

Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus	Løpenr. (for bestilling) 6151-2011	Dato Januar 2011
	Prosjektnr. Udemnr. 10289/27474	Sider Pris 35
Forfatter(e) Øyvind A. Garmo, Frode Kroglund, Kari Austnes	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo og Akershus	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning Fylkesmannen i Oslo og Akershus	Oppdragsreferanse Hanne Hegseth Terje Wivestad
--	--

<p>Sammendrag</p> <p>Sur nedbør har blitt kraftig redusert de siste 30 årene. Dette har gitt bedre vannkvalitet i følsomme områder. Mange innsjøer i Oslo og Akershus blir kalket for å motvirke forsuring. Når vannkvaliteten er tilstrekkelig god kan kalkingen opphøre. Formålet med dette prosjektet var å vurdere behovet for fortsatt kalking i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. En statistisk modell er utviklet for å kunne estimere hvilke kalsiumkonsentrasjoner og syrenøytraliserende kapasitet (ANC) innsjøer ville hatt uten kalking. På bakgrunn av dette har forsuringstilstanden i 143 av 262 kalkede innsjøer blitt vurdert, basert på grenseverdiene for ANC i veilederen som er utarbeidet som en del av vannforskriften. Vurderingen konkluderer med at fortsatt kalking anbefales i én av innsjøene, kalking kan avsluttes i 106 innsjøer, mens det er 36 innsjøer hvor det er usikkert om "ukalket" ANC er over eller under grenseverdien for god/moderat forsuringstilstand. Både modeller og grenseverdier er forbundet med usikkerhet. Avslutning av kalking bør derfor bare gjennomføres under forutsetning av at utviklingen i innsjøene kan følges opp over tid.</p>

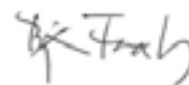
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kalking 2. Restituering 3. Innsjøer 4. Oslo og Akershus 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Liming 2. Recovery 3. Lakes 4. Oslo and Akershus
--	---



Kari Austnes
Prosjektleder



Thorjørn Larssen
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus

Forord

Sur nedbør har avtatt i senere år. Dette har redusert behovet for kalking. Fylkesmannen i Oslo og Akershus ved Terje Wivestad har ønsket en metode for å beregne hva vannkvaliteten ville endres til i enkeltsjøer hvis kalkingen avsluttes. På bakgrunn av slike beregninger kan det vurderes om fortsatt kalking er nødvendig. Et foreløpig notat er tidligere sendt til Fylkesmannen. Dette notatet er senere videreutviklet etter hvert som erfaringene med modellutviklingen har økt. På oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) er det nå satt i gang et prosjekt for å gjøre en tilsvarende vurdering i alle fylker hvor innsjøer kalkes. I den forbindelse er det utarbeidet en generell prosedyre for hvordan vurderingen kan foretaes. For å samsvare med denne prosedyren er dataanalysen for Oslo og Akershus gjort på nytt, og rapporten er omarbeidet til denne rapporten.

Hamar, 25. januar 2011

Øyvind Garmo

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Bakgrunn	7
2.1 ANC som forsuringsindikator	7
2.2 Grenseverdier for ANC	8
2.3 ANC i kalkede innsjøer	9
3. Materiale og metode	10
3.1 Vannkjemidata	10
3.2 Modell for estimering av Ca-konsentrasjon	13
3.3 Metode for vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer	13
4. Resultater	14
4.1 Modellutvikling og validering av modeller	14
4.2 Samsvar mellom tidsserier, data av nyere dato og modell	16
4.3 Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede sjøer	17
5. Diskusjon	19
5.1 Metodens usikkerhet	19
5.2 Oppfølging av vurderingen	20
5.3 Videre bruk av modellen	20
6. Konklusjon	21
7. Referanser	21
Vedlegg A. Oversikt over sjøer som antas å være upåvirket av kalking ved tidspunkt for prøvetaking	23
Vedlegg B. Oversikt over kalkede sjøer	29

Sammendrag

Sur nedbør har blitt kraftig redusert de siste 30 årene. Redusert sur nedbør har gitt en positiv endring i vannkvaliteten med hensyn til forsuring og gir redusert behov for kalking. Når vannkvaliteten har blitt god nok kan kalkingen avvikles. Formålet med denne utredningen har vært å vurdere behovet for fortsatt kalking av kalkede innsjøer i Oslo og Akershus.

Vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC) er en relativt god indikator på forsuring. Kalking påvirker imidlertid både ANC og alle andre forsuringindikatorer, noe som gjør at effektene av redusert sur nedbør ikke kan påvises direkte i kalkede innsjøer. Det er derfor utviklet område-spesifikke statistiske modeller for å estimere "ukalket" konsentrasjon av kalsium (Ca). Denne kan brukes til å anslå hva verdien for ANC ville vært hvis innsjøen ikke var kalket. Modellene har blitt utviklet og validert basert på data fra ukalkede innsjøer i Akershus (data fra 1988) og Oslo (data fra 1986). I tillegg har de blitt validert ved hjelp av data fra fylkets ukalkede innsjøer som har blitt overvåket over tid samt enkeltdata fra senere år.

Vurderingen av kalkingsbehov er gjort ved å sammenligne "ukalket" ANC med grenseverdiene for skillet mellom god og moderat forsuringstilstand, som gitt i klassifiseringsveilederen til vannforskriften. Grenseverdiene varierer avhengig av innsjøens type, dvs. etter høyde over havet, kalkinnhold og humusinnhold. En typifisering av de kalkede innsjøene måtte derfor utføres før vi kunne gjøre en vurdering av kalkingsbehovet.

Vurderingen er kun basert på anslått forsuringstilstand (estimert ANC) for innsjøene. Det er ikke vurdert om andre naturlige eller menneskeskapte betingelser som kan påvirkes av kalking, hindrer en levedyktig fiskebestand. Det er heller ikke vurdert om faktorer som klimaforhold og tilgang på gytebekker, gjør livsbetingelsene vanskelige for fisk, uavhengig av forsuringstilstand i innsjøen.

Det lyktes ikke å utvikle en modell som fungerte for hele Oslo og Akershus. To områder ble derfor valgt ut basert på likheter i berggrunn. Anslagsvis 223 av de 262 kalkede innsjøene (anno 2009) i fylket ligger i disse to områdene. Av disse ble 143 innsjøer med data fra 2007 og/eller 2008 vurdert.

Resultatet av vurderingen ble at det anbefales fortsatt kalking i én innsjø, at det i 36 innsjøer er usikkert om "ukalket" ANC vil ligge over eller under grenseverdien for god/moderat forsuringstilstand, mens kalking kan avsluttes i 106 innsjøer. Det er viktig at utviklingen i innsjøer der kalking avsluttes følges nøye opp i etterkant.

Det er en rekke usikkerheter knyttet til metoden. Disse inkluderer blant annet sesong- og år-til-år-variasjon i ANC og usikre grenseverdier. Metoden fungerer tilfredsstillende slik den er benyttet her, men det er viktig å ta hensyn til disse usikkerhetene i framtidig anvendelse av metoden.

Summary

Title: Assessment of the need for continued liming of limed lakes in Oslo and Akershus, E. Norway
Year: 2011

Author: Øyvind A. Garmo, Frode Kroglund, Kari Austnes

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5886-8

Acid deposition has been strongly reduced in Norway over the last 30 years. Reduced acid deposition gives an improvement in the water quality with respect to acidification and reduced need for liming. When the water quality is acceptable, liming can be phased out. The objective of the work reported here has been to assess the need for continued liming of limed lakes in Oslo and Akershus.

The acid neutralising capacity (ANC) of the water is a relatively good indicator of acidification. However, ANC and all other acidification indicators are affected by the liming, which precludes direct measurements of the effects of reduced acid deposition in limed lakes. Hence, statistical models have been developed to estimate the “non-limed” concentration of Ca. This can be used to calculate what ANC would have been if the lake was not limed. Models have been developed and validated based on data from non-limed lakes in Akershus (data from 1988) and Oslo (data from 1986). Further validation was based on data from the county’s non-limed lakes that have been monitored over time, and single data from later years.

The assessment of the need for continued liming of limed lakes was done by comparing estimated non-limed ANC and the good/moderate boundary values for acidification, as proposed for the implementation the EU Water Framework Directive. The boundary values depend on lake typology, i.e. altitude, calcium content and humus content. Consequently, before evaluation of the need for liming, it was necessary to type the limed lakes.

The assessment is only based on acidification status (estimated ANC) in the lakes. Whether other natural or man-made factors that can be affected by liming prevent a sustainable fish population, has not been assessed. Likewise it has not been assessed whether other factors, such as climatic conditions and availability of spawning sites, make the conditions difficult for fish, independent of the level of acidification in the lake.

An attempt to develop a model that could be used for the whole county was not successful. Two areas were therefore selected based on similar bedrock minerals. About 223 of the 262 limed lakes (by 2009) in the county are located within these two areas. Of these, 143 lakes with data from 2007 and/or 2008 have been assessed.

The result of the assessment is that continued liming is required in one lake and that liming is no longer required in 106 lakes. Liming of these lakes can be terminated. It is important that post-liming development is monitored closely. For 36 lakes it is uncertain whether the “non-limed” ANC is higher or lower than the boundary value for good/moderate state of acidification,

There are several uncertainties associated with the method. These include seasonal and inter-annual variation in ANC, and uncertain boundary values. The method worked acceptably the way it is used here, but it is important to consider the uncertainties when using the method in the future.

1. Innledning

Utslipp av svovel- og nitrogenforbindelser og avsetning i nedbørfeltene gir surt vann i utsatte områder, men det er bedring å spore. Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonen av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2009 (Klif, 2010). I mellomtiden har lokale kalkingstiltak bidratt til å redusere de negative effektene av sur nedbør i elver og innsjøer. Redusert sur nedbør fører til at vannkjemien i de berørte lokalitetene endres i retning av det den var før forsuringen tok til (Skjelkvåle m.fl., 2001; Skjelkvåle m.fl., 2003). Vannkvaliteten kan defineres som tilfredsstillende når utbredelsen av og populasjonsdynamikken til de enkelte forsuringfølsomme artene ikke lenger er begrenset av menneskeskapt forurensning. Kalking kan da avsluttes. Biologisk status kan imidlertid forbli forsuringspreget lenge etter at vannkvaliteten er forbedret, men da er det andre årsaker enn forsuring som begrenser reetablering av forsuringfølsomme arter, f.eks. avstand til restpopulasjoner, vandringsbarrierer, samt en rekke biologiske reguleringsmekanismer (Monteith m.fl., 2005).

Deler av Oslo og Akershus fylke har vært sterkt forsuret, men det er nå tegn til bedring. Det kan derfor være grunnlag for å redusere eller avslutte kalkingen i mange av innsjøene.

Formålet med denne utredningen var å vurdere behovet for fortsatt kalking i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. Vurderingen av kalkingsbehov er i stor grad basert på en metode som tidligere er brukt i Vest-Agder (Austnes og Kroglund, 2010).

2. Bakgrunn

2.1 ANC som forsuringsindikator

Forsuring innebærer en reduksjon i pH (økt H^+ -konsentrasjon) og en økning i den labile formen av aluminium (LAl). Både H^+ og LAl fungerer som giftstoffer for fisk (Rosseland og Staurnes, 1994). Giftigheten til LAl er ikke kun bestemt av konsentrasjon, men av vannkjemiske og fysiske parametere som kalsiumkonsentrasjon og temperatur, og av art og livsstadium. For innlandsfisk er det også påvist betydelige stammeforskjeller i toleranse (Dalziel m.fl., 2005). På grunn av de mange faktorene som spiller inn, har det vært vanskelig å relatere fiskestatus til de primære giftstoffene alene. Det er også analytiske problemstillinger knyttet til pH-målinger, ettersom pH-verdien påvirkes av temperaturendringer og gassutveksling mellom prøvetaking og analyse.

ANC (vannets syrenøytraliserende effekt) har imidlertid vist seg å være et godt mål på forsuringstatus. Det er påvist nær sammenheng mellom ANC og status av både fisk og invertebrater (Bulger m.fl., 1993; Lien m.fl., 1996; Raddum og Skjelkvåle, 1995). ANC er også foretrukket ved modellprediksjoner, fordi ingen av komponentene som inngår er påvirket av CO_2 eller løste organiske syrer. Det er ANC som benyttes i de forsuringsmodellene som brukes for overflatevann i Norge (SSWC, FAB og MAGIC). ANC beregnes ved formelen

$$ANC = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+] + [NH_4^+]) - ([Cl^-] + [SO_4^{2-}] + [NO_3^-]) \quad (1)$$

(Ca^{2+} = kalsium, Mg^{2+} = magnesium, Na^+ = natrium, K^+ = kalium, NH_4^+ = ammonium (ignoreres pga. lave konsentrasjoner), Cl^- = klorid, SO_4^{2-} = sulfat og NO_3^- = nitrat; [] = konsentrasjon i $\mu\text{ekv/l}$, dvs. $\mu\text{mol/l}$ *ladning på ionet).

2.2 Grenseverdier for ANC

Grenseverdiene for hvilken ANC som gir tilfredsstillende vannkvalitet har blitt endret ettersom kunnskapen om sammenhengen mellom vannkjemi og biologisk tilstand har økt. I denne rapporten vurderes vannkvaliteten etter grenseverdiene som har blitt fastsatt i klassifiseringsveilederen for klassifisering av miljøtilstand i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009).

Den kritiske grensen for ANC i norske innsjøer ble først satt til 20 $\mu\text{ekv/l}$ (Lien m.fl., 1996). Under denne grensen kan man forvente negative biologiske effekter. Senere har man sett behovet for å ta hensyn til innsjøens konsentrasjon av totalt organisk karbon (TOC) i fastsettelsen av grenseverdier, ettersom TOC kan påvirke både pH og LAI, mens det ikke påvirker ANC. En endring i sammenhengen mellom ANC og pH/LAI siden 1980-tallet har vært påvist, og sammenhengen knyttes til den markerte økningen i TOC-konsentrasjon som har vært observert i samme tidsperiode (Krogglund, 2007). Grensen for kritisk ANC må av den grunn settes høyere nå enn på 1980-tallet, og jo høyere TOC-konsentrasjonen er, dess høyere må den kritiske grensen settes (Hesthagen m.fl., 2008). For å ta høyde for effekten av TOC, utarbeidet Lydersen m.fl. (2004) en modifisert ANC-beregning, hvor TOC-konsentrasjonen tas med i beregningen (Ligning 2):

$$\text{ANC}_{\text{ooa}} = \text{ANC} - 3,4 * \text{TOC} \quad (2)$$

(ooa står for "organic acid adjusted")

I grenseverdiene som er utarbeidet i forbindelse med vannforskriften, er den vanlige ANC-beregningen benyttet (Ligning 1), men det er tatt hensyn til TOC-konsentrasjonen ved at det er gitt forskjellige ANC-grenser for innsjøer med forskjellig TOC-konsentrasjon. Forskjellig grense er også gitt avhengig av innsjøens høyde over havet og naturlige kalkinnhold (Ca-konsentrasjon). Før vurdering må det altså foretas en typifisering ut fra disse tre faktorene. Grenseverdier er satt mellom alle de fem tilstandsklassene i vannforskriften. I denne rapporten benyttes grensen mellom god og moderat tilstand (G/M), som er grensen som avgjør om tiltak må settes inn. G/M-grensene for de ulike innsjøtypene er gitt i **Tabell 1**. I innsjøer med mye humus (TOC > 10 mg/L) blir i tillegg beregnet ANC_{ooa} sammenlignet med en kritisk grense på 8 $\mu\text{ekv/L}$ (Lydersen m. fl., 2004; Hindar og Larssen, 2005a).

Tabell 1. ANC-grenser for skillet mellom god og moderat forurensningstilstand for forskjellige innsjøtyper (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009). Typenummer er lagt til for enkel referering til de enkelte innsjøtypene og tilsvarer ikke typekodene gitt i klassifiseringsveilederen.

Type nr	Høyde-region	Kalkinnhold	Humusinnhold	G/M ANC ($\mu\text{ekv/l}$)
1	Lavland (<200 moh)	Kalkfattige (Ca 1-4 mg/L)	Klare (TOC<2 mg/L)	20
2			Klare (TOC 2-5 mg/L)	30
3			Humøse (TOC>5 mg/L)	40
4	Skog (200-800 moh)	Svært kalkfattige (Ca <1 mg/L)	Klare (TOC<2 mg/L)	20
5			Klare (TOC 2-5 mg/L)	25
6			Humøse (TOC>5 mg/L)	35
7		Kalkfattige (Ca 1-4 mg/L)	Klare (TOC<2 mg/L)	20
8			Klare (TOC 2-5 mg/L)	30
9			Humøse (TOC>5 mg/L)	40
10			Svært kalkfattige (Ca <1 mg/L)	Klare (TOC<2 mg/L)
11	Klare (TOC 2-5 mg/L)	25		
12	Kalkfattige (Ca 1-4 mg/L)	Klare (TOC<2 mg/L)		20
13		Klare (TOC 2-5 mg/L)	30	

2.3 ANC i kalkede innsjøer

ANC beregnet fra målte verdier kan ikke brukes til å vurdere forsureningstilstanden i en kalket innsjø, fordi kalkingen påvirker Ca-konsentrasjonen. I de tilfellene hvor det er kalket med dolomitt påvirkes også Mg-konsentrasjonen, men det vanligste er å kalke med rent kalksteinsmel (CaCO_3). For å vurdere forsureningstilstanden er vi interessert i hva ANC ville vært hvis innsjøen ikke var kalket, altså "ukalket" ANC. Metoder for å estimere "ukalket" ANC er utredet i Hindar og Larssen (2005b), Kroglund (2007) og Austnes og Kroglund (2010).

ANC er hovedsakelig styrt av geologi, deponisjon av sur nedbør og sjøsalter og avrenning. Geologien har betydning for forvitring, og dermed konsentrasjonen av basekationene Ca, Mg, Na og K. Sur nedbør påvirker konsentrasjonen av SO_4 og NO_3 . Deponisjon av sjøsalter påvirker hovedsakelig konsentrasjonen av Cl og Na, men også Mg og SO_4 . Konsentrasjonen av alle ionene påvirkes av fortynning. ANC kan altså forventes å være ganske lik for innsjøer som ligger på samme eller lignende geologi og har lignende nivå i deponisjon og avrenning. Slik likhet er mest sannsynlig for nærliggende innsjøer, men det kan også være tilstede for innsjøer som ligger noe lenger fra hverandre.

Hindar og Larssen (2005b) foreslo to metoder for å estimere "ukalket" ANC i de kalkede sjøene basert på nærliggende og sammenlignbare referansesjøer:

- a) å anse ANC-verdiene for referansesjøer som representative også for den kalkede innsjøen og benytte disse direkte, eller
- b) å estimere "ukalket" Ca-konsentrasjonen fra Ca/Mg-forholdet i referansesjøene og Mg-konsentrasjonen i den kalkede innsjøen og deretter beregne "ukalket" ANC ut fra "ukalket" Ca-konsentrasjon og målte ionekonsentrasjoner i den kalkede innsjøen.

Kroglund (2007) viste at det er mulig å lage slike modeller for estimering av Ca-konsentrasjon basert på data også for et større område. Her ble lineære regresjonsmodeller basert på data fra hele Aust-Agder laget for estimering av Ca-konsentrasjon fra Mg- eller K-konsentrasjon. Alternativt ble også ANC estimert på tilsvarende måte.

Austnes og Kroglund (2010) utviklet en modell som kunne benyttes til å estimere "ukalket" kalsium og ANC for hele Vest-Agder. Denne modellen er et forsøk på å ta høyde for variasjoner i geologi, deponisjon og avrenning ved å benytte multippel regresjon til å inkludere flere parametere som kan tenkes å påvirke forholdet mellom ionene som inngår i ANC.

I denne utredningen er metoden til Austnes og Kroglund (2010) benyttet. Det ble ansett som noe mindre usikkert å estimere "ukalket" Ca-konsentrasjon og så beregne "ukalket" ANC enn å modellere "ukalket" ANC direkte, ettersom man ved den første metoden kan benytte de målte verdiene for de andre ionene som inngår i ANC når "ukalket ANC" beregnes. Det er også nødvendig å estimere "ukalket" Ca-konsentrasjon for typifiseringen av innsjøene. Mulige forklaringsparametere som ble inkludert var: a) Konsentrasjon av ionene som inngår i ANC (med unntak av Ca), som sammen er et uttrykk både for geologi, deponisjon og avrenning, b) UTM-koordinater og høyde over havet, som kan være indirekte uttrykk for forvitring (klima), deponisjon (avstand fra kysten, avstand fra forurensingskilder) og avrenning, og c) TOC, som også kan være et indirekte uttrykk for forvitring (kontrollert av jordsmonn, som er avhengig av forvitring), deponisjon (TOC-utvasking øker ved redusert deponisjon) og avrenning (fortynning).

3. Materiale og metode

3.1 Vannkjemidata

Følgende sett med vannkjemidata har blitt benyttet i dette arbeidet: 1) Data fra ukalkede innsjøer fra 1986 (kun for Oslo) og 1988, benyttet til å lage modeller for estimering av Ca-konsentrasjon og til validering av disse, 2) data fra ukalkede sjøer med tidsserier og fra sjøer prøvetatt i 1995, 2007 og 2008, benyttet til ytterligere validering av modellene og vurdering av deres funksjon over tid, og 3) data fra kalkede sjøer, benyttet til å vurdere fortsatt kalkingsbehov.

Det ble tidlig klart at det var umulig å få til én enkelt modell som kan forutsi kalsiumkonsentrasjoner (og ANC) for hele Oslo og Akershus. Dette kan trolig tilskrives variabel berggrunn (*Figur 1*). Vi valgte derfor å gjøre en grovinndeling basert på berggrunn og fokusere på området sørøst for Glomma (kommunene Aurskog-Høland og sørøstre deler av Nes, Sørum og Fet) og området som dekker kommunene Hurdal og nordvestre deler av Nannestad, Nittedal og Oslo. Innenfor disse områdene er variasjonen i berggrunn mindre enn for hele fylket. Av de 262 kalkede sjøene i fylket, ligger 223 i de utvalgte områdene. Kalkede sjøer utenfor de utvalgte områdene ligger hovedsakelig i Østmarka og Eidsvoll.

En oversikt over innsjøene det er benyttet data fra i rapporten er gitt i vedlegg A og B. Kalkede innsjøer under vurdering (143 stk) og innsjøer som er brukt i modellutviklingen (305 stk), er plottet i *Figur 2*.

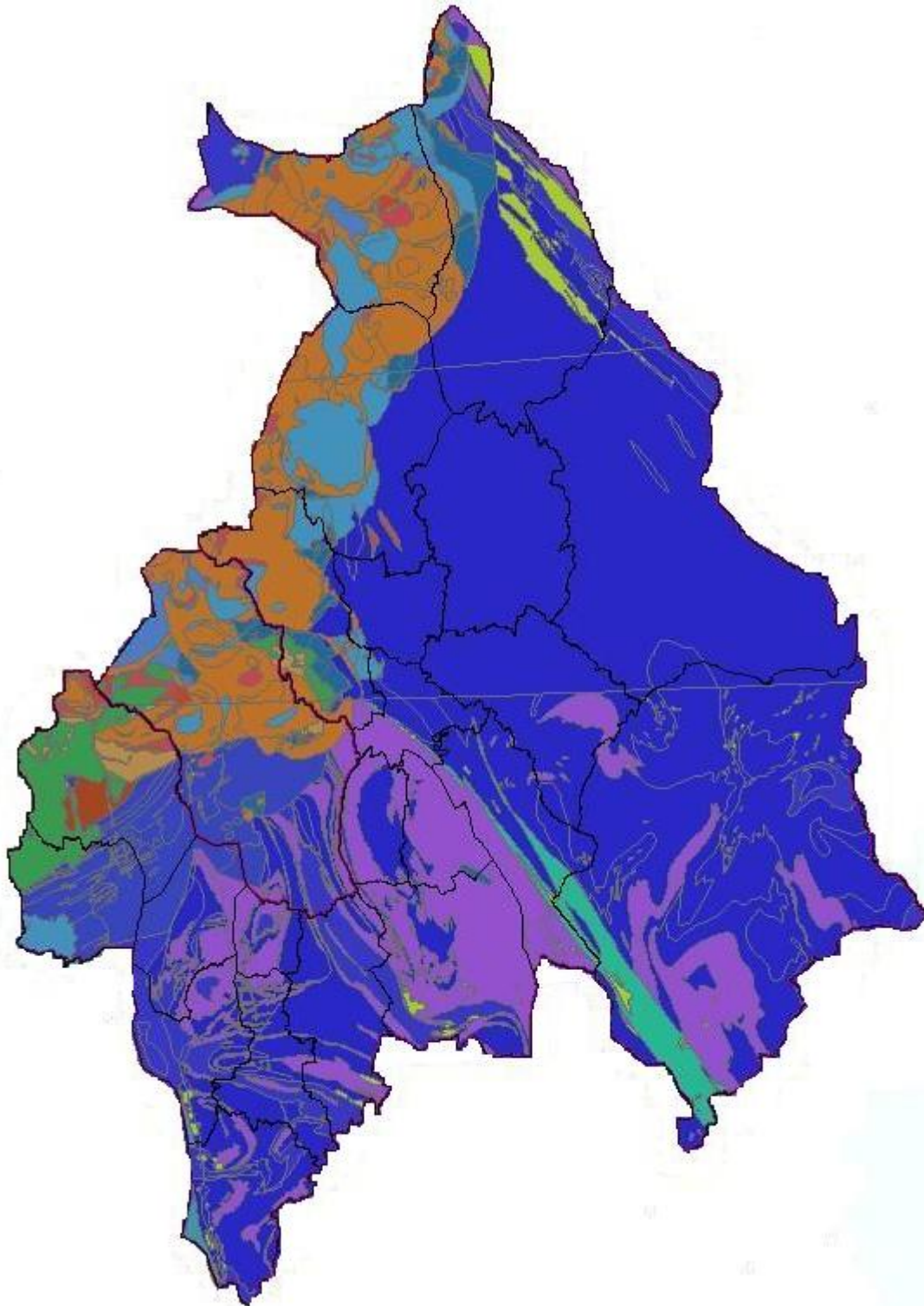
Data for ukalkede sjøer. Data fra 1986 og 1995 samt tidsseriene er hentet fra NIVAs database og stammer fra regionale innsjøundersøkelser og sur nedbør-overvåkingen (Lien m.fl., 1987; Skjelkvåle m.fl., 1996; Klif, 2010 (og tidligere rapporter)). Data fra 1988 ble sendt av Fylkesmannen og stammer fra Aksjon 88 (en undersøkelse av forsuringssituasjonen i Akershus i regi av Akershus jeger- og fiskeforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus). Data fra 2007 og 2008 er innhentet i forbindelse med kalkingsovervåkingen og ble sendt av Fylkesmannen (settet inneholder også data fra ukalkede sjøer eller sjøer som ikke har blitt kalket på lenge).

Alle data fra 1986 som stammer fra innsjøer innenfor den delen av Oslo som er angitt i *Figur 2*, ble brukt. Data fra den store 1988-undersøkelsen ble brukt hvis de tilfredsstilte følgende kriterier:

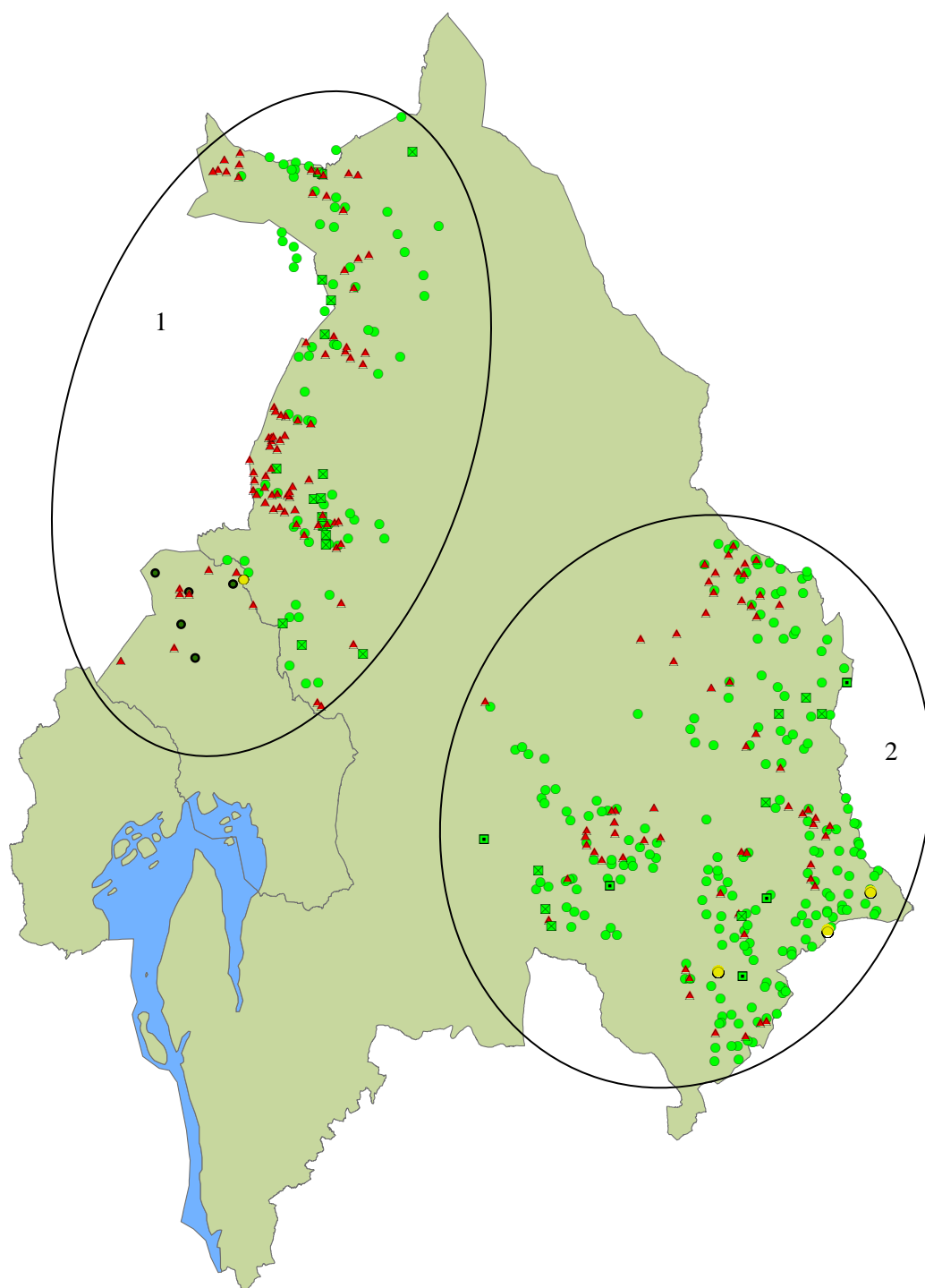
- Innsjø (ikke elv/bekk) som ligger i områder angitt i *Figur 2*
- Prøvetatt fra utløp eller med båt
- Ingen opplysninger om kalking av innsjøen
- Kalsiumkonsentrasjon lavere enn 2,55 mg/L (område 2).

Tilsvarende kriterier ble brukt på data fra 1995, 2007 og 2008. I tillegg ble data fra disse årene utelukket fra analysen hvis prøven ikke var tatt om høsten, eller hvis det kunne dokumenteres at Ca/Mg-forholdet hadde endret seg med mer enn 30 % siden 1988 (for å utelukke sjøer som trolig er påvirket av kalking).

Data for kalkede sjøer. Data sendt av Fylkesmannen og samlet inn i forbindelse med kalkingsovervåkingen om våren eller høsten i 2007 og 2008 ble brukt. Datasettet inneholder 1-3 prøver per sjø og dekker 143 av de 262 kalkede sjøene i fylket (anno 2009). Kalkede sjøer utenfor angitte områder (39 stk) og kalkede sjøer uten data fra 2007 eller 2008 er ikke vurdert i denne rapporten.



Figur 1. Berggrunnskart (N250) fra NGU for Oslo og Akershus. Svarte omriss viser kommunegrenser.
Mørkeblått: Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt.
Lilla: Glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein, amfibolitt.
Turkis: Mylonitt, fyllonitt.
Oransje: Syenitt, kvartssyenitt.
Blått: Granitt, granodioritt.



Figur 2. Oversikt over tidstrendsjøer (gule sirkler), kalkede sjøer til vurdering (røde trekkanter), og ukalkede innsjøer brukt til modellutvikling og primær validering (grønt og mørkegrønt). Grønne sirkler er sjøer fra aksjon 88, og mørkegrønne sirkler er fra regionalundersøkelse i 1986. Grønne kvadrat med kryss er sjøer med Ca/Mg-forhold høyere enn 9 for område 1 og 4,5 for område 2. Grønne kvadrat med svart prikk i midten er sjøer med Mg-konsentrasjon høyere enn 0,73 mg/L.

3.2 Modell for estimering av Ca-konsentrasjon

Det store datasettet fra 1988 supplert med resultater for Oslo fra regionalundersøkelsen i 1986, ble brukt til modellering av Ca-konsentrasjon og primær validering av modellene. Det var gunstig fordi datasettet inneholdt data fra mange forskjellige innsjøer fra samme år. Det er en fordel å benytte kun en prøve fra hver innsjø, slik at dataene er uavhengige av hverandre. Gjennomsnittsverdier ble derfor benyttet i tilfeller der det forelå flere prøver fra samme sjø. Det er også en fordel å bruke data fra omtrent samme tidspunkt, ettersom forholdet mellom parametrene kan forandre seg noe over tid.

Data fra 1988 (og Oslo-data fra 1986) ble for hvert område delt tilfeldig i to sett. Det ene datasettet ble benyttet til å lage modellen, det andre til validering av den. Det ble benyttet multiplert lineær regresjon (minste kvadraters metode), med Ca-konsentrasjon (i $\mu\text{ekv/l}$) som avhengig variabel. De uavhengige variablene ble plukket ut ved en framvalgsprosedyre ut fra følgende mulige variabler: Mg-, Na-, K-, SO_4^- , NO_3^- og Cl-konsentrasjon (alle i $\mu\text{ekv/l}$), TOC (mg/L), høyde over havet (m) og UTM-koordinater (m, sone 32). Farge ble brukt til å estimere TOC i datasettet fra 1988 ($\text{TOC (mg C/L)} = 0,0767 * \text{farge (mg Pt/L)} + 2,9508$).

Etter at modeller var konstruert på basis av modelldatasettene, ble Ca-konsentrasjon estimert for valideringsdatasettene. Målt og estimert Ca-konsentrasjon ble så plottet mot hverandre for å vurdere modellenes kvalitet. Den estimerte Ca-konsentrasjonen og målte konsentrasjoner av de andre hovedionene ble brukt til å beregne ANC (heretter kalt estimert ANC). Estimert ANC ble plottet mot ANC beregnet kun fra målte ionekonsentrasjoner (heretter kalt beregnet ANC).

Som angitt i avsnitt 4.1 viste det seg at enkelte innsjøer måtte fjernes for å oppnå brukbare modeller. Dette ble gjort systematisk og gradvis inntil modellen fungerte tilfredsstillende. Før hver endring av modellen for ett område ble verdier fjernet fra hele datasettet før det igjen ble delt tilfeldig i modell- og valideringsdatasett.

En ytterligere validering ble foretatt ved å estimere ANC for innsjøer med tidsserier og andre innsjøer med sporadiske data fra tidrommet 1995-2008.

3.3 Metode for vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer

Modeller for område 1 og 2 basert på 1988-data ble brukt for å estimere "ukalket" Ca-konsentrasjon i henholdsvis 81 og 62 kalkede innsjøer hvor data var tilgjengelige. Deretter ble "ukalket" ANC estimert på basis av målte verdier og "ukalket" Ca-konsentrasjon.

For å kunne vurdere "ukalket" ANC opp mot klassegrensene i *Tabell 1*, måtte det først foretas en typifisering av innsjøene. Dette ble gjort på følgende måte:

- **Høyderegion:** Typifisering på basis av høyde over havet.
- **Humusinnhold:** Typifisering ut fra målte TOC-verdier.
- **Kalkinnhold:** Typifisering basert på "ukalket" Ca-konsentrasjon.

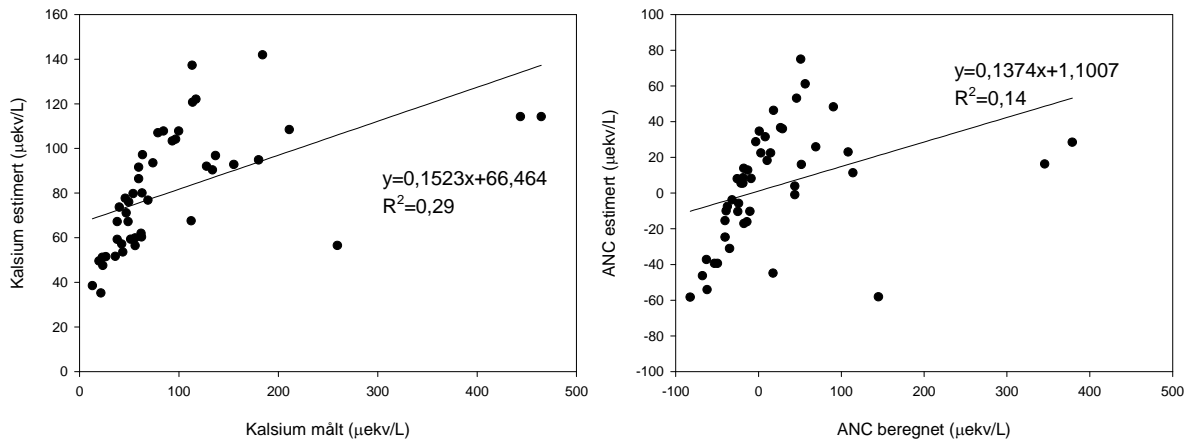
Etter typifiseringen ble de kalkede innsjøene plassert i tre kategorier, bestemt av avstand mellom "ukalket" ANC og G/M-grensen for den enkelte innsjøens type samt modellens kvalitet for hvert enkelt område:

- **K:** ("Ukalket" ANC)-(G/M ANC) < -20 $\mu\text{ekv/L}$ for område 1 eller < -30 $\mu\text{ekv/L}$ for område 2: Kalking må fortsette.
- **U:** -20 $\mu\text{ekv/L}$ < ("Ukalket" ANC)-(G/M ANC) < 20 $\mu\text{ekv/L}$ for område 1 eller -30 $\mu\text{ekv/L}$ < ("Ukalket" ANC)-(G/M ANC) < 30 $\mu\text{ekv/L}$ for område 2: Usikker, redusert kalking kan prøves.
- **S:** ("Ukalket" ANC)-(G/M ANC) > 20 $\mu\text{ekv/L}$ for område 1 eller > 30 $\mu\text{ekv/L}$ for område 2: Kalking kan avsluttes.

4. Resultater

4.1 Modellutvikling og validering av modeller

Område 1. Modellering basert på et modelldatasett trukket fra alle utvalgte data (se kapittel 3.1) gav ikke tilfredsstillende resultat. Mange innsjøer viste betydelig avvik mellom estimert og beregnet ANC og R^2 var lav både for Ca-konsentrasjon og ANC (**Figur 3**).



Figur 3. Validering av modell for område 1 ved korrelasjon av målt og estimert Ca-konsentrasjon og beregnet og estimert ANC. Data fra 94 utvalgte (se kapittel 3.1) innsjøer er benyttet, hvorav data fra 47 innsjøer er brukt til å lage modellen og data fra de resterende 47 til å validere modellen.

Undersøkelse av alle utvalgte data viste at det største avviket mellom estimerte og målte verdier forekom for sjøene med de høyeste forholdstallene mellom Ca og Mg. Høyt Ca/Mg-forhold tyder enten på at geologien i nedbørfeltet til sjøen er uvanlig for området, eller at sjøen er påvirket av kalkingsaktiviteter som ikke har blitt registrert. Det gir derfor mening å utelukke slike sjøer fra arbeidet med utvikling og validering av modell.

Sjøene med de høyeste Ca/Mg-forholdene ble fjernet stegvis. En akseptabel modell ble oppnådd ved en øvre grense for Ca/Mg-forhold på 9,0 (masse/masse). I alt 17 innsjøer var da eliminert fra datasettet på 94. De 77 resterende ble igjen tilfeldig delt i to, hvorav 39 ble brukt til modellering og 38 til validering. Modellen som ble utviklet var

$$\text{Ca} = (3,89 * \text{Mg}) - (1,05 * \text{K}) + (0,162 * \text{SO}_4) + (4,930 * 10^{-4} * \text{UTM N32}) - 3308 \quad (3)$$

(alle konsentrasjoner i µekv/L, UTM-posisjon i meter).

Korrelasjonen var god mellom målte/bregnede og estimerte verdier for både Ca og ANC (**Figur 4**). Gjennomsnittlig avvik mellom estimert og beregnet ANC var på 0,5 µekv/L, mens maksimalt avvik var 28 µekv/L. De aller fleste modellprediksjoner treffer innenfor et intervall på +/-20 µekv/L av målt/beregnet verdi.

Område 2. Modellering basert på et modelldatasett trukket fra alle utvalgte data (se kapittel 3.1) gav bedre resultat enn tilfellet var for område 1. Flere innsjøer viste imidlertid betydelig avvik mellom estimert og beregnet ANC, og R^2 var noe lav både for Ca-konsentrasjon og ANC (**Figur 5**).

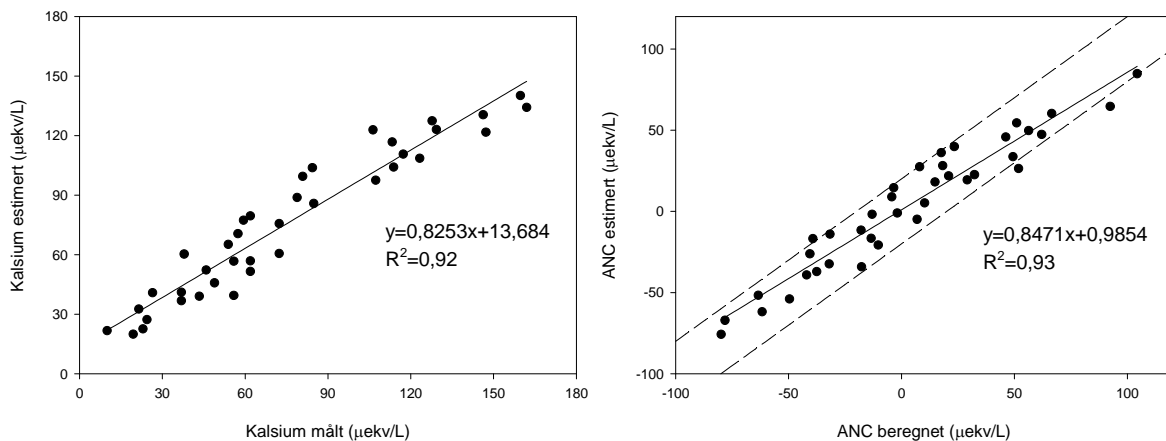
Undersøkelse av alle utvalgte data viste at det største avviket mellom estimerte og målte verdier forekom for sjøene med de høyeste forholdstallene mellom Ca og Mg og de høyeste Mg-konsentrasjonene.

Sjøene med de høyeste Ca/Mg-forholdene og de høyeste Mg-konsentrasjonene ble fjernet stegvis. Det som ble ansett som en akseptabel modell ble oppnådd ved en øvre grense for Ca/Mg-forhold på 4,5 (masse/masse) og en øvre Mg-konsentrasjon på 0,73 mg/L. Til sammen 13 innsjøer ble eliminert (8 på grunn av Ca/Mg-forhold og 5 på grunn av Mg-konsentrasjon) fra datasettet på 211. De 198 resterende ble igjen tilfeldig delt i to, og den ene halvdel ble brukt til modellering og den andre til til validering. Modellen som ble utviklet var

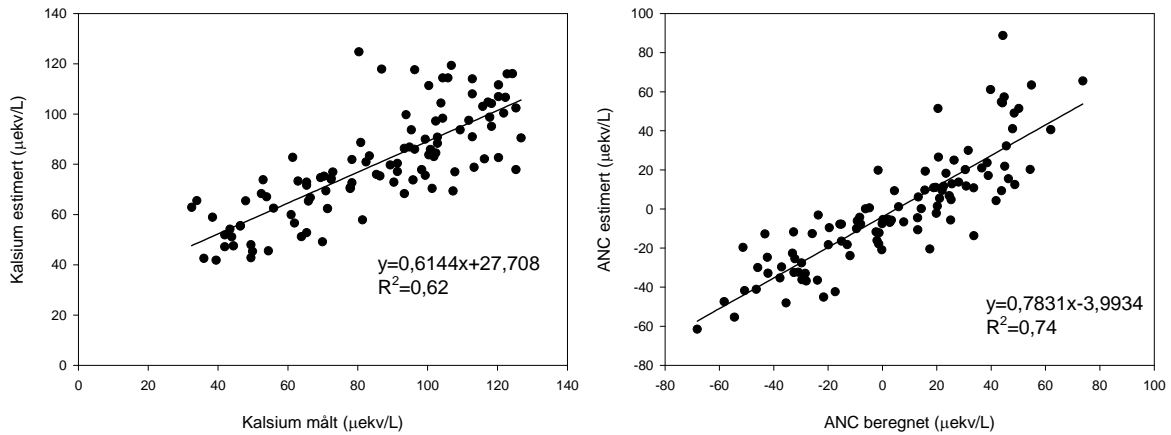
$$\text{Ca} = (2,89 * \text{Mg}) - (0,274 * \text{Cl}) + (4,63 * 10^{-4} * \text{UTM N32}) - 3093 \quad (4)$$

(alle konsentrasjoner i $\mu\text{ekv/L}$, UTM-posisjon i meter).

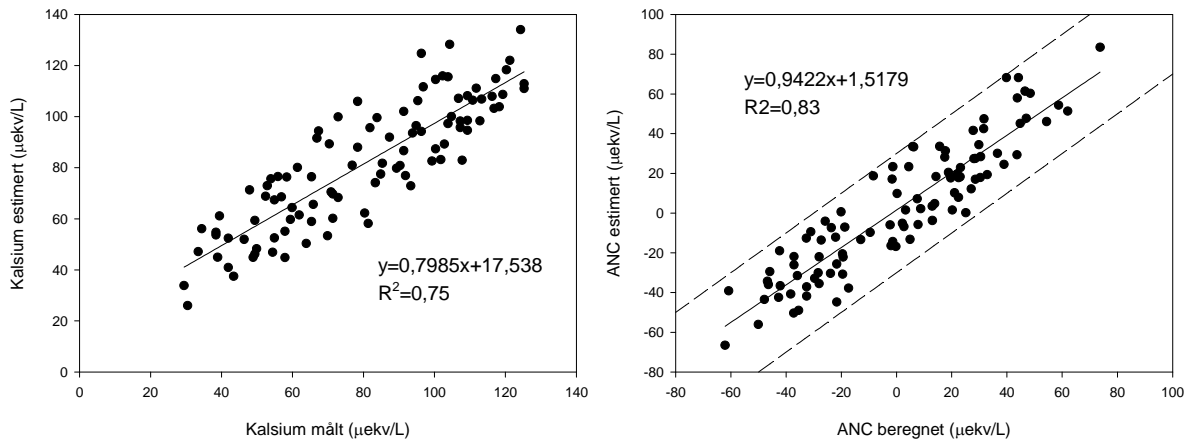
Korrelasjonene mellom målt og estimert Ca-konsentrasjon, og mellom de to settene med verdier som framkommer når disse, sammen med målte verdier, settes inn i uttrykket for ANC (ligning 1) (**Figur 6**), ble ikke like gode som for område 1. Alle modellprediksjoner var imidlertid mindre enn 30 $\mu\text{ekv/L}$ fra målte/beregnete verdier. Gjennomsnittlig avvik mellom estimert og beregnet ANC var på 1,5 $\mu\text{ekv/L}$, mens maksimalt avvik var på 28 $\mu\text{ekv/L}$.



Figur 4. Validering av modell for område 1 ved korrelasjon av målt og estimert Ca-konsentrasjon og beregnet og estimert (ligning 3) ANC. Data fra 77 utvalgte (se kapittel 3.1) innsjøer med Ca/Mg-forhold mindre enn 9,0 er benyttet, hvorav data fra 39 innsjøer er brukt til å lage modellen og data fra de resterende 38 til å validere modellen. Hele linjer representerer beste lineære tilpasning og stiplede linjer viser 1:1 linjen ± 20 $\mu\text{ekv/L}$.



Figur 5. Validering av modell for område 2 ved korrelasjon av målt og estimert Ca-konsentrasjon og beregnet og estimert ANC. Data fra 211 utvalgte (se kapittel 3.1) innsjøer er benyttet, hvorav data fra 106 innsjøer er brukt til å lage modellen og data fra de resterende 105 til å validere modellen.



Figur 6. Validering av modell for område 2 ved korrelasjon av målt og estimert Ca-konsentrasjon og beregnet og estimert (ligning 4) ANC. Data fra 198 utvalgte (se kapittel 3.1) innsjøer med Ca/Mg-forhold mindre enn 4,5 og Mg-konsentrasjon mindre enn 0,73 mg/L er benyttet, hvorav data fra 99 innsjøer er brukt til å lage modellen og data fra de resterende 99 til å validere modellen. Hele linjer representerer beste lineære tilpasning og stiplede linjer viser 1:1 linjen +/- 30 µekv/L.

4.2 Samsvar mellom tidsserier, data av nyere dato og modell

Område 1. Langvann i Oslo er den eneste ukalkede innsjøen med lang tidsserie og årlig prøvetaking i område 1. I denne sjøen er det godt samsvar mellom ANC basert på henholdsvis målt og estimert Ca-konsentrasjon (**Figur 7**) særlig i senere tid. Største avvik for hele tidsrommet er på 23 µekv/L, mens største avvik de siste 12 årene er 11 µekv/L. Modellen speiler år-til-år-variasjon og positiv trend i tidsserien relativt godt.

Avviket mellom estimert og målte/beregnete verdier for Ca-konsentrasjon og ANC er noe større for antatt ukalkede innsjøer som er prøvetatt enkelte år (**Figur 8**). Tendensen er at målte Ca-konsentrasjoner er høyere enn estimerte, og følgelig er det tilsvarende forskjeller mellom beregnede og estimerte ANC-verdier. Dette kan indikere at forholdet mellom parametrene som inngår i modellen har endret seg noe siden 1988 slik at modellen underestimerer ANC. Avviket er imidlertid i de fleste tilfeller mindre enn 20 µekv/L.

Område 2. Det er tre ukalkede sjøer med tidsserier i område 2, alle i Aurskog-Høland. I alle tre er det godt samsvar mellom ANC basert på henholdsvis målt og estimert Ca-konsentrasjon (**Figur 7**). Kun i to enkeltprøver oversteg avviket mellom beregnet og estimert ANC 30 $\mu\text{ekv/L}$. Modellen speiler også år-til-år-variasjon og positiv trend i tidsseriene relativt godt.

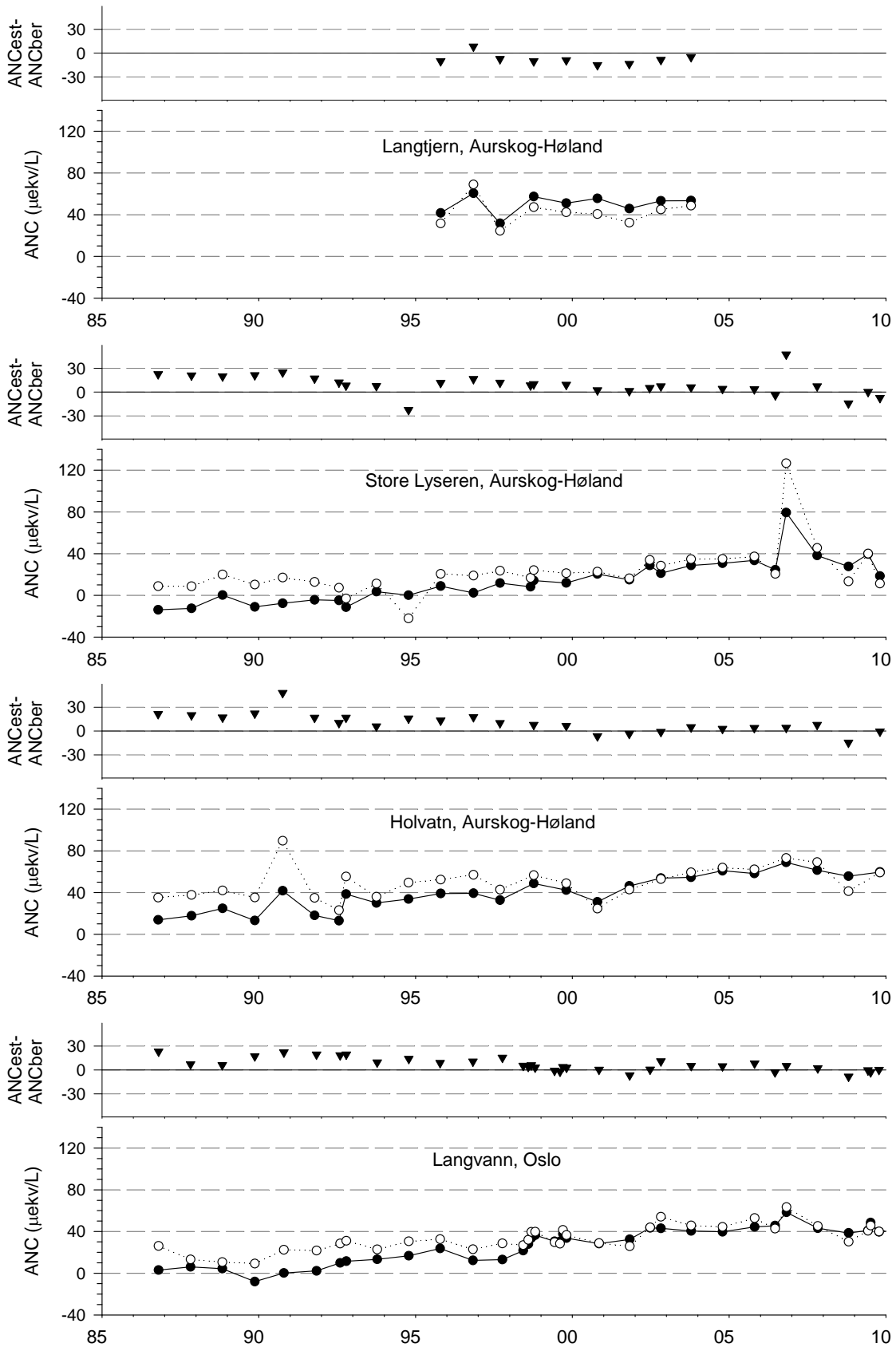
Det er også godt samsvar mellom estimerte og målte/bregnede verdier for Ca-konsentrasjon og ANC i antatt ukalkede innsjøer som kun er prøvetatt enkelte år (**Figur 9**). Alle målte/bregnede verdier for Ca og ANC faller innenfor et intervall på 30 $\mu\text{ekv/L}$ fra estimerte verdier. Det er altså ingenting som tyder på at modellen fungerer dårligere for nyere data enn for data fra 1988.

4.3 Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede sjøer

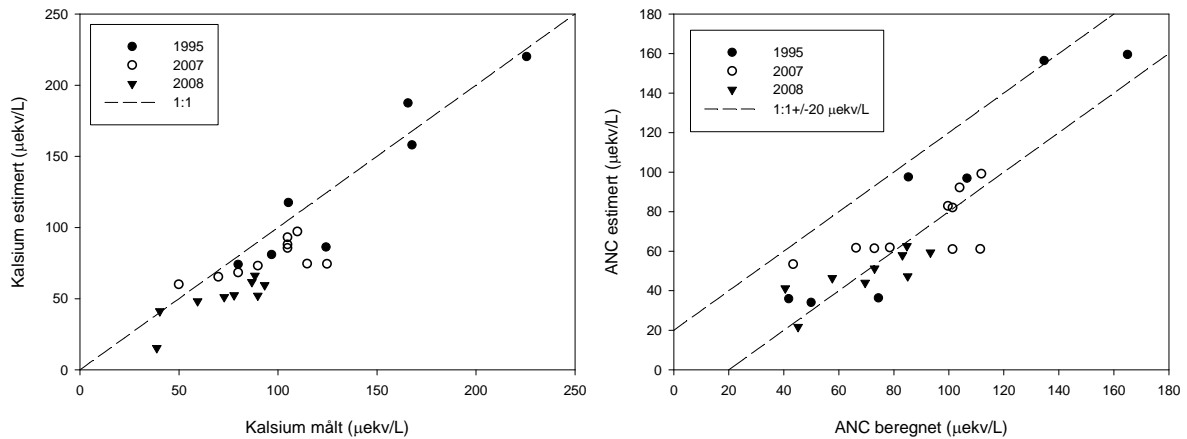
Vurderingen av fortsatt kalkingsbehov i kalkede sjøer er vist i tabellform i vedlegg B, sammen med typifiseringen av innsjøene.

Estimert ukalket ANC var mer enn 20 $\mu\text{ekv/L}$ høyere enn Vanddirektivets grense mellom moderat og god forsurestilstand i 55 av de 81 vurderte innsjøene i område 1, og rådet blir avsluttet kalking dersom man kun legger dette kriteriet til grunn. I 25 av innsjøene var forskjellen mellom estimert ukalket ANC og grenseverdien mindre enn 20 $\mu\text{ekv/L}$ i én eller flere prøver, og statusen til disse ble vurdert som usikker (et alternativ for innsjøer med data fra mer enn én prøve hadde vært å vurdere ut fra gjennomsnittlig estimert ukalket ANC). Bare for én av innsjøene i område 1 ble konklusjonen at kalkingen må fortsette.

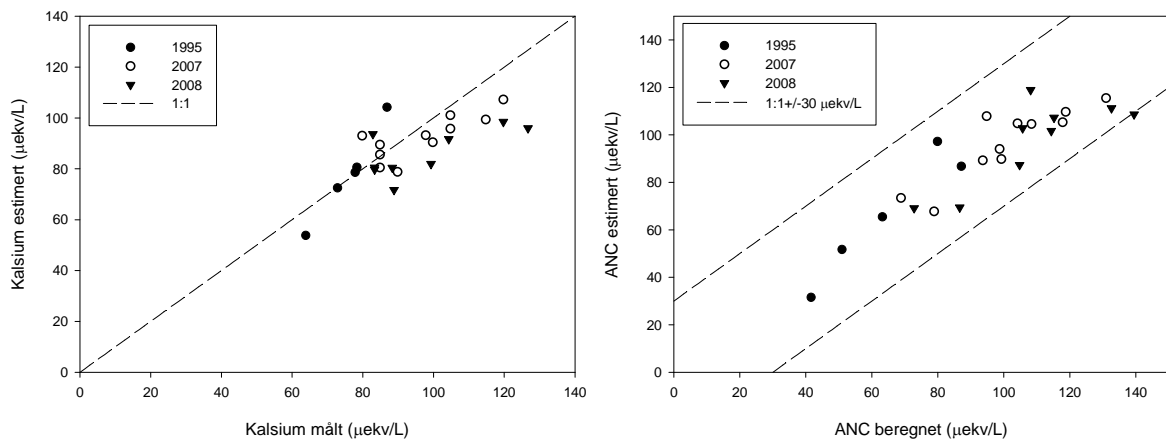
For område 2 ble konklusjonen at kalking kan avsluttes i 51 av de 62 vurderte innsjøene. For de resterende 11 innsjøene ble statusen vurdert som usikker fordi forskjellen mellom estimert ukalket ANC og Vanddirektivets grenseverdi var mindre enn 30 $\mu\text{ekv/L}$ i én eller flere prøver.



Figur 7. ANC estimert med områdespesifikke modeller for Ca (ligning 3 og 4) (åpne sirkler) og ANC beregnet ut fra målte Ca-konsentrasjoner (fylte sirkler). Fylte trekanter viser differansen mellom disse.



Figur 8. Målt og estimert (ligning 3) Ca-konsentrasjon for ukalkede innsjøer i område 1 med prøver fra ulike år, og samsvar mellom ANC basert på henholdsvis målt og estimert Ca-konsentrasjon. Navn på innsjøene finnes i vedlegg A.



Figur 9. Målt og estimert (ligning 4) Ca-konsentrasjon for ukalkede innsjøer i område 2 med prøver fra ulike år, og samsvar mellom ANC basert på henholdsvis målt og estimert Ca-konsentrasjon. Navn på innsjøene finnes i vedlegg A.

5. Diskusjon

5.1 Metodens usikkerhet

I tillegg til usikkerhet knyttet til prøvetaking, målinger, og selve modellene, er det en rekke usikkerhetsmomenter ved metoden som er brukt.

- 1) Referansesjøenes representativitet: Geologien i fylket er heterogen. Vi forsøkte å ta hensyn til dette ved å definere områder basert på berggrunn og de kalkede innsjøenes beliggenhet, og ved å inkludere koordinater og høyde over havet i parameterutvalget. Det kan likevel ikke utelukkes at forholdene i nedbørfeltet til enkelte kalkede sjøer er så avvikende at modellene vil fungere dårlig.
- 2) Aksjon-88-data som basis for modellene: Ideelt sett hadde det vært best å basere modellene på nyere referansedata, men tilgangen på slike data er liten. De få tidsseriene viste ikke tegn til dårligere samsvar i senere år, men i noen innsjøer i område 1 var målt Ca-konsentrasjon

betydelig høyere ($>20 \mu\text{ekv/L}$) enn estimert. Dette kan skyldes at forholdet mellom parametere i modellen har endret seg noe siden 1988.

- 3) Typifisering: Det ligger noe usikkerhet i typifisering på bakgrunn av estimert Ca-konsentrasjon. Typifiseringen med hensyn på innhold av kalk og humus bør helst baseres på mer enn én prøve.
- 4) Grenseverdiene: Grenseverdiene for god/moderat tilstand for de forskjellige innsjøtypene er basert på sammenhenger mellom ANC og biologisk tilstand, spesielt fiskestatus. Dette er et område det stadig forskes på, og det er fortsatt usikkerhet knyttet til grensene.
- 5) Prøvetakingstidspunkt: Modellene er basert på data fra prøver som stort sett er tatt i månedsskiftet august/september, mens de kalkede innsjøene er prøvetatt om våren (mai). Enkelte kalkede sjøer er i tillegg prøvetatt sent på høsten (slutten av oktober). Forholdet mellom ionene som inngår i modellene kan vise sesongvariasjoner, og for noen av de kalkede innsjøene er det betydelig forskjell i estimert ukalket ANC basert på vårdata og høstdata.

Usikkerhetene i metoden er delvis tatt høyde for ved å inkludere kategorien ”usikker” i vurderingen.

5.2 Oppfølging av vurderingen

Estimerte verdier av ukalket ANC er i de fleste undersøkte innsjøene høyere enn Vanndirektivets minimumsgrense for god vannkvalitet. Her kan man forsøke å avslutte kalking under forutsetning av at situasjonen følges opp i etterkant. Kalk som har havnet i sedimentet, kan fortsette å tilføre vannet alkalitet i flere år (Hindar og Skancke 2008). Hvor lenge kalkingseffekten vedvarer vil avhenge av oppholdstid, areal/volum-forhold, hvor mye kalk som har blitt dosert og over hvor lang tid doseringen har foregått. Innsjøer bør derfor følges opp i flere år etter kalkstans før man kan konkludere om det var riktig å avslutte kalkingen. Endringen tilbake til ”ukalket” vannkvalitet vil gå noe fortere der det allerede har vært en gradvis nedtrapping av kalkingen. Vannprøver bør tas årlig for beregning av ANC, estimering av ukalket ANC samt måling av pH. Oppfølgingen kan trappes ned når det ikke lenger er vesentlig forskjell mellom beregnet ANC og estimert ”ukalket” ANC. Oppfølging av vannkjemi bør suppleres med biologiske undersøkelser fordi både modellen og grenseverdiene er beheftet med usikkerhet. Gjenopptaking av kalking må vurderes dersom beregnet ANC faller betydelig under Vanndirektivets grenseverdi og/eller hvis fiskebestand og reproduksjon avtar betydelig. En fordel med at kalkingseffekten avtar gradvis er at man har mulighet til å gjenoppta kalking dersom utviklingen går i feil retning.

Man kan forsøke å avslutte kalking også i innsjøer som havnet i kategorien ”usikker”, fortrinnsvis først i de som har høyest estimert ukalket ANC. En ny runde med prøvetaking og analyser av innsjøene i denne kategorien vil styrke beslutningsgrunnlaget.

Modellene kan brukes til å vurdere behovet for fortsatt kalking i kalkede sjøer hvis data er tilgjengelig og hvis de er lokalisert innenfor de definerte områdene (1 og 2). Kalkede sjøer som ligger utenfor de angitte områdene for modellene (39 stk), må gis en individuell vurdering. Den kan baseres på data fra nærliggende innsjøer av noenlunde samme type. Vurderingen kan også baseres på ioneforhold fra samme innsjø hvis det eksisterer data fra tiden før kalkingen tok til (da må man for eksempel anta at Ca/Mg-forholdet ikke har endret seg med tiden). Det er for mange kalkede innsjøer som faller utenfor område 1 og 2 til at slike individuelle vurderinger kan gis i denne rapporten.

5.3 Videre bruk av modellen

Bruk av modellen forutsetter at alle parametrene som inngår i ANC måles. Bestemmelse av TOC anbefales også, spesielt dersom konsentrasjonen antas å være i nærheten av grensene som bestemmer typifisering. Det er viktig å ta høyde for modellenes usikkerhet i tolking av resultatet. Det kan også være en viss år-til-år-variasjon, og data fra flere år gir bedre beslutningsgrunnlag.

6. Konklusjon

Behovet for fortsatt kalking av kalkede innsjøer i Oslo og Akershus er vurdert ved å sammenligne Vannforskriftens grenseverdier for ANC med estimater for hva ANC ville ha vært uten kalking. Estimaten er basert på statistiske modeller som forutsier Ca-konsentrasjon. Konsentrasjonen av de andre ionene som inngår i ANC antas å være upåvirket av kalking.

Behovet for fortsatt kalking er vurdert for i alt 143 kalkede innsjøer. Kalking kan avsluttes i 106 av dem under forutsetning av at utviklingen blir fulgt opp. For 36 av innsjøene er det usikkert om "ukalket" ANC vil havne over eller under grenseverdien for ANC. I én av de vurderte innsjøene ble det konkludert med at fortsatt kalking er nødvendig.

Både estimerte ANC-verdier og grenseverdier er forbundet med usikkerhet. Tett oppfølging av innsjøer hvor kalking avsluttes er derfor viktig.

7. Referanser

- Austnes, K. og F. Kroglund 2010. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Vest-Agder. NIVA-rapport 6062-2010, 30 s.
- Bulger, A.J., L. Lien, B.J. Cosby og A. Henriksen, 1993. Brown trout (*Salmo trutta*) status and chemistry from the Norwegian thousand lake survey: statistical analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 575-585.
- Dalziel, T.R.K., F. Kroglund, L. Lien og B.O. Rosseland, 2005. The REFISH (restoring endangered fish in stressed habitats) project, 1988-1994. *Water Air and Soil Pollution* 85: 321-326.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009. Veileder 01: 2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann, 179 s.
- Hesthagen, T., P. Fiske og B.L. Skjelkvåle, 2008. Critical limits for acid neutralizing capacity of brown trout (*Salmo trutta*) in Norwegian lakes differing in organic carbon concentrations. *Aquatic Ecology* 42: 307-316.
- Hindar, A. og T. Larssen, 2005a. Modifisering av ANC- og tålegrenseberegninger ved å inkludere sterke organiske syrer. NIVA-rapport 5030-2005, 38 s.
- Hindar, A. og T. Larssen, 2005b. Metodikk for å avgjøre om og når kalking av innsjøer kan avsluttes i områder med redusert sur nedbør. NIVA-rapport 5029-2005, 33 s.
- Hindar, A. og L.B. Skancke, 2008. Vannkjemisk utvikling i innsjøer etter avsluttet kalking NIVA-rapport 5628-2008, 34 s.
- Klif, 2010. Overvåking av langtransportert luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2009. Rapport 1078/2010. Statlig program for forurensningsovervåking. Klima- og forurensningsdirektoratet, Oslo, 162 s.
- Kroglund, F., 2007. Metode for å beregne en "naturlig" vannkvalitet i kalka innsjøer i Aust-Agder. NIVA-rapport 5364-2007, 61 s.
- Lien, L., I.H. Sevaldrud, T.S. Traaen og A. Henriksen, 1987. 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Rapport 282/87. Statlig program for forurensningsovervåking. Statens forurensningstilsyn, Oslo, s.
- Lien, L., G.G. Raddum, A. Fjellheim og A. Henriksen, 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. *Science of the Total Environment* 177: 173-193.

- Lydersen, E., T. Larssen og E. Fjeld, 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Science of the Total Environment* 326: 63-69.
- Monteith, D.T., A.G. Hildrew, R.J. Flower, P.J. Raven, W.R.B. Beaumont, P. Collen, A.M. Kreiser, E.M. Shilland og J.H. Winterbottom, 2005. Biological responses to the chemical recovery of acidified fresh waters in the UK. *Environmental Pollution* 137: 83-101.
- Raddum, G.G. og B.L. Skjelkvåle, 1995. Critical limits of acidification to invertebrates in different regions of Europe. *Water Air and Soil Pollution* 85: 475-480.
- Rosseland, B.O. og M. Staurnes, 1994. Physiological mechanisms for toxic effects and resistance to acidic water: An ecophysiological and ecotoxicological approach, I C. E. W. Steinberg og R. F. Wright, red. *Acidification of freshwater ecosystems: Implications for the future*. John Wiley & Sons Ltd., 227 s.
- Skjelkvåle, B.L., K. Tørseth, W. Aas og T. Andersen, 2001. Decreases in acid deposition - recovery in Norwegian waters. *Water, Air, and Soil Pollution* 130: 1433-1438.
- Skjelkvåle, B.L., C. Evans, T. Larssen, A. Hindar og G.G. Raddum, 2003. Recovery from acidification in European surface waters: A View to the future. *Ambio* 32: 170-175.
- Skjelkvåle, B.L., A. Henriksen, B. Faafeng, E. Fjeld, T.S. Traaen, L. Lien, E. Lydersen og A.K. Buan, 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 677/96. Statens forurensningstilsyn, Oslo, 73 s.

Vedlegg A. Oversikt over sjøer som antas å være upåvirket av kalking ved tidspunkt for prøvetaking

Tabell A.1. Oversikt over Aksjon-88-data fra område 1 som er brukt i rapporten

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>9	Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>9
Handkleputten	Gran	601600	6698300	530		Fagertjern	Nannestad	605800	6689000	635	X
Heggekolltjern	Gran	605800	6691300	460		Gjevtjern	Nannestad	605600	6670000	355	X
Hekkentjern	Gran	602700	6697800	561		Grimstjern	Nannestad	606500	6673100	380	
Helmenputten	Gran	603000	6696600	490		Guriputten	Nannestad	604700	6672600	370	X
Lomtjern	Gran	601500	6699200	542		Harstadtjern	Nannestad	611700	6668700	205	
Merratjern	Gran	602700	6695700	450		Joputten	Nannestad	602200	6681100	490	
Abbotjern	Hurdal	605500	6705000	677	X	Kroktjern	Nannestad	604100	6680500	470	
Bergevatnet	Hurdal	602900	6706100	559		Kvernsjøen	Nannestad	604500	6687800	470	
Bjørtjern	Hurdal	602500	6705400	550		Malerputt	Nannestad	599900	6674100	510	
Bjørtomtjern	Hurdal	604800	6703300	520		Øytjern	Nannestad	607000	6688000	635	
Buråstjern	Hurdal	612000	6701200	208		Råsjøen	Nannestad	601000	6675700	436	X
Dam, Øyangen	Hurdal	606400	6692400	442	X	Revstjern	Nannestad	611200	6670100	215	
Dam, Skrukkelisjøen	Hurdal	606700	6699700	329		Skjelbreia	Nannestad	606200	6670100	349	
Damtjern	Hurdal	602700	6704700	529		Skjennumstjern	Nannestad	610100	6689500	417	
Fåtjern	Hurdal	607800	6701700	490		Sollitjern	Nannestad	613300	6686800	335	
Fjellsjøen	Hurdal	606900	6702700	520		Store Gimilen	Nannestad	608700	6670600	346	
Heggetjern	Hurdal	608800	6693700	397		Stråstjern	Nannestad	603800	6683300	299	
Høversjøen	Hurdal	606900	6707400	346		Svartputt-Holter	Nannestad	605700	6672100	357	
Hurdalsjøen	Hurdal	613700	6697200	175		Svarttjern	Nannestad	604200	6686900	535	
Kalvtjern	Hurdal	606800	6701700	510		Tollevtjern	Nannestad	605600	6675100	284	X
Kinna	Hurdal	615600	6694900	312		Trestikka	Nannestad	608100	6668700	326	
Kverntjern	Hurdal	606600	6694000	490		Vesle Gimilen	Nannestad	608300	6671200	350	
Middtjern	Hurdal	605100	6705200	687	X	Veslevikka	Nannestad	611100	6685100	395	
Nordtjern	Hurdal	608300	6695700	478		Abbotjern	Nittedal	603100	6670500	424	
Osttjern	Hurdal	597500	6704800	565		Abortjern	Nittedal	602900	6662100	326	
Øyange	Hurdal	605500	6694500	442	X	Aurtjern	Nittedal	606200	6668200	388	
Rakkeltjern	Hurdal	615700	6692900	298		Aurtjern	Nittedal	605900	6668100	310	X
Rødsteintjern	Hurdal	604200	6705800	685		Bergstjern	Nittedal	606250	6663100	228	
Røtjern	Hurdal	614500	6707200	416	X	Elvatn	Nittedal	597800	6666500	341	
Skrukkelisjøen	Hurdal	605300	6700000	329		Grønnputt	Nittedal	601100	6673300	510	
Steinsjøen	Hurdal	613400	6710700	434		Guritjern	Nittedal	602700	6669900	436	
Store Svartungen	Hurdal	600300	6706700	576		Høldippeldalen	Nittedal	603200	6660900	266	
Vålsjøen	Hurdal	617100	6699800	408		Kjulstjern	Nittedal	603900	6654300	350	
Vesle Damtjern	Hurdal	602800	6705400	550		Langvatn	Nittedal	598200	6665300	342	
Vesle Svartungen	Hurdal	601700	6705900	553		Nordvatn	Nittedal	596100	6666600	361	
Abbotjern	Nannestad	605900	6669100	332	X	Ørfiske	Nittedal	601600	6660300	337	X
Aurtjern	Nannestad	603200	6686800	498		Ormetjern	Nittedal	602300	6656100	395	
Bellrottjern	Nannestad	607100	6668000	302		Piperen	Nittedal	599200	6673300	506	
Bergevatn	Nannestad	606700	6688100	670		Setertjern	Nittedal	603800	6669300	381	
Bergtjern	Nannestad	604500	6680400	475		Skåltjern	Nittedal	602300	6660900	336	
Dalstjern	Nannestad	610700	6689300	395		Skredderudtjern	Nittedal	605100	6654400	256	
Dalstjern	Nannestad	605400	6672700	354	X	Steintjern	Nittedal	604200	6668400	380	
Djupøyungen	Nannestad	605500	6670900	343	X	Svartputten, Gjerdrum	Nittedal	609600	6657200	275	X
Fagertjern	Nannestad	603100	6680600	540		Vågedammen	Nittedal	603500	6658100	195	X

Tabell A.2. Oversikt over data fra Oslo (område 1) fra regionundersøkelsen i 1986

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>9
Trehørningen	Oslo	596670	6664060	360	
Ø. Fyllingen	Oslo	591530	6660060	349	
Vesle Sandungen	Oslo	588960	6665160	390	
Hakklokroktjern	Oslo	592310	6663260	441	
Kobberhaugtjern	Oslo	592900	6656700	426	

Tabell A.3. Oversikt over Aksjon-88-data fra område 2 som er brukt i rapporten. I kolonnen som indikerer Ca/Mg-forhold og Mg-konsentrasjon betyr X og O henholdsvis Ca/Mg over 4,5 (masse/masse) og Mg-konsentrasjon høyere enn 0,73 mg/L.

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73	Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73
Abbotjern	A.-Høland	647800	6627700	254		Bjørktjern	A.-Høland	629700	6634600	295	
Abbotjern	A.-Høland	650100	6633300	170		Blekketjern	A.-Høland	650800	6654000	238	
Abbotjern	A.-Høland	642600	6648400	173		Blytjern	A.-Høland	660400	6631300	305	
Abbotjern	A.-Høland	632000	6641100	265		Borstadtjern	A.-Høland	636900	6651300	329	
Abbotjern	A.-Høland	636200	6636700	324		Brattfossvannet	A.-Høland	657800	6633400	226	
Abbotjern	A.-Høland	653800	6640600	292		Bredsjøen	A.-Høland	649600	6642500	246	X
Amundsetertjern	A.-Høland	645300	6628300	254		Butjern	A.-Høland	648000	6648200	282	
Askevikertjern	A.-Høland	655700	6633500	224		Dalatjern	A.-Høland	630300	6630100	174	
Åstjernet	A.-Høland	644200	6624200	230		Damneset	A.-Høland	644400	6648200	150	
Åsvatna	A.-Høland	645000	6629900	276		Damtjenn	A.-Høland	653800	6635400	242	
Aurtjenn	A.-Høland	654500	6634600	249		Damtjern	A.-Høland	630800	6633800	266	
Aurtjern	A.-Høland	660400	6635200	275		Damtjern	A.-Høland	656700	6635700	222	
Autkytetjern	A.-Høland	636400	6636100	220		Damtjern	A.-Høland	644500	6616700	130	
Bekketjern	A.-Høland	648600	6631800	170		Damtjern	A.-Høland	634100	6634200	215	O
Bergtjern	A.-Høland	646900	6616900	275		Damtjern (Hverselva)	A.-Høland	654000	6639200	265	

Tabell A.3. Fortsettelse.

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73	Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73
Djuptjern	A.-Høland	645200	6631200	274		Langtjernet	A.-Høland	642100	6624900	270	
Dyntjernet	A.-Høland	647400	6637000	216		Langvatnet	A.-Høland	637600	6639900	311	
Fagerlitjern	A.-Høland	653800	6648300	278		Langvatnet	A.-Høland	642100	6649800	178	
Flåtetjern	A.-Høland	644600	6618100	253		Lille Skjærtjenn	A.-Høland	658400	6640400	283	
Fleskevannet (Ulversund)	A.-Høland	656000	6633100	223		Lomnesputten	A.-Høland	633900	6641700	270	
Fremstetjern	A.-Høland	643700	6631300	206		Lortjern	A.-Høland	645800	6634500	238	
Gaupetjern	A.-Høland	651700	6648700	183		Lyseren	A.-Høland	649700	6621000	210	
Gjeddetjenn	A.-Høland	649700	6633000	178	O	Lystjern	A.-Høland	641600	6624900	275	
Gørrtjern	A.-Høland	642500	6650800	235		Lystjern	A.-Høland	634300	6636800	250	
Gørtjenn	A.-Høland	656600	6639800	250		Lystjern	A.-Høland	647700	6631400	228	
Graslitjenn	A.-Høland	656900	6637700	285		Lystjern	A.-Høland	655200	6651300	214	X
Gravetjern	A.-Høland	638400	6636000	215		Lystjerna	A.-Høland	634300	6636300	275	
Gravtjern	A.-Høland	659500	6632400	255		Maltjern	A.-Høland	638800	6638500	199	
Grønnholtjenn	A.-Høland	651000	6642700	268		Mangensjøen	A.-Høland	656000	6651150	194	
Grønmyrtjern	A.-Høland	652200	6627700	230		Midtre Lembruvann	A.-Høland	659100	6637300	260	
Gugletjern	A.-Høland	652600	6630600	198		Mjermen	A.-Høland	645100	6623000	165	
Hallangen	A.-Høland	653800	6630500	191		Mortegroptjern	A.-Høland	655700	6631500	194	
Halloren	A.-Høland	645300	6633700	225		Mortjern	A.-Høland	648200	6622100	175	
Halstjern	A.-Høland	633900	6634900	248		Mortjern	A.-Høland	636000	6638700	230	
Haugtjern	A.-Høland	645300	6621200	210		Mortjern	A.-Høland	653600	6632400	188	
Hauketjern	A.-Høland	654600	6631200	191		Mortjern	A.-Høland	647800	6630300	255	
Havsjøen	A.-Høland	657700	6654400	220	O	Motjern	A.-Høland	651300	6627700	215	
Himtjern	A.-Høland	651500	6653100	237		Motjern	A.-Høland	633700	6629300	205	
Holmetjern	A.-Høland	631800	6638500	264		N.Halsnestjernet	A.-Høland	649700	6624600	210	
Holmetjern	A.-Høland	644800	6635700	215		N.Lønnedalstjern	A.-Høland	652200	6627300	235	
Hølvatnet	A.-Høland	644800	6625700	214		N.Spontjern	A.-Høland	651000	6624200	235	
Kjøltjern	A.-Høland	646000	6654500	361		N.Steintjern	A.-Høland	651600	6623700	223	
Komtjenn	A.-Høland	657900	6635200	250		Nauttjern	A.-Høland	653600	6652900	232	X
Kopptjern	A.-Høland	653400	6647800	302		Nedre Eikheitjenn	A.-Høland	658900	6638300	265	
Korstjern	A.-Høland	634800	6641800	210		Nedre Igletjern	A.-Høland	638700	6636900	193	
Kråketjern	A.-Høland	645200	6620600	216		Oksetjern	A.-Høland	646900	6620500	265	
Kroksjølungen	A.-Høland	657800	6641800	200		Oppsjøen	A.-Høland	648900	6650000	270	
Kroktjern	A.-Høland	646800	6618300	290		Opptjern	A.-Høland	644800	6637000	204	
Kroktjern	A.-Høland	643300	6632800	296		Ormtjern	A.-Høland	635200	6634800	232	
Kvernhustjern	A.-Høland	643900	6635800	197		Øvre Eikheitjenn	A.-Høland	658800	6638600	269	
Lakentjern	A.-Høland	648300	6618600	275		Øvre Igletjern	A.-Høland	638100	6637300	208	
Lange Abbotjern	A.-Høland	660600	6631700	288		Ovrum Damtjern	A.-Høland	634800	6629300	235	
Langebruslora	A.-Høland	653200	6631200	176		Øytjern	A.-Høland	653900	6641800	280	
Langetjern	A.-Høland	660000	6633800	175		Piltjern	A.-Høland	650900	6651300	257	X
Langfossjøen	A.-Høland	635500	6636200	228		Porstjern	A.-Høland	631600	6631200	303	
Langsjølungen	A.-Høland	657600	6642900	227		Rørviktjern	A.-Høland	648400	6626800	168	
Langtjern	A.-Høland	646300	6633200	191		Røyrtjern	A.-Høland	645000	6620500	203	
Langtjern	A.-Høland	657700	6631800	226		Røyrtjern	A.-Høland	647800	6618800	248	
Langtjern	A.-Høland	646200	6621400	264		Røyrtjern	A.-Høland	647200	6631200	220	X
Langtjern	A.-Høland	630100	6634800	291		Rundtjern	A.-Høland	657200	6631800	216	

Tabell A.3. Fortsettelse.

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73	Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Ca/Mg>4.5 eller Mg>0.73
S.Halsnestjernet	A.-Høland	649500	6624100	205		Bøletjern	Fet	628300	6630200	213	X
S.Spontjern	A.-Høland	651300	6624000	235		Langtjernet	Fet	627700	6631900	230	X
S.Steinstjern	A.-Høland	650700	6621500	210		Opptjern	Fet	626800	6633800	218	
Sæterbutjern	A.-Høland	629800	6632000	255		Øyeren	Fet	621600	6638800	101	O
Sætertjern	A.-Høland	646200	6618300	273		Rosstjern	Fet	627000	6635700	190	X
Seterstjern	A.-Høland	652300	6649200	308		Varsjøen	Fet	624700	6647700	195	
Setertjern	A.-Høland	657400	6655800	264		Vindlandssjøen	Fet	628000	6634100	196	
Setertjern	A.-Høland	656300	6631100	202		Vindlandstjern	Fet	627200	6634500	164	
Settetjern	A.-Høland	649600	6646300	268		Andtjernet	Nes	644500	6663600	207	
Skåltjern	A.-Høland	655700	6639700	238		Bjørknessjøen	Nes	655166.6667	6657500	198	
Skårtjern	A.-Høland	634200	6630000	197		Blekkjtjernet	Nes	650600	6663200	350	
Skarptjenn	A.-Høland	650600	6641900	255		Butjern	Nes	655700	6658700	201	
Skjebergstjern	A.-Høland	644900	6635200	231		Butjern	Nes	646500	6668100	255	
Skjertjernet	A.-Høland	641700	6626400	276		Flæmann	Nes	644900	6668200	237	
Småsvartjern	A.-Høland	647500	6628200	245		Flasjøen	Nes	653700	6665400	262	
Søndre Lombergstjern	A.-Høland	647300	6625200	193	O	Gørrtjern	Nes	649100	6661200	235	
Sotsjøen	A.-Høland	654100	6651000	204		Gurutjern	Nes	651200	6663500	341	
St.Garsjøen	A.-Høland	651200	6646400	278		Handsjøen	Nes	651400	6658800	230	
Steinstjern	A.-Høland	651100	6649600	284		Klartjern	Nes	649100	6663400	337	
Stenstjern	A.-Høland	649200	6655100	253		Knapptjern	Nes	650000	6666300	308	
Stikkstjern	A.-Høland	646500	6629000	266		Kroktjern	Nes	648800	6666200	298	
Store Abbortjenn	A.-Høland	654900	6637500	330		Langtjern	Nes	653300	6663300	270	
Store Aurtjern	A.-Høland	647500	6629700	202		Langtjernet	Nes	648600	6666700	321	
Store Gunnartjern	A.-Høland	632800	6642700	265		Langvatn	Nes	645900	6667700	240	
Store Hallingstjern	A.-Høland	654200	6628100	271		Mosttjernet	Nes	652600	6659600	225	
Store Lyseren	A.-Høland	655700	6631700	229		Nordre Børtjern	Nes	647700	6665300	238	
Store Skjærtjenn	A.-Høland	658700	6640300	285		Ostetjernet	Nes	648800	6658800	355	
Store Svartjern	A.-Høland	648000	6628500	212		Romsjøen	Nes	650400	6660400	234	
Store Tvertjern	A.-Høland	633300	6641600	277		Sagstusjøen	Nes	643500	6666200	191	
Stortjern	A.-Høland	651300	6623500	235		Søndre Børtjern	Nes	647100	6664700	237	
Svartjern	A.-Høland	643700	6634600	242		Steintjernet	Nes	653800	6665000	260	
Svartjern	A.-Høland	657200	6632200	244		Vangtjern	Nes	653200	6664700	275	
Svartjern	A.-Høland	643700	6640800	235		Vangtjernet	Nes	648200	6662200	253	
Syltungtjenna	A.-Høland	653600	6628900	276		Vangtjernet	Nes	651100	6665700	299	
Tanumtjern	A.-Høland	645900	6652900	289		Vesle Rabillen	Nes	652400	6659200	235	
Tasketjern	A.-Høland	647900	6637500	224		Agnetjern	Sørum	622200	6652000	260	
Tonnestjern	A.-Høland	660800	6635700	270		Breidsjøen	Sørum	627300	6642900	217	
Trysjøen	A.-Høland	648800	6620700	207		Frysjua	Sørum	625400	6648000	200	
Tuesetertjerna	A.-Høland	637100	6638000	360		Langtjern	Sørum	627600	6646800	208	
Tunnsjø	A.-Høland	632500	6636800	200		Nordre Mjøsjøen	Sørum	627700	6643700	210	
Varsjøen	A.-Høland	630400	6634900	211		Øvre Helltjern	Sørum	628700	6643800	282	
Veintjern	A.-Høland	630600	6631600	275		Søndre Mjøsjøen	Sørum	627600	6642400	210	
Vesle Abbortjenn	A.-Høland	654400	6637700	316		Stordammen	Sørum	630200	6640700	214	
Vesle Lyseren	A.-Høland	656100	6630100	217		V.Jarsjøen	Sørum	629800	6641600	239	
Vestre Lembruvann	A.-Høland	658400	6637600	261		Varsjhøen	Sørum	626000	6647300	195	
Viksjøen	A.-Høland	655200	6654400	198							

Tabell A.4. *Oversikt over innsjøer med tidsserier.*

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH
Langtjern	Aurskog-Høland kommune	659961	6633582	112
Store Lyseren	Aurskog-Høland kommune	655699	6629685	229
Holvatn	Aurskog-Høland kommune	644799	6625585	214
Langvann	Oslo kommune	597700	6664650	342

Tabell A.5. *Oversikt over innsjøer fra område 1 med data som er brukt til sekundær validering av modell. Merk at noen innsjøer er prøvetatt i flere år.*

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Dato
Rottungen	Oslo kommune	595510	6658106	310	15/10/1995
Ø.Fyllingen	Oslo kommune	592099	6659885	349	15/10/1995
Helgeren	Oslo kommune	595078	6661883	63	15/10/1995
Bundlitjernet	Hurdal kommune	616084	6701382	425	20/10/1995
Buråstjern	Hurdal kommune	612070	6701144	208	20/10/1995
Hurdalsjøen	Hurdal kommune	616298	6687792	175	20/10/1995
Holtjernet	Hurdal kommune	615241	6705367	444	20/10/1995
Langvatn	Nittedal	597873	6664433	342	01/11/2007
Skjersjøen	Oslo	595072	6654992	258	01/11/2007
Hakkloa	Oslo	593179	6664176	372	01/11/2007
Helgeren	Oslo	595318	6661974	358	01/11/2007
Bjørnsjøen	Oslo	592590	6659652	337	01/11/2007
Sandungen (store og vesle)	Oslo	591070	6666234	390	01/11/2007
Trehørningen	Oslo	596232	6664523	360	01/11/2007
Østre og Vestre Fyllingen	Oslo	590913	6660431	349	01/11/2007
Rottungen	Oslo	595262	6658388	310	01/11/2007
Ørfiske	Nittedal	601064	6660806	337	02/11/2007
Ørfiske	Nittedal	601064	6660806	337	22/10/2008
Hakkloa	Oslo	593179	6664176	372	22/10/2008
Skjersjøen	Oslo	595072	6654992	258	22/10/2008
Trehørningen	Oslo	596232	6664523	360	22/10/2008
Bjørnsjøen	Oslo	592590	6659652	337	22/10/2008
Rottungen	Oslo	595262	6658388	310	22/10/2008
Østre og Vestre Fyllingen	Oslo	590913	6660431	349	22/10/2008
Åbortjernet	Oslo	592459	6658969	369	22/10/2008
Langvatn	Nittedal	597873	6664433	342	28/10/2008

Tabell A.6. Oversikt over innsjøer fra område 2 med data som er brukt til sekundær validering av modell. Merk at noen innsjøer er prøvetatt i flere år.

Navn	Kommune	UTM E32	UTM N32	HOH	Dato
Langtjern	Aurskog-Høland kommune	659961	6633582	112	20/10/1995
Lembruvatna	Aurskog-Høland kommune	659023	6637110	260	20/10/1995
Fleskevatnet	Aurskog-Høland kommune	655999	6633085	223	20/10/1995
Flasjøen	Nes kommune	653076	6665402	262	20/10/1995
Fleskevatnet	Aurskog-Høland kommune	655999	6633085	223	15/10/2004
Fugletjern	Aurskog-Høland	652456	6630193	198	23/10/2007
Skjeberg tjerna	Aurskog-Høland	644727	6634652	231	24/10/2007
Store Langsjøen	Aurskog-Høland	645088	6638726	195	24/10/2007
Snartjern	Aurskog-Høland	643717	6633914	242	24/10/2007
Holmetjern	Aurskog-Høland	644626	6635254	215	24/10/2007
Svartjenn	Aurskog-Høland	644330	6634907	0	24/10/2007
Daltjenn	Aurskog-Høland	650636	6651797	233	25/10/2007
Himtjern	Aurskog-Høland	651263	6653087	237	25/10/2007
Viksjøen (Bjørknessjøen)	Nes	655443	6655900	198	25/10/2007
Nettmangen - Butjern	Nes	655361	6660189	201	25/10/2007
Flasjøen	Nes	652634	6665107	262	25/10/2007
Store Langsjøen	Aurskog-Høland	645088	6638726	195	22/10/2008
Snartjern	Aurskog-Høland	643717	6633914	242	22/10/2008
Holmetjern	Aurskog-Høland	644626	6635254	215	22/10/2008
Skjeberg tjerna	Aurskog-Høland	644727	6634652	231	22/10/2008
Svartjenn	Aurskog-Høland	644330	6634907	0	22/10/2008
Fugletjern	Aurskog-Høland	652456	6630193	198	22/10/2008
Daltjenn	Aurskog-Høland	650636	6651797	233	23/10/2008
Himtjern	Aurskog-Høland	651263	6653087	237	23/10/2008
Flasjøen	Nes	652634	6665107	262	23/10/2008

Vedlegg B. Oversikt over kalkede sjøer

Tabellene B.1 og B.2. viser typifisering og vurdering av hver enkelt kalket innsjø i henholdsvis område 1 og 2. For sjøer hvor det foreligger data fra flere år/sesonger, vises resultatet av typifisering/vurdering basert på hver enkelt prøve. Oppgitt Ca-konsentrasjon og ANC er ”ukalket”, dvs. basert på modellert Ca-konsentrasjon. Typifiseringen er gjort etter tabell 1 i hovedteksten og vurderingen er gjort i forhold til grenseverdien for skillet mellom god og moderat tilstand som forklart i kapittel 2.4. For sjøer med TOC-konsentrasjon over 10 mg/L ble i tillegg ANCoaa sammenlignet med en grenseverdi på 8 $\mu\text{ekv/L}$. Dersom ANCoaa var lavere enn grensen pluss usikkerhetsmargin ble status satt til usikker. Vurderingen er gjort kun basert på ”ukalkede” ANC-verdier. I vurderingen indikerer K fortsatt kalkingsbehov, U at det er usikkert om det fortsatt er behov for kalking og S at kalking kan stanses.

Tabell B.1. Oversikt over kalkede sjøer med typifisering og vurdering for område 1.

Navn	Identifikasjon		Grunnlag			Typifisering		Type		Grense		Vurdering			
	Vanninfnr.	UTM E:32 (m)	UTM N:32 (m)	Høi (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L)	Høyde	Kalk	Hummus	Nr	G/M ANC	ANC ($\mu\text{ekv/L}$)	ANCoaa ($\mu\text{ekv/L}$)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering
Abbotfjern	4704	605635	6704870	677	2.0	5	S	1-4	>5	9	40	104	87	V07	S
Aurtjern	4683	597353	6707109	595	1.9	9.2	S	1-4	>5	9	40	97	66	V07	S
Bjørntomtjern	4713	604557	6703070	520	2.3	7.6	S	1-4	>5	9	40	132	106	V07	S
Daltjern	80012	608162	6705073	544	1.7	6.3	S	1-4	>5	9	40	99	77	V07	S
Damtjern	80014	595148	6705466	0	2.0	9	L	1-4	>5	3	40	119	88	V07	S
Fåtjern	4724	607610	6701414	484	2.0	8.4	S	1-4	>5	9	40	109	81	V07	S
Geitryggfjern	80032	609097	6696632	0	1.6	10	L	1-4	>5	3	40	95	61	V07	S
Glasbergfjern	4693	597247	6705959	648	2.0	13	S	1-4	>5	9	40	103	58	V07	S
Hakefjern	80033	594680	6705291	0	2.4	6.3	L	1-4	>5	3	40	137	115	V07	S
Heggefjern	4796	608667	6693654	397	1.3	4.1	S	1-4	2-5	8	30	60	46	V07	S
Malsjøen	4690	595792	6706467	627	2.1	11	S	1-4	>5	9	40	124	87	V07	S
Midtjern	4700	605048	6705217	687	2.4	4.9	S	1-4	2-5	8	30	127	111	V07	S
Nysætertjern	80036	610178	6696983	539	3.7	5.5	S	1-4	>5	9	40	215	196	V07	S
Ostjern	80016	597213	6704737	566	2.1	9.6	S	1-4	>5	9	40	112	80	V07	S

Tabell B.1. Fortsettelse

Identifikasjon			Grunnlag			Typifisering			Vurdering						
Navn	Vanninnf. nr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Høi (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L	Høyde	Kalk	Humus	Type Nr	Grense G/M ANC	ANC (µekv/L)	ANCoaa (µekv/L)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering
Rødsteintjern	4697	604436	6705445	684	1.9	7.1	S	1-4	>5	9	40	113	89	V07	S
Rundtjern	80013	609081	6704937	0	2.0	7.9	L	1-4	>5	3	40	127	100	V07	S
Svartjern	80015	595990	6705242	0	2.4	8.9	L	1-4	>5	3	40	140	110	V07	S
Vesttjern-Nordtjern	4778	607737	6695469	478	1.3	4.9	S	1-4	2-5	8	30	63	47	V07	S
Bellrotjtjern	80055	606944	6667846	0	1.6	9.7	L	1-4	>5	3	40	87	54	V07	S
Bergstjernet	80056	604397	6680182	475	1.5	13	S	1-4	>5	9	40	92	47	H07	S
Bjertnessjøen	4981	604210	6674618	335	1.4	7.1	S	1-4	>5	9	40	66	41	H07	S
Botnetjern	4973	598289	6676522	0	1.4	5.5	L	1-4	>5	3	40	80	61	V07	S
Breidsortungen	4930	601893	6680933	0	1.7	11	L	1-4	>5	3	40	104	67	H07	S
Djupøyungen	5026	605583	6671101	343	1.4	4.2	S	1-4	2-5	8	30	51	37	V07	S
Fagertjern	4935	603074	6680503	540	1.5	7.2	S	1-4	>5	9	40	86	62	H07	S
Grønputt	80064	601057	6673174	0	1.3	11	L	1-4	>5	3	40	61	23	V07	S
Grøssåkerputten	81530	607389	6668229	332	1.8	11	S	1-4	>5	9	40	104	67	V07	S
Hornsjøen	4854	609826	6687270	452	1.2	4.8	S	1-4	2-5	8	30	56	40	V07	S
Kolsjøen	4978	598681	6675298	538	1.2	9.2	S	1-4	>5	9	40	59	28	V07	U
Krokstjernet	4986	598777	6674494	538	1.4	9.8	S	1-4	>5	9	40	67	34	V07	S
Krokstjernet	80069	600460	6678453	516	3.2	10	S	1-4	>5	9	40	203	169	H07	S
Kuletjerna	4953	600227	6678789	514	2.3	9.7	S	1-4	>5	9	40	137	104	H07	S
Kuletjerna	80071	600477	6678803	0	2.3	10	L	1-4	>5	3	40	136	102	H07	S
Kuletjerna	80072	600675	6678862	0	3.1	9.9	L	1-4	>5	3	40	189	155	H07	S
Kvernsjøen	4846	603907	6688211	470	1.9	6.1	S	1-4	>5	9	40	110	90	V07	S
Langevatnet	4922	600736	6681862	520	3.2	10.5	S	1-4	>5	9	40	203	167	H07	S
Langvatn	80035	606659	6688865	651	1.4	9.4	S	1-4	>5	9	40	85	53	V07	S
Malarputten	80075	599803	6673880	0	1.2	9.9	L	1-4	>5	3	40	60	27	V07	S
Nedre Tøletjernene	4857	607853	6687366	557	1.9	6.1	S	1-4	>5	9	40	99	78	V07	S
Prestkona	4929	601402	6681044	497	1.9	11	S	1-4	>5	9	40	126	88	H07	S
Råbjørn	4948	601788	6679031	490	1.5	7.4	S	1-4	>5	9	40	86	60	H07	S
Råsjøen	184	600446	6675654	436	1.4	7.5	S	1-4	>5	9	40	78	53	V07	S
Skjellbreia	5043	606027	6670183	349	1.3	5.6	S	1-4	>5	9	40	38	19	V07	U

Tabell B.1. Fortsettelse

Navn	Identifikasjon		Grunnlag			Typifisering			Type			Vurdering			
	Vanninnf. nr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Hoh (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L	Høyde	Kalk	Humus	Nr	Grense G/M ANC	ANC (µekv/L)	ANCoaa (µekv/L)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering
Søndre Roligfjern	80039	602594	6673947	0	1.1	11	L	1-4	>5	3	40	60	22	V07	U
Stårsjøen	4982	599915	6674993	476	1.4	7.5	S	1-4	>5	9	40	64	39	V07	S
Store Vikka	4874	609546	6686113	467	0.8	5.6	S	<1	>5	6	35	37	18	V07	U
Stubbetjernet	80045	601360	6678564	0	3.2	13	L	1-4	>5	3	40	205	161	H07	S
Tjernetjernet	5040	606736	6670354	357	1.1	7.4	S	1-4	>5	9	40	49	24	V07	U
Tøletjern Øvre	80018	607935	6687752	0	1.7	6.7	L	1-4	>5	3	40	96	73	V07	S
Tollefjern	80017	608320	6686730	0	1.4	8.5	L	1-4	>5	3	40	83	54	V07	S
Toresjernet	4961	600328	6677960	510	2.5	14	S	1-4	>5	9	40	155	107	H07	S
Trasletjernet	4962	601026	6677664	473	1.0	10	S	<1	>5	6	35	61	27	H07	S
vesle Kvernsjøen	4860	605813	6687104	523	1.2	7.9	S	1-4	>5	9	40	63	36	V07	S
vestre Buvatn	5041	607126	6670410	371	1.0	8.4	S	1-4	>5	9	40	46	17	V07	U
Åbortjernet	5048	602975	6670132	424	1.1	6	S	1-4	>5	9	40	43	23	V07	U
Bakkholtjerna	5004	602304	6672888	518	1.0	7.3	S	<1	>5	6	35	35	10	V07	U
Buvatn	5022	600659	6671670	472	1.2	6.1	S	1-4	>5	9	40	53	32	V07	U
Damsortungen	5021	601761	6671416	444	1.4	6.7	S	1-4	>5	9	40	57	34	V07	U
Dretnetjernet	5136	607419	6662321	270	1.8	7	S	1-4	>5	9	40	84	60	V07	S
Holmetjern	5134	598649	6662208	413	0.4	3.4	S	<1	2-5	5	25	1	-10	V07	K
Lomtjern	5221	605050	6652411	0	2.1	10.9	L	1-4	>5	3	40	111	74	V07	S
Lusevasan	5226	605444	6652106	0	2.0	7.7	L	1-4	>5	3	40	89	63	V07	S
nordre Bakkholtjern	80054	602075	6673133	515	1.1	6.3	S	1-4	>5	9	40	45	24	V07	U
nordre Ryggevatna	5171	608631	6658187	303	1.1	5.4	S	1-4	>5	9	40	45	27	V07	U
Pipefløya	80148	598657	6673577	510	1.0	6	S	<1	>5	6	35	51	31	V07	U
Piperen	4999	598977	6673161	506	1.2	3.6	S	1-4	2-5	8	30	51	38	V07	S
Sæterjernet	80050	603727	6669060	381	0.7	0	S	<1	<2	4	20	39	39	V07	U
Store Elsjøane	4994	602289	6673390	509	1.3	6.9	S	1-4	>5	9	40	42	19	V07	U
Otertjern store	80007	585527	6656593	0	1.1	7.4	L	1-4	>5	3	40	55	30	V07	U
Øvre Øyvatn	5110	596990	6665410	357	0.6	4	S	<1	2-5	5	25	14	1	V07	U
Sandungskroktjernet	5121	591343	6663776	0	0.5	5.5	L	<1	>5	6	35	27	8	V07	U
Smalvatn	5105	594232	6665682	377	0.8	3.6	S	<1	2-5	5	25	43	31	V07	U

Tabell B.1. Fortsettelse (denne delen av tabellen dekker sjøer med prøver fra flere sesonger/år).

Identifikasjon			Grunnlag				Typifisering			Type			Vurdering			
Navn	Vanninfnr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Hoh (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L)	Høyde	Kalk	Humus	Nr	G/M ANC	ANC (µekv/L)	ANC (µekv/L)	ANC (µekv/L)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering
Fjellsjøen	4711	605966	6702866	520	1.7	5.5	S	1-4	>5	9	40	83	64	V07	S	
Fjellsjøen	4711	605966	6702866	520	1.9	6.6	S	1-4	>5	9	40	102	79	H07	S	
Fjellsjøen	4711	605966	6702866	520	1.2	5.7	S	1-4	>5	9	40	63	43	H08	S	
Søndre Tvekjelleren	4991	600548	6673142	493	1.6	7.7	S	1-4	>5	9	40	86	60	V07	S	
Søndre Tvekjelleren	4991	600548	6673142	493	1.9	10	S	1-4	>5	9	40	104	70	H07	S	
Søndre Tvekjelleren	4991	600548	6673142	493	1.4	9.4	S	1-4	>5	9	40	84	52	H08	S	
Vrangen	5003	599859	6672359	478	1.2	6.9	S	1-4	>5	9	40	59	35	V07	U	
Vrangen	5003	599859	6672359	478	1.6	9.4	S	1-4	>5	9	40	89	57	H07	S	
Lauvtangen	5014	601299	6671866	472	2.9	7.2	S	1-4	>5	9	40	157	132	V07	S	
Lauvtangen	5014	601299	6671866	472	2.1	9.5	S	1-4	>5	9	40	112	80	H07	S	
Lauvtangen	5014	601299	6671866	472	1.3	7.9	S	1-4	>5	9	40	85	58	H08	S	
Hakkimfjernet	5025	602798	6671652	446	1.1	4.8	S	1-4	2-5	8	30	38	21	V07	U	
Hakkimfjernet	5025	602798	6671652	446	1.3	10	S	1-4	>5	9	40	56	22	H07	U	
Hakkimfjernet	5025	602798	6671652	446	1.1	5.7	S	1-4	>5	9	40	57	37	H08	U	
Storøyungen	5035	605114	6670035	331	1.2	5.2	S	1-4	>5	9	40	36	18	V07	U	
Storøyungen	5035	605114	6670035	331	1.4	7	S	1-4	>5	9	40	56	33	H07	U	
Storøyungen	5035	605114	6670035	331	0.9	6	S	<1	>5	6	35	35	14	H08	U	
Hakklokroktjernet	5125	592294	6663185	441	1.7	9.9	S	1-4	>5	9	40	87	53	V07	S	
Hakklokroktjernet	5125	592294	6663185	441	0.6	6.4	S	<1	>5	6	35	32	10	V08	U	
Hakklokroktjernet	5125	592294	6663185	441	1.2	9.1	S	1-4	>5	9	40	72	41	H08	S	
Krokfjernet	5128	591380	6663199	0	2.1	12	L	1-4	>5	3	40	127	86	V07	S	
Krokfjernet	5128	591380	6663199	0	0.3	6.8	L	<1	>5	6	35	11	-12	V08	U	
Krokfjernet	5128	591380	6663199	0	1.5	11.1	L	1-4	>5	3	40	99	61	H08	S	
Øyyvatnet	5175	590797	6657874	444	2.5	12	S	1-4	>5	9	40	141	100	V07	S	
Øyyvatnet	5175	590797	6657874	444	1.0	6.4	S	1-4	>5	9	40	56	34	V08	U	
Øyyvatnet	5175	590797	6657874	444	1.8	10.8	S	1-4	>5	9	40	107	71	H08	S	

Tabell B.2. Oversikt over kalkede sjøer med typifisering og vurdering for område 2.

Identifikasjon			Grunnlag			Typifisering			Type			Grense			Basis			Vurdering		
Navn	Vanninnf. nr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Hoh (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L	Høyde	Kalk	Humus	Nr	G/M	ANC	ANC _{0aa} (µkv/L)	ANC (µkv/L)	ANC _{0aa} (µkv/L)	Bakgrunn	Prøver fra	Vurdering		
Åsnessaterfjern	3050	644171	6653926	302	1.7	13	S	1-4	>5	9	40	90	46	90	46	V07	V07	S		
Åsvatna	3154	653282	6641438	285	2.0	13	S	1-4	>5	9	40	108	64	108	64	V07	V07	S		
Aurdypelfjern	80026	654343	6640308	273	1.7	13	S	1-4	>5	9	40	95	50	95	50	V07	V07	S		
Aurefjern	3202	654521	6634160	249	1.6	13	S	1-4	>5	9	40	89	44	89	44	V07	V07	S		
Aurkytefjern	80082	634601	6639433	0	1.7	8.2	L	1-4	>5	3	40	114	87	114	87	V07	V07	S		
Aurset	3138	651871	6642106	286	1.0	13	S	1-4	>5	6	40	48	4	48	4	V07	V07	U		
Breidvatnet	3172	637532	6638743	311	1.2	9.3	S	1-4	>5	9	40	57	26	57	26	V07	V07	U		
Butjerna	3097	647642	6648078	282	1.8	11	S	1-4	>5	9	40	105	67	105	67	V07	V07	S		
Damtjern	3192	654069	6634934	242	1.4	12	S	1-4	>5	9	40	71	30	71	30	V07	V07	U*		
Damtjern	3151	634632	6641722	203	1.9	6	S	1-4	>5	9	40	103	82	103	82	V07	V07	S		
Damtjernet	80028	642034	6623329	0	2.1	21	L	1-4	>5	3	40	138	67	138	67	H07	H07	S		
Dyptjernet	3178	647173	6637612	216	3.0	5.7	S	1-4	>5	9	40	158	138	158	138	V07	V07	S		
Halstjern nordre	80114	631794	6639754	0	1.6	13	L	1-4	>5	3	40	90	46	90	46	V07	V07	S		
Halstjern søndre	80115	631700	6639121	0	1.5	13	L	1-4	>5	3	40	84	40	84	40	V07	V07	S		
Holmetjern	80117	631777	6638306	269	1.8	9.1	S	1-4	>5	9	40	94	63	94	63	V07	V07	S		
Kjøltjern	4416	645993	6654488	361	1.5	16	S	1-4	>5	9	40	76	21	76	21	V07	V07	U*		
Korsfjern	3147	638495	6641992	245	1.6	8.1	S	1-4	>5	9	40	68	40	68	40	V07	V07	U		
Langfjern	80121	629891	6634905	300	1.8	11	S	1-4	>5	9	40	89	51	89	51	V07	V07	S		
Langtjernet	80029	642003	6625006	262	1.9	11	S	1-4	>5	9	40	108	70	108	70	H08	H08	S		
Lyseren	3289	649675	6620761	210	1.4	10	S	1-4	>5	9	40	77	43	77	43	V07	V07	S		
Maltjern	3169	639154	6639034	199	1.2	11	L	1-4	>5	3	40	51	13	51	13	V07	V07	U		
nordre Røyfjern	3299	647586	6619265	248	1.5	8.9	S	1-4	>5	9	40	83	53	83	53	V07	V07	S		
Oppsjøen	3086	648618	6649390	270	1.5	14	S	1-4	>5	9	40	76	29	76	29	V07	V07	U*		
Øytjern	80027	653838	6641760	280	2.1	15	S	1-4	>5	9	40	121	70	121	70	V07	V07	S		
Røyrtjern	3296	644608	6619596	203	1.8	12	S	1-4	>5	9	40	95	55	95	55	V07	V07	S		
Skåltjern	3174	655579	6639168	238	1.7	12	S	1-4	>5	9	40	97	56	97	56	V07	V07	S		
Skararfjern	3187	654090	6636318	263	1.8	13	S	1-4	>5	9	40	103	59	103	59	V07	V07	S		

* Plassert i kategorien "Usikker" fordi sjøen har TOC høyere enn 10 mg/L og fordi ANC_{0aa} minus usikkerhetsmargin på 30 µkv/L blir mindre enn kritisk grense på 8 µkv/L (se kapittel 2.2).

Tabell B.2. Fortsettelse.

Identifikasjon			Grunnlag				Typifisering			Grense			Vurdering		
Navn	Vanninfnr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Hoh (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L)	Høyde	Kalk	Humus	Type Nr	G/M ANC	ANC (µekv/L)	ANCoaa (µekv/L)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering
Steinsjøen	3152	634290	6641637	215	1.7	6.8	S	1-4	>5	9	40	93	70	V07	S
Store Aurefjernet	3239	647477	6629341	202	1.9	8.7	S	1-4	>5	9	40	100	70	V07	S
Store Garsjøen	3108	651081	6645970	278	1.7	13	S	1-4	>5	9	40	90	45	V07	S
Store Halløren	3207	645096	6633504	223	2.1	9.7	S	1-4	>5	9	40	103	70	V07	S
Store Røyfjernet	3158	654563	6640960	264	1.4	13	S	1-4	>5	9	40	79	35	V07	U*
Store Skjertjernet	3265	641627	6625930	276	2.2	26	S	1-4	>5	9	40	147	59	H08	S
Store Tasketjernet	3181	647735	6637516	224	2.3	8.5	S	1-4	>5	9	40	122	94	V07	S
Svartjernet	3163	634556	6640543	235	2.0	8.3	S	1-4	>5	9	40	110	81	V07	S
Svartjerna	80127	633310	6636739	0	1.7	14	L	1-4	>5	3	40	111	63	V07	S
Trysjøen	3291	649092	6620590	207	1.1	9.1	S	1-4	>5	6	40	50	19	V07	U
Tvillingfjernet	3165	655955	6640208	238	1.7	12	S	1-4	>5	9	40	82	41	V07	S
Skardtjernet	4378	640745	6659275	211	2.9	17	S	1-4	>5	9	40	177	119	V07	S
Gørtjernet	4360	648692	6661019	0	2.9	16	L	1-4	>5	3	40	178	124	V07	S
Neverfjernet	4355	643658	6661354	226	1.7	14	S	1-4	>5	9	40	96	49	V07	S
Takkholtjernet	4343	650979	6662143	345	2.2	13	S	1-4	>5	9	40	137	92	V07	S
Abbotjernet	4340	647203	6662628	0	2.0	14	L	1-4	>5	3	40	117	69	V07	S
Klartjernet	4337	649048	6663093	337	1.6	15	S	1-4	>5	9	40	116	65	V07	S
Andfjernet	80076	644419	6663394	0	2.3	17	L	1-4	>5	3	40	149	91	V07	S
Geitsvelfa	4318	643921	6664423	0	1.7	20	L	1-4	>5	3	40	116	48	V07	S
Gørttjernet	80078	644613	6665373	0	2.0	11	L	1-4	>5	3	40	105	67	V07	S
Lisbetjernet	4300	646854	6665473	242	3.1	11	S	1-4	>5	9	40	185	147	V07	S
Castortjernet	80079	647537	6666265	282	2.7	14	S	1-4	>5	9	40	185	138	V07	S
Langfjernet	4282	648658	6666565	321	2.7	15	S	1-4	>5	9	40	184	133	V07	S
Langvatn	4262	645907	6667175	240	2.4	11	S	1-4	>5	9	40	140	102	V07	S
Bæreggfjernet	3065	621732	6652556	272	1.8	10	S	1-4	>5	9	40	94	60	V07	S
Tresjøane	4397	640462	6656553	196	1.9	15	L	1-4	>5	3	40	113	62	V07	S
Tresjøane	4398	638904	6656941	190	1.8	13	L	1-4	>5	3	40	105	61	V07	S
Tresjøane	4399	639749	6656643	192	1.7	13	L	1-4	>5	3	40	99	55	V07	S

* Plassert i kategorien "Usikker" fordi sjøen har TOC høyere enn 10 mg/L og fordi ANC_{oat} minus usikkerhetsmargin på 30 µekv/L blir mindre enn kritisk grense på 8 µekv/L (se kapittel 2.2).

Tabell B.2. Fortsettelse (denne delen av tabellen dekker sjøer med prøver fra flere sesonger/år).

Identifikasjon			Grunnlag				Typifisering			Type			Grense		Basis		Vurdering	
Navn	Vanninnf. nr.	UTM E32 (m)	UTM N32 (m)	Høi (m)	Ca (mg/L)	TOC mg C/L	Høyde	Kalk	Humus	Nr	G/M	ANC	ANC/Coa (µekv/L)	ANC (µekv/L)	Bakgrunn Prøver fra	Vurdering		
Tunnsjøen	336	632579	6637550	200	1.6	7.7	S	1-4	>5	9	40	81	55	81	V07	S		
Tunnsjøen	336	632579	6637550	200	1.8	7.7	S	1-4	>5	9	40	97	71	97	H07	S		
Tunnsjøen	336	632579	6637550	200	1.4	8.3	S	1-4	>5	9	40	82	54	82	H08	S		
Langfoss-sjøen	3180	635420	6637051	231	1.3	8.9	S	1-4	>5	9	40	53	23	53	V07	U		
Langfoss-sjøen	3180	635420	6637051	231	2.0	12	S	1-4	>5	9	40	121	80	121	H07	S		
Langfoss-sjøen	3180	635420	6637051	231	1.6	12.1	S	1-4	>5	9	40	100	59	100	H08	S		
Bølerjern	3225	628038	6630777	214	1.7	6.2	S	1-4	>5	9	40	69	48	69	V07	U		
Bølerjern	3225	628038	6630777	214	1.8	7.7	S	1-4	>5	9	40	73	47	73	H07	S		
Bølerjern	3225	628038	6630777	214	1.4	6.8	S	1-4	>5	9	40	61	37	61	H08	U		
Sagstusjøen	4280	643525	6666213	191	2.0	13	L	1-4	>5	3	40	112	68	112	V07	S		
Sagstusjøen	4280	643525	6666213	191	2.6	20	L	1-4	>5	3	40	155	87	155	H07	S		
Sagstusjøen	4280	643525	6666213	191	2.5	18.7	L	1-4	>5	3	40	161	98	161	H08	S		
Fjølungen	4305	647433	6665211	238	2.1	11	S	1-4	>5	9	40	124	86	124	V07	S		
Fjølungen	4305	647433	6665211	238	3.4	20	S	1-4	>5	9	40	228	160	228	H07	S		
Fjølungen	4305	647433	6665211	238	2.9	17.4	S	1-4	>5	9	40	190	131	190	H08	S		
Vangfjernet	4346	648144	6662096	253	2.3	16	S	1-4	>5	9	40	130	76	130	V07	S		
Vangfjernet	4346	648144	6662096	253	3.4	14	S	1-4	>5	9	40	225	177	225	H07	S		
Vangfjernet	4346	648144	6662096	253	2.9	15.1	S	1-4	>5	9	40	189	138	189	H08	S		
Vaskesjøen	4376	637186	6658762	192	1.8	14	L	1-4	>5	3	40	107	59	107	V07	S		
Vaskesjøen	4376	637186	6658762	192	2.4	16	L	1-4	>5	3	40	143	89	143	H07	S		
Vaskesjøen	4376	637186	6658762	192	1.9	20.8	L	1-4	>5	3	40	114	43	114	H08	S		

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no