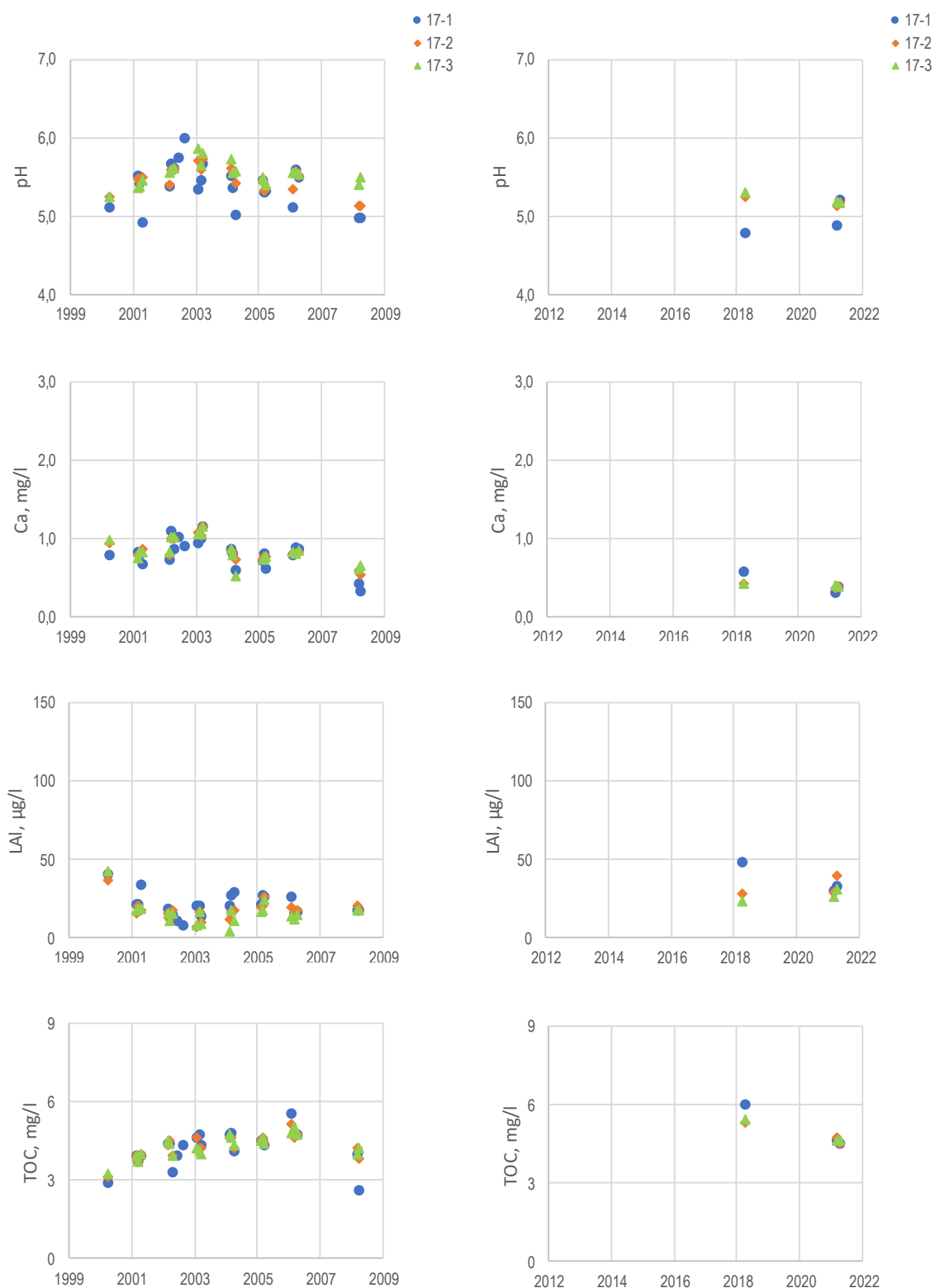
Tabell 6. Middelerverdier og variansanalyse (ANOVA) for pH, labilt Al (LAI) og kalsium (Ca) basert på alle prøver fra stasjon 13, 17 og 21-28 i Store Hovvatn for de tre første vintrene etter terrengkalking. Bokstavene a,b,c indikerer statistisk signifikante\* forskjeller mellom årene på samme dyp. Det er signifikant økning i pH og reduksjon i LAI fra år til år på alle dyp, mens det ikke er signifikante endringer over tid i Ca på 1 meters dyp. For Ca på 2 og 3 meters dyp er det ikke signifikante forskjeller mellom 2000 og 2002 (Hindar mfl. 2004/2012).

Variabel/år	1 meter	2 meter	3 meter
<b>pH:</b>			
2000 (n=26-30)	5.22 <sup>a</sup>	5.32 <sup>a</sup>	5.34 <sup>a</sup>
2001 (n=30)	5.41 <sup>b</sup>	5.53 <sup>b</sup>	5.50 <sup>b</sup>
2002 (n=23-24)	5.61 <sup>c</sup>	5.67 <sup>c</sup>	5.70 <sup>c</sup>
<b>LAI:</b>			
2000 (n=26-30)	36 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>
2001 (n=30)	22 <sup>b</sup>	16 <sup>b</sup>	16 <sup>b</sup>
2002 (n=23-24)	14 <sup>c</sup>	11 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>
<b>Ca:</b>			
2000 (n=26-30)	0.92 <sup>a</sup>	1.01 <sup>b</sup>	1.03 <sup>b</sup>
2001 (n=30)	0.86 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>
2002 (n=23-24)	0.94 <sup>a</sup>	1.04 <sup>b</sup>	1.09 <sup>b</sup>

\*Signifikansnivåer: pH: P<0.01 for 1 og 3 meter, P<0.05 for 2 meter;  
LAI: P<0.01 for alle dyp; Ca: P<0.05 for alle dyp.

Tabell 7. Middelerverdier for pH, LAI, Ca og Mg basert på prøver fra tre stasjoner på Store Hovvatn og den ene i Lille Hovvatn vintrene 2018 og 2021.

Store Hovvatn (11, 15, 17)					Lille Hovvatn (20)				
Variabel/periode	1 meter	2 meter	3 meter	8 meter	Variabel/år	1 meter	2 meter	3 meter	8 meter
<b>pH:</b>					<b>pH:</b>				
April 2018 (n=3)	4,65	5,18	5,20	5,39	2018, 2021 (n=2)	4,85	4,84	4,76	5,03
Mars 2021 (n=3)	5,07	5,16	5,24	5,24	<b>LAI:</b>				
April 2021 (n=3)	5,18	5,17	5,17	5,26	2018, 2021 (n=2)	29	42	44	47
<b>LAI:</b>					<b>Ca:</b>				
April 2018 (n=3)	52	30	29	27	2018, 2021 (n=2)	0,23	0,22	0,26	0,23
Mars 2021 (n=3)	31	30	22	24	<b>Mg:</b>				
April 2021 (n=3)	33	34	32	30	2018, 2021 (n=2)	0,21	0,14	0,21	0,14
<b>Ca:</b>									
April 2018 (n=3)	0,78	0,47	0,46	0,63					
Mars 2021 (n=3)	0,37	0,36	0,41	0,41					
April 2021 (n=3)	0,37	0,39	0,38	0,44					
<b>Mg:</b>									
April 2018 (n=3)	0,62	0,29	0,28	0,26					
Mars 2021 (n=3)	0,28	0,25	0,25	0,27					
April 2021 (n=3)	0,23	0,24	0,24	0,26					



Figur 11. pH, Ca, LAI og TOC på 1 meters dyp (blåfarget), 2 meters dyp (orange) og 3 meters dyp (grønn) vinterstid (under isen) i periodene 2000-2008 og 2018-2021.

Måleresultatene for 2018 og 2021 viser en merkbar reforsuring etter terrengkalkingen (Figur 11). pH på 8 meters dyp var 5,2-5,4 og Ca var redusert til 0,4-0,8 mg/l (Tabell 7). Konsentrasjonene av LAI var økt til 24-30 µg/l. pH, Ca og Mg var generelt klart høyere og LAI klart lavere enn på alle dyp i Lille Hovvatn.

Den vertikale variasjonen i pH var merkbar i 2018, med svært lav pH på 1 meters dyp (pH 4,79). På de tre andre dypene var pH klart høyere. Med unntak av aprilverdiene på 1 meters dyp i 2018 (52 µg/l for LAI og 0,78 mg/l for Ca) var det ingen betydelig vertikal forskjell i LAI og Ca. Denne dagen var pH 4,7 på 1 og 2 meter i Lille Hovvatn, men så lav som 4,48 på tre meter. Her har det trolig vært en ombytting av prøvene, og svært lav pH på 1 meters dyp i Lille Hovvatn kan være med å forklare at terrengkalkingen ikke bidro til høyere pH på 1 meter i Store Hovvatn. Hvorfor LAI i Lille Hovvatn var lavest på 1 meters dyp er ikke så lett å forklare. Det er kun verdiene i 2021 som bidrar til dette.

Forskjellen i Ca mellom de to vannene kan ha biologisk betydning. Konsentrasjonen av Ca på Lille Hovvatn var 0,23 mg/l i middel for alle måleverdier i 2018 og 2021. Dette er svært lavt og kan være marginalt for fisk og krepsdyr. Middelverdien for Store Hovvatn var 0,46 mg/l, dvs. dobbelt så høy.

Også Mg var markant høyere i Store Hovvatn enn i Lille Hovvatn, hhv. 0,29 og 0,17 mg/l. Dolomitttilførselen bidrar med både Ca og Mg. Bidraget med Mg var særlig høyt i april 2018, med verdier fra 0,4 til 0,9 mg/l.

Det er verdt å merke seg vannkvaliteten i Lille Hovvatn i april 2021. Da var middelkonsentrasjonene av Ca og Mg så lave som hhv. 0,17 og 0,10 mg/l. Tilsvarende verdier for Store Hovvatn denne dagen var hhv. 0,40 og 0,24 mg/l.

## 4 Konklusjon

Terrengkalking med grovdolomitt ble gjennomført i et skogsområde i Gjerstad i 1994 og i et skrint heiområde ved Store Hovvatn i 1999. I begge områder forelå det gode målinger i årene etterpå, men begge steder ble disse avsluttet for tidlig til å kunne fastslå effektperioden. Det har derfor vært vanskelig å sammenlikne økonomien i terrengkalking med andre kalkingsstrategier.

I årene 2018-2021 ble det tatt nye prøver. Disse ble gjennomført på samme måte som i den første perioden, og i Gjerstad med tilsvarende frekvens gjennom to sesonger.

I Gjerstad var det en bemerkelsesverdig god vannkvalitet, og det var lite tegn til avtakende kalkeeffekt over de 25-26 årene. Beregninger viser at hhv. 10 og 20 % av tilført kalsium og magnesium var transportert ut av tiltaksfeltet. En andel antas dessuten å ha bidratt til økt basemetning i jorda. Her kan kalsium ha bidratt mer enn magnesium.

Hvis vi antar at 30 % av dolomitten på denne måten er utnyttet, er det 70 % igjen i terrenget. Det er ikke utenkelig at en forholdsvis stor andel av tilført dolomitt er tilgjengelig for avsyring i årene framover. Dette, kombinert med den svært stabile langtidseffekten, kan gi den modellerte effekten på minst 50 år.

Effekten av terrengkalking ved Store Hovvatn skulle hindre eller sterkt redusere reforsuring under isen. Dette var åpenbart tilfelle de første årene etter kalking, og spørsmålet var hvilken resteffekt en ville ha etter omkring 20 år. Den generelle reduksjonen i forsuring har bidratt til noe høyere pH og noe lavere konsentrasjoner av labilt aluminium i perioden. Konsentrasjonen av basekationene Ca og Mg har trolig også blitt redusert, noe konsentrasjonene i Lille Hovvatn i april 2021 er et eksempel på.

Alle viktige parametere viser at det er en betydelig forskjell i vannkvalitet mellom Store og Lille Hovvatn. Reforsuringen under isen er mindre og terrengkalkingen bidrar fortsatt til å opprettholde forholdsvis høy pH, Ca og Mg, samt lav LAI.

Terrengkalkingen ved Store Hovvatn har dermed bidratt til både bedre vannkvalitet under isen og til at vannkvaliteten generelt er blitt klart mindre marginal med hensyn til konsentrasjonen av Ca og Mg. Kombinert med reduksjonen i forsuring, kan det dermed se ut til at vannkvaliteten fortsatt kan være akseptabel for eggoverlevelse og reetablering. Dette er trolig ikke tilfellet i det ukalkede Lille Hovvatn.



## 5 Referanser

- Barlaup, B.T., Hindar, A., Kleiven, E. and Høgberget, R. 1998. Incomplete mixing of limed water and acidic runoff restricts recruitment of lake spawning brown trout in Hovvatn, southern Norway. *Environ. Biol. Fish.* 53: 47-63.
- Hindar, A. (red.). 2004. Store og Lille Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. DN-utredning 2004-1.
- Hindar, A. 2005. Whole-catchment application of dolomite to mitigate episodic acidification of streams induced by sea-salt deposition. *Sci. Total Environ.* 343: 35-49.
- Hindar, A., Høgberget, R. og Skancke, L.B. 2004/2012. Har kalking av Store Hovvatn i perioden 1981-2002 gitt en akseptabel vannkvalitet? s. 32-46. I: Hindar, A. (red.). Store og Lille Hovvatn i Aust-Agder – en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. DN-utredning 2004-1.
- Hindar, A., Kroglund, F., Lydersen, E., Skiple, A., and Høgberget, R.: 1996. Liming of wetlands in the acidified Lake Røynelandsvatn catchment in southern Norway - effects on stream water chemistry. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 985-993.
- Hindar, A., og Larssen, T. 2004/2012. Effekter på vannkjemi etter terrengkalking i Fugleliåsen, s. 131-153. I: Hindar, A. (red.). Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Terrengkalkings-prosjektets oppsummeringsrapport. DN-utredning 5-2012. 152 s.
- Hindar, A., Tørseth, K., Aas, W., Heier, L.S., Salbu, B., Standring, W., Teien, H.-C., Bakkestuen, V., Brandrud, T.E., Aarrestad, P.A., Kroglund, F., Larssen, T., Nilsen, P. og Krokan, P.S. 2004/2012. Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Terrengkalkings-prosjektets oppsummeringsrapport. DN-utredning 5-2012. 152 s.
- Hindar, A. and Wright, R.F. 2005. Long-term records and modeling of acidification, recovery and liming at Lake Hovvatn, Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 2620-2631.
- Hindar, A., Wright, R.F., Nilsen, P., Larssen, T. and Høgberget, R. 2003. Effects on stream water chemistry and forest vitality after whole-catchment application of dolomite to a forest ecosystem in southern Norway. *Forest Ecology and Management* 180: 509-525.
- Nihlgård, B., Nilsson, S.I., Popovic, B., Bramryd, T., Fransman, B., Gyllin, M. och Ljungström, M. 1996. Markkemiska effekter av kalkning, s. 45-58. I: Staaf, H., Persson, T. och Bertills, U. (red.). Skogsmarks-kalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Rapport 4559, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Teien, H.-C., Standring, W.J.F., Salbu, B., Marskar, M., Kroglund, F. and Hindar, A. 2004. Mobilization of aluminium and deposition on fish gills during sea salt episodes – catchment liming as countermeasure. *Journal of Environmental Monitoring* 6: 1-11.
- Traaen, T.S., Frogner, T., Hindar, A., Kleiven, E., Lande, A. and Wright, R.F. 1997. Whole-catchment liming at Tjønnstrond, Norway: An 11-year record. *Water, Air, and Soil Pollut.* 94: 163-180.

# Vedlegg A. Terrengkalkingsprosjektets hovedkonklusjoner - kan terrengkalking anbefales?

## 1.1 Bakgrunn

En økologisk og økonomisk optimalisering innenfor kalkingsvirksomheten betinger at det bør foreligge en helhetlig oversikt over økologiske og økonomiske konsekvenser ved valg av ulike kalkingsstrategier og -metoder.

Det FoU-programmet som fra første dag ble etablert i tilknytning til kalkingsvirksomheten har hele tiden hatt som målsetting å legge grunnlag for dette.

Terrengkalking er utprøvet fra 1983 (kalking av Tjønnestrandfeltet i Telemark), videreført av prosjektet "Miljøtiltak i skog" (felt i Gjerstad kalket i 1994) og deretter i regi av Terrengkalkingsprosjektet. Terrengkalkingsprosjektet har forlenget deler av forsøkene i Gjerstad, Aust-Agder (Fugleliåsen) og satt igang og gjennomført forsøk i Flekke-Guddalvassdraget, Sogn og Fjordane (Hovlandsfeltet kalket i 1998) og i Suldal, Rogaland (Brommelandsfeltet kalket i 1999).

Ulike doser og kalktyper er brukt og kalk er spredt i en rekke ulike terrengtyper. Det foreligger en god vannkjemisk og botanisk dokumentasjon i de gjennomførte prosjektene. En fullstendig økonomisk analyse foreligger ikke, men et sammenliknende studium på basis av prosjektets resultater er foretatt for et felt i Flekke-Guddalvassdraget og to felt i Suldal.

## 1.2 Hovedresultater

### Jord:

- Terrengkalking gir redusert utvasking av aluminium (Al) og andre metaller fra jord.
- Dette er særlig viktig for forholdene i vassdragene under flomepisoder med forhøyede tilførsler av sjøsalter fordi transport av reaktivt Al fra nedbørfeltet og ut i vassdrag reduseres.
- De kjemiske egenskapene i øvre humussjikt i skogsjord endres betydelig ved kalkdoser på 1-3 tonn pr. ha. pH, basemetning og utbyttingskapasitet øker, mens utbyttbart aluminium, jern og hydrogen avtar.

### Vannkemi:

- Redusert Al-transport og økt pH gir redusert avsetning av Al på gjeller og derved reduserte negative effekter på fisk
- Vannkvaliteten (pH og uorganisk aluminium) kan bedres til et akseptabelt nivå ved bruk av 1-3 tonn kalk/ha, også under ekstreme værforhold på Vestlandet.
- Vannkjemien stabiliseres slik at en unngår betydelige sesongvariasjoner i avrenningsvannet. Det hindrer blant annet reforsuring under isen i innsjøer.
- Vannkjemien kan stabiliseres over flere tiår slik at terrengkalking kan betraktes som en "engangs"-foreteelse, særlig ved en parallell reduksjon i forsuring.

### Vegetasjon:

- Ved bruk av lavdose dolomitt-korn (1-3 tonn/ha) gir kalking relativt små og reversible skader på de fleste typer av skogsvegetasjon. Kalkingen virker veksthemmende på flere arter de

- første årene etter kalking. Over tid synes endringer som skyldes beite, naturlige suksessjoner og klimaendringer å bli viktigere enn kalkingeffekten.
- Unntak er torvmoserike røsslyngfurskoger på Vestlandet som kan ha noe større skader, særlig hvis kalken spres i tørt vær (trolig reversible skader, men lang "recovery"). I fuktige røsslyngskoger vil det kunne skje en økning av gras og graslignende arter, samt økt algevekst på råtnende organisk materiale.
  - Størst skader opptrer på torvmoser og levermoser, også en del på lav. Skadene er strakseffekter ved kontaktskader/sviskader. Det er registrert rask (< 5 år) til meget langsom recovery på disse grupper.
  - Et mindre surt jordsmonn og økt næringstilgang kan over tid føre til økt vekst av svakt næringskrevende arter.
  - Det skjer en betydelig nedgang i fruktlegemeproduksjon av mykorhizasopp (de som har symbiose med skogstrær) ved kalking. Dette er trolig en sekundæreffekt av økt nitrogen, og antas å være reversibel, men med langsom recovery (> 5 år).
  - Terrengkalking gir store skader på visse myrtyper, særlig regnvannsmyrer (nedbørmyrer) med kompakt torv. Skadebildet øker over tid de første tre år etter kalking. Her er reversibilitet usikker og "recovery" meget langsom. Tålegrenser er vurdert som overskredet for regnvannsmyr selv ved laveste grovdolomittkalkdose (1 tonn/ha).
  - Tålegrenser er vurdert som overskredet for regnvannsmyr selv ved laveste, undersøkte kalkdose (1 tonn/ha).
  - Ved bruk av (lavdose) kalksteinsmel blir vegetasjonsskadene betydelig større; med arealmessig omfattende utdøing av torvmoser og lav på bergflater. Tålegrenser er overskredet i hvert fall for myr, åpne furskoger og svabergområder.

#### Skog:

- Ved bruk av lave doser (1-3 tonn pr. ha) av grovdolomitt (0-2 mm) synes det ikke å være kortsiktige effekter, verken positive eller negative på trærnes tilvekst eller vitalitet. Effektene på lengre sikt (20-40 år) er sannsynligvis også minimale.

#### Økonomi:

- Terrengkalking innebærer en forholdsvis stor engangsinvestering fordi all kalk som skal virke i en periode på mange år spres samtidig.
- Denne kalkingsteknikken innebærer at det spares inn på årlige administrative kostnader og kostnader forbundet med f.eks. drift av kalkdoseringsanlegg.
- Behovet for kontrollundersøkelser av vannkjemi kan være mindre når først den nye vannkemiske tilstanden er nådd. Terrengkalking innebærer behov for en botanisk kartlegging og effektvurdering.
- Terrengkalking vil under de fleste forhold være et dyrere tiltak enn andre kalkingstiltak og bør bare brukes etter nærmere vurdering av nytteverdien.

### **1.3 Anbefaling**

1) Terrengkalking kan inngå i den ordinære kalkingsvirksomheten om en tar hensyn til punktene under.

2) Terrengkalking brukes der en vil oppnå et bedre biologisk/økologisk resultat enn ved bruk av andre kalkingsmetoder eller der det er problematisk å bruke andre metoder. Det bør derfor foreligge en slik vurdering. Det bør også foreligge en vurdering av vegetasjon og fare for uønskede skader på vegetasjon. I tillegg bør det utarbeides et spredekart der en kan merke av områder som skal unntas

for kalking (viktige områder for biologisk mangfold, større myrareal - særlig nedbørsmyrer, impedimentmark).

3) Det bør tas følgende hensyn:

- det brukes grovdolomitt (0-2 mm) eller aller helst grovdolomitt der finfraksjonen er fjernet (0,2-2 mm).
- kalken spres over et størst mulig område i terrenget for å minimalisere arealdosen.
- kalking av større myrområder vil gi skader og bør vurderes spesielt.
- større, sammenhengende fjelloverflater bør unntas for kalking.
- kalken bør spres fra helikopter og i størst mulig grad gjennomføres etter nedbør eller på seinhøsten for å hindre sviskader på vegetasjon.

4) Det bør brukes 1-3 tonn grovdolomitt/ha om en regner for hele nedbørfeltet. Mens 3 tonn/ha har gitt et godt og stabilt resultat i bekker i skogsmark (pH omkring 6,0), har 1 tonn/ha gitt en mer moderat virkning. Nedbørrike vestlandsområder med mye levermoser og torvmoser har lavere tålegrenser og bør gis lavere kalkdoser enn områder i mer kontinentale strøk.

## Vedlegg B. Primærdata vannkjemi

Forkortelser:

Kond	Konduktivitet	Mg	Magnesium	SO <sub>4</sub>	Sulfat	TOC	Totalt organisk karbon	NH <sub>4</sub> -N	Ammonium
Alk	Alkalitet i mmol/l	K	Kalium	Al/R	Reaktivt aluminium	Tot-P	Total fosfor	ANC	Syrenøytraliserende kapasitet
Alk-E	Alkalitet i µekv/l	Na	Natrium	Al/II	Ikke-labil aluminium	Tot-N	Total nitrogen	ANC <sub>org</sub>	TOC inkl i ANC-beregningen
Ca	Kalsium	Cl	Klorid	LAL	Labil aluminium	NO <sub>3</sub> -N	Nitrat		

### Vedleggstabell 1. Vannkjemidata for to stasjoner i Gjerstad i 2019 og 2020.

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp	pH	Kond	Alk	Alk-E	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al/R	Al/II	LAL	TOC	Tot-P	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	ANC1
					mS/m	mmol/l	µekv/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg C/l	µg/l P	µg/l N	µg/l N	µg/l N	µekv/l
10	Gjerstad, referanse	02.05.19	0	5,32	1,50	0,052	23	0,70	0,23	0,14	1,32	0,95	1,35	110	98	12	7,6	4	200	28	<2	58
10	Gjerstad, referanse	19.05.19	0	5,60	1,65	0,053	24	0,91	0,27	0,11	1,61	1,23	1,31	120	91	29	9,3	3	180	11	<2	78
10	Gjerstad, referanse	03.06.19	0	5,63	1,56	0,052	23	0,95	0,28	0,04	1,48	1,26	0,95	120	96	24	10,4	3	170	<2	<2	80
10	Gjerstad, referanse	17.06.19	0	5,22	1,57	0,044	14	0,89	0,28	0,02	1,34	1,04	1,08	150	130	20	12,6	4	200	<2	<2	74
10	Gjerstad, referanse	30.06.19	0	5,55	1,60	0,059	30	1,14	0,30	0,03	1,42	1,31	0,81	150	130	20	11,6	6	220	<2	<2	90
10	Gjerstad, referanse	30.07.19	0	5,16	1,85	0,035	4	1,06	0,32	0,04	1,37	1,43	0,91	190	130	60	16,0	8	270	<2	4	80
10	Gjerstad, referanse	12.08.19	0	4,97	1,87	0,038	8	1,08	0,32	0,03	1,42	1,51	0,80	200	170	30	16,0	5	220	<2	4	83
10	Gjerstad, referanse	26.08.19	0	5,51	1,77	0,051	22	1,07	0,30	0,03	1,54	1,80	0,71	180	160	20	14,7	5	250	5	4	80
10	Gjerstad, referanse	08.09.19	0	5,39	1,79	0,046	16	1,15	0,32	0,05	1,62	2,15	0,58	170	130	40	13,6	4	220	6	4	82
10	Gjerstad, referanse	24.09.19	0	5,75	1,78	0,069	41	1,48	0,34	0,09	1,70	1,89	0,51	130	120	10	12,6	4	240	19	5	113
10	Gjerstad, referanse	14.10.19	0	5,14	1,94	0,042	12	0,92	0,28	0,15	1,72	1,93	1,09	140	110	30	11,4	3	180	2	<2	70
10	Gjerstad, referanse	28.10.19	0	5,34	1,73	0,049	20	0,84	0,24	0,08	1,54	1,52	1,20	120	110	10	9,7	2	190	12	<2	62
10	Gjerstad, referanse	10.11.19	0	5,59	1,73	0,054	25	1,01	0,28	0,06	1,63	1,50	1,63	120	100	20	8,6	2	210	28	5	68
10	Gjerstad, referanse	24.11.19	0	5,32	1,47	0,047	18	0,56	0,20	0,06	1,22	0,97	1,49	120	100	20	7,8	2	160	11	10	40
10	Gjerstad, referanse	09.12.19	0	5,36	1,52	0,047	18	0,78	0,23	0,05	1,43	0,96	1,44	120	110	10	8,1	2	170	19	7	63
10	Gjerstad, referanse	03.05.20	0	5,89	1,58	0,055	26	0,99	0,26	0,20	1,64	1,83	1,05	69	52	17	6,9	3	200	27	<2	72
10	Gjerstad, referanse	07.06.20	0	5,53	1,66	0,053	24	0,89	0,30	0,07	1,48	2,16	1,03	110	73	37	10,2	5	210	5	<2	52
10	Gjerstad, referanse	23.06.20	0	5,94	1,60	0,069	41	1,25	0,32	0,05	1,49	2,24	0,83	100	62	38	10,7	5	240	<2	<2	74
10	Gjerstad, referanse	05.07.20	0	5,80	1,61	0,072	44	1,09	0,32	0,04	1,33	1,84	0,68	120	97	23	12,2	6	300	<2	<2	73
10	Gjerstad, referanse	20.07.20	0	6,08	1,58	0,073	45	1,13	0,32	0,03	1,46	1,95	0,48	100	75	25	10,8	8	280	<2	<2	82
10	Gjerstad, referanse	02.08.20	0	5,30	1,77	0,054	25	1,16	0,36	0,04	1,37	1,94	0,82	160	93	67	14,1	5	300	<2	<2	76
10	Gjerstad, referanse	30.08.20	0	5,92	1,74	0,077	49	1,29	0,37	0,05	1,60	2,22	0,39	110	92	18	11,0	5	250	<2	<2	95
10	Gjerstad, referanse	13.09.20	0	6,20	1,93	0,114	88	1,53	0,41	0,06	1,63	2,51	0,51	66	59	7	9,5	5	210	3	<2	101

NIVA 7673-2021

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Alk-E µekv/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	LAL µg/l	TOC mg C/l	Tot-P µg/l P	Tot-N µg/l N	NO <sub>3</sub> -N µg/l N	NH <sub>4</sub> -N µg/l N	ANCI µekv/l
10	Gjerstad, referanse	27.09.20	0	5,23	2,29	0,049	20	1,37	0,44	0,24	1,80	3,51	0,99	140	100	40	13,0	5	170	5	4	69
10	Gjerstad, referanse	11.10.20	0	5,05	2,31	0,040	10	1,16	0,38	0,15	1,90	3,46	1,49	160	130	30	10,9	4	210	7	<2	47
10	Gjerstad, referanse	03.11.20	0	4,98	2,07	0,037	6	0,82	0,30	0,08	1,67	2,86	1,46	130	100	30	8,9	3	200	<2	<2	29
10	Gjerstad, referanse	15.11.20	0	4,98	1,93	0,038	8	0,75	0,27	0,11	1,45	2,26	1,30	130	110	20	9,1	4	230	13	<2	34
10	Gjerstad, referanse	01.12.20	0	5,35	1,82	0,048	19	1,01	0,31	0,06	1,64	2,56	1,58	110	65	45	7,8	3	180	24	<2	42
10	Gjerstad, referanse	14.12.20	0	5,03	1,75	0,032	0	0,62	0,23	0,11	1,38	1,77	1,47	110	76	34	6,7	2	190	34	<2	30
10	Gjerstad, referanse	28.12.20	0	4,98	1,67	0,031	0	0,49	0,21	0,16	1,22	2,21	1,03	88	53	35	5,1	3	140	7	3	15
4	Gjerstad, kalka	02.05.19	0	6,02	1,73	0,072	44	0,95	0,61	0,17	1,38	1,02	1,62	170	150	20	8,0	6	180	15	<2	98
4	Gjerstad, kalka	19.05.19	0	6,03	1,89	0,083	56	1,13	0,69	0,15	1,70	1,28	1,74	150	130	20	8,6	4	160	10	<2	118
4	Gjerstad, kalka	03.06.19	0	6,19	1,83	0,077	49	1,16	0,68	0,12	1,54	1,22	1,39	150	140	10	9,1	4	160	9	<2	120
4	Gjerstad, kalka	17.06.19	0	6,07	1,67	0,075	47	1,04	0,66	0,06	1,43	0,98	1,35	190	180	10	11,5	21	180	<2	<2	114
4	Gjerstad, kalka	30.06.19	0	6,58	2,15	0,109	83	1,40	0,78	0,36	1,68	1,50	1,89	130	120	10	8,8	8	220	8	<2	134
4	Gjerstad, kalka	30.07.19	0	6,00	2,01	0,060	31	1,21	0,76	0,15	1,47	1,23	1,70	200	170	30	13,3	7	260	3	3	120
4	Gjerstad, kalka	12.08.19	0	5,77	1,93	0,060	31	1,18	0,77	0,09	1,45	1,37	1,14	220	210	10	15,1	7	240	5	<2	125
4	Gjerstad, kalka	26.08.19	0	6,10	1,95	0,089	62	1,20	0,79	0,14	1,59	1,78	1,10	210	200	10	13,2	7	250	11	<2	124
4	Gjerstad, kalka	08.09.19	0	5,99	2,02	0,068	40	1,27	0,79	0,15	1,59	2,13	0,92	200	150	50	13,0	13	230	16	4	121
4	Gjerstad, kalka	24.09.19	0	6,38	2,30	0,108	82	1,70	0,93	0,26	1,76	2,11	1,00	140	120	20	10,5	6	270	29	8	162
4	Gjerstad, kalka	14.10.19	0	5,67	2,04	0,062	34	1,14	0,77	0,17	1,61	2,17	1,10	200	180	20	13,0	4	210	11	<2	110
4	Gjerstad, kalka	28.10.19	0	6,09	1,93	0,076	48	1,02	0,71	0,11	1,48	1,71	1,15	160	110	50	10,6	3	220	25	<2	103
4	Gjerstad, kalka	10.11.19	0	6,01	2,07	0,080	52	1,22	0,77	0,15	1,57	1,71	1,35	150	130	20	8,2	2	300	79	10	114
4	Gjerstad, kalka	24.11.19	0	5,53	1,48	0,056	27	0,70	0,52	0,06	1,17	0,91	1,39	190	180	10	9,6	3	200	21	8	74
4	Gjerstad, kalka	09.12.19	0	5,60	1,50	0,059	30	0,88	0,56	0,07	1,29	0,79	1,30	190	170	20	9,8	3	240	41	5	96
4	Gjerstad, kalka	03.05.20	0	6,18	1,90	0,074	46	1,16	0,68	0,23	1,59	1,75	1,26	97	70	27	7,9	4	280	51	4	110
4	Gjerstad, kalka	07.06.20	0	5,83	1,78	0,065	37	0,89	0,63	0,08	1,40	1,96	1,30	120	92	28	10,0	4	230	10	<2	76
4	Gjerstad, kalka	23.06.20	0	6,51	2,14	0,112	86	1,24	0,74	0,22	1,59	2,12	1,58	89	59	30	9,7	6	280	13	16	104
4	Gjerstad, kalka	05.07.20	0	6,06	1,87	0,085	58	1,07	0,68	0,10	1,41	1,59	1,26	140	86	54	12,4	8	370	30	<2	100
4	Gjerstad, kalka	20.07.20	0	6,46	2,03	0,104	77	1,10	0,66	0,21	1,55	1,77	1,26	89	80	9	9,2	12	350	14	11	105
4	Gjerstad, kalka	02.08.20	0	6,09	1,96	0,088	61	1,07	0,74	0,13	1,44	1,83	1,36	120	76	44	11,3	5	310	12	<2	99
4	Gjerstad, kalka	30.08.20	0	6,48	2,12	0,116	90	1,66	0,77	0,22	1,58	2,09	0,97	80	69	11	8,5	2	260	14	33	140
4	Gjerstad, kalka	13.09.20	0	6,50	2,49	0,151	126	1,43	0,79	0,47	1,71	2,56	1,40	37	35	2	6,9	5	250	28	15	119
4	Gjerstad, kalka	27.09.20	0	5,88	2,52	0,077	49	1,39	0,96	0,15	1,69	3,57	1,73	150	120	30	11,0	5	280	24	3	87
4	Gjerstad, kalka	11.10.20	0	5,85	2,42	0,074	46	1,40	0,96	0,16	1,75	3,73	1,52	160	150	10	11,0	4	310	24	<2	90
4	Gjerstad, kalka	03.11.20	0	5,54	2,06	0,060	31	1,08	0,81	0,11	1,56	3,13	1,43	180	150	30	10,4	4	260	15	<2	72
4	Gjerstad, kalka	15.11.20	0	5,42	1,91	0,062	34	0,93	0,70	0,15	1,38	2,30	1,23	180	170	10	11,2	8	310	27	<2	75
4	Gjerstad, kalka	01.12.20	0	5,93	1,98	0,073	45	1,18	0,80	0,09	1,51	2,68	1,38	130	92	38	8,9	4	290	77	<2	83

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp	pH	Kond	Alk	Alk-E	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al/R	Al/II	LAL	TOC	Tot-P	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	ANCI
					mS/m	mmol/l	µekv/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg C/l	µg/l P	µg/l N	µg/l N	µg/l N	µekv/l
4	Gjerstad, kalka	14.12.20	0	5,51	1,68	0,051	22	0,79	0,61	0,11	1,27	1,65	1,40	150	110	40	8,0	5	240	58	<2	68
4	Gjerstad, kalka	28.12.20	0	5,34	1,61	0,046	16	0,66	0,55	0,13	1,16	2,17	0,98	130	96	34	6,7	6	170	16	<2	49

## Vedleggstabell 2. Primærdata vannkjemi for fire stasjoner på Hovvatn i 2018 og 2021.

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp	pH	Kond	Alk	Alk-E	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al/R	Al/II	LAL	TOC	Tot-P	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	ANCI
					mS/m	mmol/l	µekv/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg C/l	µg/l P	µg/l N	µg/l N	µg/l N	µekv/l
11	Store Hovvatn v. båthus	09.04.18	1	4,58	5,87	<0.03	0	1,13	0,88	0,26	4,97	9,57	4,08	140	89	51	7,2		2200	970		-73
11	Store Hovvatn v. båthus	09.04.18	2	5,24	1,86	0,044	14	0,47	0,31	0,10	1,58	2,06	0,99	110	83	27	5,8		1000	190		28
11	Store Hovvatn v. båthus	09.04.18	3	5,28	1,44	0,039	9	0,47	0,26	0,08	1,17	1,47	0,74	110	83	27	5,4		380	97		34
11	Store Hovvatn v. båthus	09.04.18	8	5,33	1,35	0,041	11	0,44	0,26	0,08	1,08	1,30	0,69	110	83	27	5,4		365	83		36
11	Store Hovvatn v. båthus	04.03.21	1	5,18	1,51	0,040	10	0,40	0,32	0,08	1,29	2,17	1,07	93	64	29	5,1	3	270	76	22	15
11	Store Hovvatn v. båthus	04.03.21	2	5,16	1,31	0,041	11	0,35	0,25	0,06	1,07	1,71	0,92	87	57	30	4,9	3	290	94	35	12
11	Store Hovvatn v. båthus	04.03.21	3	5,17	1,26	0,040	10	0,36	0,24	0,06	1,02	1,59	0,87	80	55	25	4,9	3	310	94	36	14
11	Store Hovvatn v. båthus	04.03.21	8	5,27	1,25	0,043	13	0,40	0,27	0,06	1,08	1,80	0,81	86	59	27	5,1	3	280	57	31	19
11	Store Hovvatn v. båthus	07.04.21	1	5,14	1,27	0,033	2	0,36	0,24	0,06	1,00	1,83	0,99	86	54	32	4,7	3	220	97	23	4
11	Store Hovvatn v. båthus	07.04.21	2	5,17	1,27	0,032	0	0,39	0,25	0,07	1,02	1,85	1,01	85	55	30	4,8	3	230	98	24	6
11	Store Hovvatn v. båthus	07.04.21	3	5,18	1,29	0,032	0	0,40	0,25	0,07	1,03	1,87	1,02	88	57	31	4,9	3	330	97	25	6
11	Store Hovvatn v. båthus	07.04.21	8	5,26	1,27	0,036	5	0,44	0,28	0,07	1,05	1,98	0,97	88	54	34	5,1	3	310	77	29	11
15	Store Hovvatn, nord	09.04.18	1	4,58	4,99	<0.03	0	0,64	0,55	0,22	3,61	5,36	2,33	120	63	57	5,3		2100	1150		-42
15	Store Hovvatn, nord	09.04.18	2	5,05	1,88	0,031	0	0,51	0,30	0,10	1,43	1,93	0,88	120	86	34	5,2		625	250		24
15	Store Hovvatn, nord	09.04.18	3	5,03	2,03	<0.03	0	0,49	0,32	0,10	1,55	2,10	0,99	120	83	37	5,2		700	300		19
15	Store Hovvatn, nord	09.04.18	8	5,35	1,41	0,041	11	0,50	0,26	0,08	1,11	1,42	0,72	110	79	31	4,5		350	130		32
15	Store Hovvatn, nord	04.03.21	1	5,15	1,44	0,040	10	0,40	0,28	0,07	1,16	2,01	0,95	90	57	33	4,8	3	340	150	30	8
15	Store Hovvatn, nord	04.03.21	2	5,17	1,27	0,040	10	0,35	0,24	0,06	1,02	1,60	0,79	88	56	32	4,7	3	310	100	36	14
15	Store Hovvatn, nord	04.03.21	3	5,36	1,23	0,044	14	0,46	0,27	0,06	1,08	1,77	0,75	79	64	15	4,4	3	260	82	22	22
15	Store Hovvatn, nord	04.03.21	8	5,16	1,41	0,040	10	0,43	0,28	0,07	1,14	1,90	0,89	90	72	18	4,6	3	330	140	30	14
15	Store Hovvatn, nord	07.04.21	1	5,18	1,24	0,032	0	0,36	0,23	0,06	0,97	1,80	0,96	84	50	34	4,6	3	310	120	27	1
15	Store Hovvatn, nord	07.04.21	2	5,17	1,25	0,033	2	0,38	0,23	0,06	0,97	1,79	0,92	82	48	34	4,5	3	220	120	29	3
15	Store Hovvatn, nord	07.04.21	3	5,17	1,25	0,031	0	0,37	0,23	0,06	0,98	1,82	0,96	85	50	35	4,5	3	320	120	28	2
15	Store Hovvatn, nord	07.04.21	8	5,37	1,23	0,037	6	0,53	0,27	0,07	1,05	2,01	0,94	72	45	27	4,4	3	320	110	24	12

NIVA 7673-2021

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Alk-E µekv/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	LAL µg/l	TOC mg C/l	Tot-P µg/l P	Tot-N µg/l N	NO <sub>3</sub> -N µg/l N	NH <sub>4</sub> -N µg/l N	ANCI µekv/l
17	Store Hovvatn, sørøst	09.04.18	1	4,79	3,36	<0.03	0	0,57	0,42	0,15	2,37	3,47	1,62	130	82	48	6		1380	670		-10
17	Store Hovvatn, sørøst	09.04.18	2	5,25	1,48	0,043	13	0,43	0,26	0,09	1,16	1,50	0,72	110	82	28	5,3		520	130		29
17	Store Hovvatn, sørøst	09.04.18	3	5,30	1,37	0,045	15	0,42	0,25	0,09	1,10	1,39	0,67	100	77	23	5,4		450	100		31
17	Store Hovvatn, sørøst	09.04.18	8	5,48	1,35	0,046	16	0,95	0,25	0,09	1,09	1,36	0,66	100	76	24	5,1		400	110		58
17	Store Hovvatn, sørøst	04.03.21	1	4,89	1,83	0,032	0	0,31	0,24	0,09	1,31	2,53	0,94	87	57	30	4,6	3	410	190	59	-10
17	Store Hovvatn, sørøst	04.03.21	2	5,14	1,36	0,039	9	0,37	0,26	0,09	1,08	1,77	0,86	90	61	29	4,7	3	360	130	39	12
17	Store Hovvatn, sørøst	04.03.21	3	5,19	1,25	0,040	10	0,40	0,24	0,06	1,02	1,59	0,81	84	58	26	4,6	4	350	98	36	17
17	Store Hovvatn, sørøst	04.03.21	8	5,29	1,39	0,045	15	0,41	0,25	0,06	1,05	1,72	0,83	85	57	28	4,7	4	320	100	36	15
17	Store Hovvatn, sørøst	07.04.21	1	5,21	1,26	0,034	3	0,39	0,22	0,08	1,00	1,90	0,93	80	47	33	4,5	3	250	130	27	1
17	Store Hovvatn, sørøst	07.04.21	2	5,18	1,29	0,032	0	0,39	0,23	0,08	1,02	1,95	0,95	87	48	39	4,5	3	250	130	29	1
17	Store Hovvatn, sørøst	07.04.21	3	5,17	1,27	0,033	2	0,38	0,23	0,06	0,99	1,89	0,94	81	50	31	4,6	3	240	130	29	0
17	Store Hovvatn, sørøst	07.04.21	8	5,16	1,28	0,031	0	0,36	0,23	0,06	1,00	1,90	0,98	78	49	29	4,5	3	320	140	31	-2
20	Lille Hovvatn	09.04.18	1	4,72	3,63	<0.03	0	0,34	0,30	0,17	2,72	3,98	1,64	130	84	46	6,4		1380	660		-29
20	Lille Hovvatn	09.04.18	2	4,74	2,00	<0.03	0	0,24	0,15	0,12	1,27	1,68	0,80	130	87	43	5,9		640	190		5
20	Lille Hovvatn	09.04.18	3	4,48	4,76	<0.03	0	0,35	0,36	0,24	3,11	4,57	2,16	120	74	46	6,6		2000	1010		-58
20	Lille Hovvatn	09.04.18	8	4,82	1,61	<0.03	0	0,25	0,12	0,14	1,04	1,31	0,64	130	81	49	6		520	83		15
20	Lille Hovvatn	04.03.21	1	4,85	2,24	<0.03	0	0,24	0,25	0,08	1,79	3,75	1,12	55	33	22	2,4	2	460	290	99	-37
20	Lille Hovvatn	04.03.21	2	4,90	1,58	0,031	0	0,22	0,16	0,09	1,22	2,10	0,85	110	68	42	5,4	4	350	79	43	-3
20	Lille Hovvatn	04.03.21	3	4,93	1,62	0,033	2	0,23	0,16	0,12	1,35	2,36	0,84	110	68	42	5,9	5	400	64	42	-2
20	Lille Hovvatn	04.03.21	8	5,26	1,54	0,043	13	0,24	0,17	0,13	1,33	2,29	0,85	110	66	44	5,9	5	400	63	41	0
20	Lille Hovvatn	07.04.21	1	4,97	1,26	<0.03	0	0,11	0,07	0,29	0,91	1,75	0,63	50	30	20	3,9	5	320	62	21	-9
20	Lille Hovvatn	07.04.21	2	4,88	1,48	<0.03	0	0,19	0,11	0,19	1,04	1,99	0,96	100	60	40	5,3	5	280	81	34	-13
20	Lille Hovvatn	07.04.21	3	4,88	1,49	<0.03	0	0,20	0,12	0,14	1,02	1,45	0,72	110	65	45	5,7	5	240	52	52	8
20	Lille Hovvatn	07.04.21	8	5,00	1,45	<0.03	0	0,19	0,12	0,10	1,02	1,48	0,76	110	62	48	6	4	290	53	45	5



## 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

Økernveien 94 • 0579 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)