

# Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking av forsurening fra 1986 til 2017 i innsjøer og tjern i Oslo og Akershus



Lise Heier

Versjon: september 2020

## Sammendrag

Vannkvaliteten i innsjøer og tjern i Oslo og Akershus har blitt overvåket av Fylkesmannen siden andre halvdel av 1980-tallet parallelt med kalking for å motvirke effektene av sur nedbør. Totalt inngår 404 lokaliteter i overvåkingsprogrammet, der det måles pH, alkalitet, ANC, kalsium, labilt aluminium, farge, totalt organisk karbon, konduktivitet og turbiditet (men ikke alle parametre er målt i hver lokalitet hvert år). Det har vært en positiv utvikling i pH, alkalitet og ANC i både kalkede og ukalkede vann, mest i de kalkede. Man ser også en tydelig effekt av kalking fra år til år. Det antas at den positive utviklingen i ukalkede vann skyldes redusert langtransportert forurensning. Labilt aluminium er en viktig parameter fordi det er dette som er mest skadelig for fisk i forsuret vann. Verdiene viste imidlertid stor spredning og liten sammenheng med de andre parametrene. Dette tyder på stor usikkerhet i målingene, som kan skyldes kjemiske forandringer i vannprøvene før analyse. Det anbefales derfor å bruke sikrere målemetoder. Farge og totalt organisk karbon viste en svak oppgang i perioden og høyest verdier øst i regionen. En metode for å avdekke reforsuring etter stans i kalking, basert på pH-verdier, blir presentert. Selv om ANC regnes for å være en mer robust parameter, ble pH valgt fordi denne har best grunnlagsdata, og fordi den sterke sammenhengen mellom pH, alkalitet og ANC tyder på at pH-verdiene er gode. Innsjøer og tjern har nå har gjennomgående god vannkvalitet, men det er viktig å huske at bekker og elver, som er oppvekstområde for ørret, kan ha dårlig økologisk tilstand pga. forsurening visse tider av året, og her kan fortsatt kalking være nødvendig. Overvåkingsprogrammet har gitt en stor mengde data over et langt tidsrom, noe som er svært verdifullt i både forvaltning og forskning. En fortsettelse av overvåkingsprogrammet vil være av stor verdi i forhold til innsats.

*Forsidefoto: Innsjøene i Fylkesmannens overvåkingsprogram i Oslo og Akershus er hovedsakelig kalkfattige, humøse skogsvann. Her fra Store Elsjø i Romeriksåsene. Foto: Lise Heier*

## Forord

Miljøvernavdelingen ved tidligere Fylkesmannen i Oslo og Akershus, nå Fylkesmannen i Oslo og Viken, har ansvaret for overvåking av forurensningstilstanden i innsjøer og tjern i de to fylkene. Avdelingen, ved Terje Wivestad, ønsket en sammenstilling av de innsamlede vannkvalitetsdataene i lys av kalkingsaktiviteten fra 1986 fram til i dag. Jeg vil takke ham for det gode samarbeidet under arbeidet med denne rapporten. Jeg vil også takke Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus og Svensk–Norska Kalkningskomitten for supplerende data. Jeg takker Trond Reitan ved Universitetet i Oslo for statistisk rådgivning, og professor Rune Halvorsen og professor Tom Andersen ved Universitetet i Oslo for råd om metodevalg. Til slutt vil jeg takke Ruben A. Pettersen ved Norsk Institutt for Bioøkonomi for gjennomlesing og kvalitetssikring av rapporten.

Lise Heier, september 2020



*God vannkvalitet er en forutsetning for godt fiske, som er en viktig del av friluftslivet og en kilde til rekreasjon for mange. Her fra Store Vikka i Nordåsen i Nannestad. Foto: Knut Johan Ruud*

## Innhold

Sammendrag .....	2
Forord.....	3
1 Innledning .....	5
2 Materiale og metode .....	6
2.1 Lokalteter .....	6
2.2 Kalkingshistorikk og inndeling av lokalitetene .....	7
2.3 Vannprøver .....	10
3 Analyse og resultater .....	10
3.1 Eksempel på utvikling i forsureningstilstand: Lauvtangen.....	10
3.2 Tidsutvikling og samvariasjon i de vannkjemiske parametrene .....	13
3.2.1 pH.....	14
3.2.2 Alkalitet, ANC og kalsium .....	17
3.2.3 Labilt aluminium.....	20
3.2.4 Farge og totalt organisk karbon .....	22
3.2.5 Konduktivitet.....	24
3.3 Korrigering av målefeil i pH-verdier vha. de andre parametrene.....	26
3.4 Effekten av kalking og av stans i kalkingen .....	27
3.5 Avdekking av refsuring .....	29
4 Diskusjon .....	31
Referanser.....	34
Vedlegg .....	36
V.1 Kalkingsdata: Feilkilder og feilsøking .....	36
V.2 Vannprøver: Feilkilder og feilsøking .....	36
V.3 Transformasjoner.....	38
V.4 Labilt aluminium .....	38
V.5 Samvariasjon mellom farge, totalt organisk karbon og de andre parametrene .....	41
V.6 Turbiditet .....	42
V.7 PCA.....	43
V.8 Liste over alle lokaliteter. Refsuring.....	44

## 1 Innledning

Forsuring av vann og vassdrag har vært et av de største miljøproblemene i Sør-Norge siden midten av forrige århundre. Forsuring tar livet av fisk, særlig ørret, samt edelkreps og arter av insekter, mindre krepsdyr, snegler og muslinger. Fiskedød ble registrert allerede på begynnelsen av 1900-tallet, og i 1921 ble den satt i sammenheng med forsuret vann.<sup>(1)</sup> Men det var først på slutten av 1950-tallet at man forsto at den skyldtes sur nedbør,<sup>(2)</sup> og det gikk enda noen år før man så at kilden var langtransportert forurensning.<sup>(3)</sup> Da hadde industrien i Europa sluppet ut svovel- og nitrogenforbindelser, som dannes ved forbrenning av kull og olje, i over hundre år. Forbindelsene reagerer med fuktighet i lufta og blir transportert med vinden til Sør-Norge, hvor de faller ned med regn og snø.

Surt vann er i seg selv uheldig for mange arter, men den viktigste grunnen til at fisk dør, er at aluminium i jordsmonnet løses opp og kommer ut i vannet. Aluminiumen fester seg på gjellene til fisken, og resultatet er dårlig oksygenopptak og fiskedød.<sup>(4)</sup> Det mest følsomme stadiet til ørreten er yngel og ungfisk. Andre dyr i ferskvann har forskjellig følsomhet for forsuring, og hvordan de påvirkes, varierer fra gruppe til gruppe.<sup>(4)</sup> Problemene er størst i områder med kalkfattig grunn, typisk skogsområder over den marine grense (ca. 200 moh), da kalk i jordsmonnet motvirker forsuring.

Da man forsto at fiskedøden skyldtes forsuring, begynte man å behandle vassdrag med kalk i ulike former. Men det var først midt på 1980-tallet, med offentlige tilskudd og kalkingshåndbok fra DN<sup>(5)</sup>, at arbeidet kom i gang i større omfang og med vitenskapelig forankrede metoder og dosering.

Også i Oslo og Akershus ble det før 1986 kalket i mindre skala enkelte steder i et forsøk på å motvirke den stadig økende forsuringen. Fra 1986 steg både antallet vann og kalkmengdene, og i 1988 ble Aksjon 88 satt i gang – en storstilt undersøkelse av vannkvaliteten i over 900 vann.<sup>(6)</sup> Dataene viste lav pH mange steder, og kalkingsaktiviteten kom i gang for alvor. Et stort antall vann ble kalket, også vann som i dag anses som relativt kalkrike (som Kirkebygjermmeningen i Romeriksåsene). Det ble først og fremst benyttet kalksteinmel, med tilskudd av korallgrus enkelte steder. Korallgrus, som løser seg opp langsommere enn kalksteinmel, ble ellers benyttet i bekker og elver. Senere ble antallet vann innskrenket samtidig som man fikk bedre oversikt over kalkbehovet i de enkelte vannene. Kalkmengdene ble stabilisert, ofte på et noe redusert nivå.<sup>1</sup>

Samtidig som kalkingsarbeidet har pågått, har myndigheter og industribedrifter i Europa gjort et omfattende arbeid med å rense sine utslipp til luft. Dette er et resultat av Langtransportkonvensjonen, som trådte i kraft i 1979. Arbeidet har ført til en kraftig nedgang i mengden sur nedbør siden 1980, rundt 85 % for svovel og 50 % for nitrogen i 2017.<sup>(7)</sup> I Oslo og Akershus har man kunnet redusere mengden kalk som blir tilsatt hvert år, og fra 2011 har Fylkesmannen forsøksvis stanset kalkingen i enkelte vann der vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende. Disse blir overvåket nøye, og noen er tatt inn i kalkingsprogrammet igjen etter at man observerte reforsuring.

Vannkvaliteten har vært overvåket årlig eller halvårlig i mange vann i Oslo og Akershus siden slutten av 1980-tallet. Vannkjemidataene viser utviklingen fra den mest forsurede perioden til i dag, i både kalkede og ukalkede vann. I de enkelte vannene kan det være store fluktasjoner på kort tid slik at en underliggende utvikling kan være vanskelig å se. Dette skyldes at vannkjemien er avhengig av ikke bare jordsmonnet og innholdet i nedbøren, men også av nedbørsmengde, gjennomstrømning,

---

<sup>1</sup> Kalktyper og -mengder framgår av datamaterialet.

sjiktning vs. omrøring i vannmassene, snøsmelting, med mer. Det ville kreve mye datainnsamling å korrigere for alle disse faktorene. Men når vannkjemidataene slås sammen over større områder, f.eks. ved gjennomsnitt, vil den uforklarte variasjonen i stor grad jevne seg ut, og den underliggende utviklingen blir synlig.

De undersøkte vannkemiske parametrene er:

- pH, som viser vannets surhetsgrad direkte
- alkalitet, som viser hvor "resistent" vannet er mot forsuring, dvs. hvor mye syre som kan tilsettes før pH synker vesentlig
- vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC), som også uttrykker vannets motstandsevne mot forsuring, men som beskrives som overskuddet av ioner av sterke baser i forhold til ioner av sterke syrer i vannet
- kalsiuminnhold
- innholdet av labilt aluminium, som er det som er mest skadelig for fisk
- farge, som gjenspeiler humusinnholdet i vannet. Humus inneholder organiske syrer, som påvirker pH. Organiske syrer påvirker også bufferevnen til vannet<sup>(8)</sup>
- totalt organisk karbon (TOC), som også gjenspeiler humusinnhold
- konduktivitet, eller vannets evne til å lede elektrisk strøm, som reflekterer den totale mengden salter (eller ioner) i vannet

I tillegg er det målt turbiditet, som viser mengden partikler i vannet. Dette er en støtteparameter som kan forklare enkelte avvikende målinger av de andre parametrene.

I denne rapporten vises utviklingen i parametrene over tid, først gjennom et eksempel (Lauvtangen), deretter for lokaliteter med samme type kalkbehandling eller kalkpåvirkning. Samvariasjonen (korrelasjonen) mellom parametrene blir vist i plott, og de forskjellige parametrene blir vurdert. Justering av pH-verdiene vha. andre parametre blir utprøvd og vurdert. Effekten av kalking, og effekten av stans i kalkingen, blir analysert, og til slutt blir det presentert en metode for å avdekke reforsuring av lokalitetene.

## 2 Materiale og metode

### 2.1 Lokaliteter

Lokalitetene i denne sammenstillingen er de som per 2018 inngikk i Fylkesmannen i Oslo og Akershus' overvåkingsprogram for forsuring av vassdrag (se tabell V.1 i vedlegget). Lokalitetene er først og fremst kalkfattige skogsvann, men det inngår også noen lavereliggende vann på mer kalkrik grunn. Alle lokalitetene kan finnes i Miljødirektoratets database Vannmiljø<sup>(9)</sup>, hvor de har et unikt og søkbart lokalitetsnummer. I enkelte vann er det opprettet flere prøvepunkter, og i de tilfellene hvor det ligger relevante data på mer enn ett lokalitetsnummer, er disse slått sammen og tatt med her (se tabell V.2 i vedlegget). I overvåkingsprogrammet er det til sammen 404 vann og bekker, hvorav 309

kalkes eller har vært kalket, mens 95 er ukalket (siden 1995). Alle lokalitetene er tegnet inn på norgeskart.no<sup>2</sup> i forbindelse med dette prosjektet.

## 2.2 Kalkingshistorikk og inndeling av lokalitetene

Kalkingsdata ble hentet fra Miljødirektoratets database Kalkingsbasen<sup>(10)</sup>, som inneholder data fra 1995 til i dag. Ut fra vannenes navn og koordinater i det digitale kartet ble alle kalkede vann koblet sammen med lokalitetene i overvåkingsprogrammet. Innsjøer som drenerer til Sverige, har blitt kalket av Svensk–Norska Kalkningskomitten (SNKK), som via Länsstyrelsen Värmland har oversendt kalkingsdata. For årene før 1995 ble det benyttet datafiler fra NJFF Akershus og en rapport fra Romeriksåsenes Fiskeadministrasjon<sup>(11)</sup>. Disse kildene inneholder kalkings- og vannkjemidata for hele Oslo og Akershus i perioden 1986–1990, men med enkelte usikre stedsangiver og enkelte mangler i kalkingsdataene. For perioden 1991–1997 inneholder de data kun for Romeriksåsene. For detaljer om feilkilder og feilsøking i kalkingsdataene, se vedlegget.

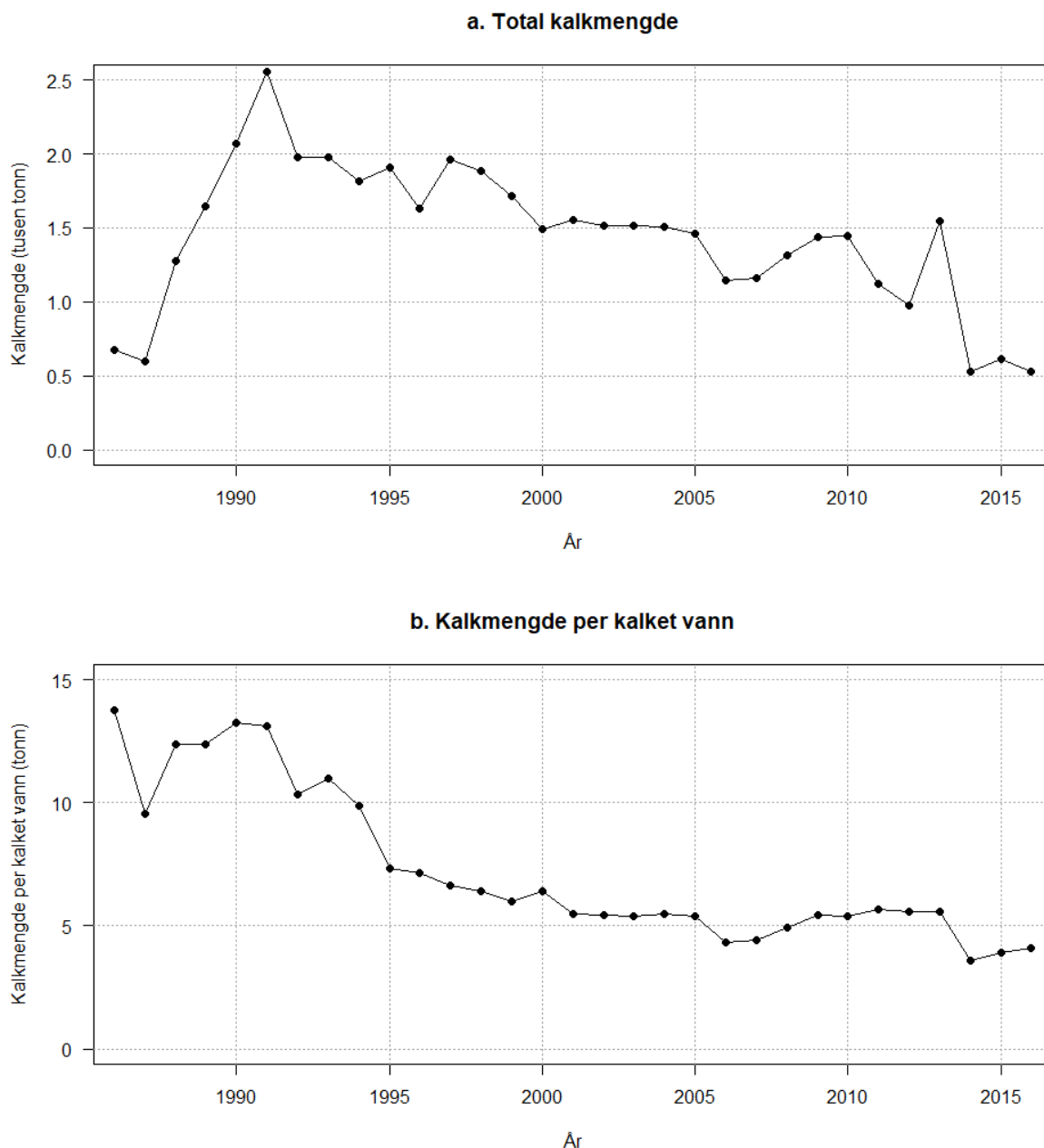
Den totale årlige mengden kalk som ble benyttet i lokalitetene i denne rapporten, økte fra rundt 600 tonn i 1986–1987 til over 2500 tonn i 1991 (figur 1a). Året etter var mengden tilbake til 2000 tonn, og den sank videre til 1500 tonn fram til år 2000, hvor den lå fram til år 2005. Deretter sank den videre til dagens nivå på mellom 500 og 600 tonn. Gjennomsnittet for vannene som ble kalket, var høyest i 1986–1991 med 10–14 tonn per vann og sank deretter gradvis til dagens nivå på 4 tonn per vann (figur 1b). Hvor mye kalk som ble brukt per vannmasse (kubikkmeter) er imidlertid også avhengig av størrelsen på vannene som var med det enkelte året, og man må derfor ikke tolke for mye ut fra gjennomsnittstallene.

Hvilke vann som er kalket hvert enkelt år, har variert opp gjennom perioden. Noen vann er kalket mer eller mindre hvert år, mens andre er kalket i en eller flere perioder. Noen lokaliteter kom sent med i kalkingsprogrammet. Både kalkede og ukalkede vann kan også ha vært påvirket av kalking høyere oppe i vassdraget.

I denne rapporten er lokalitetene inndelt i fem grupper basert på kalkingshistorikk og annen kalkpåvirkning. Den første gruppen består av alle vann som har vært kalket så å si alle år siden de kom inn i overvåkingsprogrammet (dette sammenfaller med alle vann som ble kalket i 2016 og/eller 2015). Den andre gruppen består av vann som har vært kalket i kortere eller lengre perioder. De tre siste gruppene består av de ukalkede vannene, her definert som ukalket f.o.m. 1995: henholdsvis de som er påvirket av kalking høyere oppe i vassdraget, de som er upåvirket og kalkfattige, og de som er upåvirket og kalkrike. Mulig påvirkning av kalking høyere oppe i vassdraget ble kartlagt ved hjelp av NVEs kart over nedbørsfelter og bekkene som forbinder vannene<sup>(13)</sup>. For de upåvirkede vannene ble grensen mellom kalkfattig og kalkrik satt ved et gjennomsnittlig kalsiuminnhold på 4 mg/l, som er grensen mellom “kalkfattig” og “moderat kalkrik” i Miljødirektoratets klassifiseringsveileder<sup>(14)</sup>.

---

<sup>2</sup> Alle lokalitetene kan sees i norgeskart.no med følgende lenke. Lenken må kanskje klikkes på to ganger før punktene vises på kartet. Det er brukt andre farger enn i figur 2.  
[https://norgeskart.no/#!?project=seeiendom&layers=1002,1015&zoom=7&lat=6668330.69&lon=299168.46&markerLat=6662491.561969905&markerLon=309915.8354795983&panel=searchOptionsPanel&sok=%C3%98stre%20Gullroskne&drawing=nyQi828B5\\_wC0r8ndC8Z](https://norgeskart.no/#!?project=seeiendom&layers=1002,1015&zoom=7&lat=6668330.69&lon=299168.46&markerLat=6662491.561969905&markerLon=309915.8354795983&panel=searchOptionsPanel&sok=%C3%98stre%20Gullroskne&drawing=nyQi828B5_wC0r8ndC8Z)



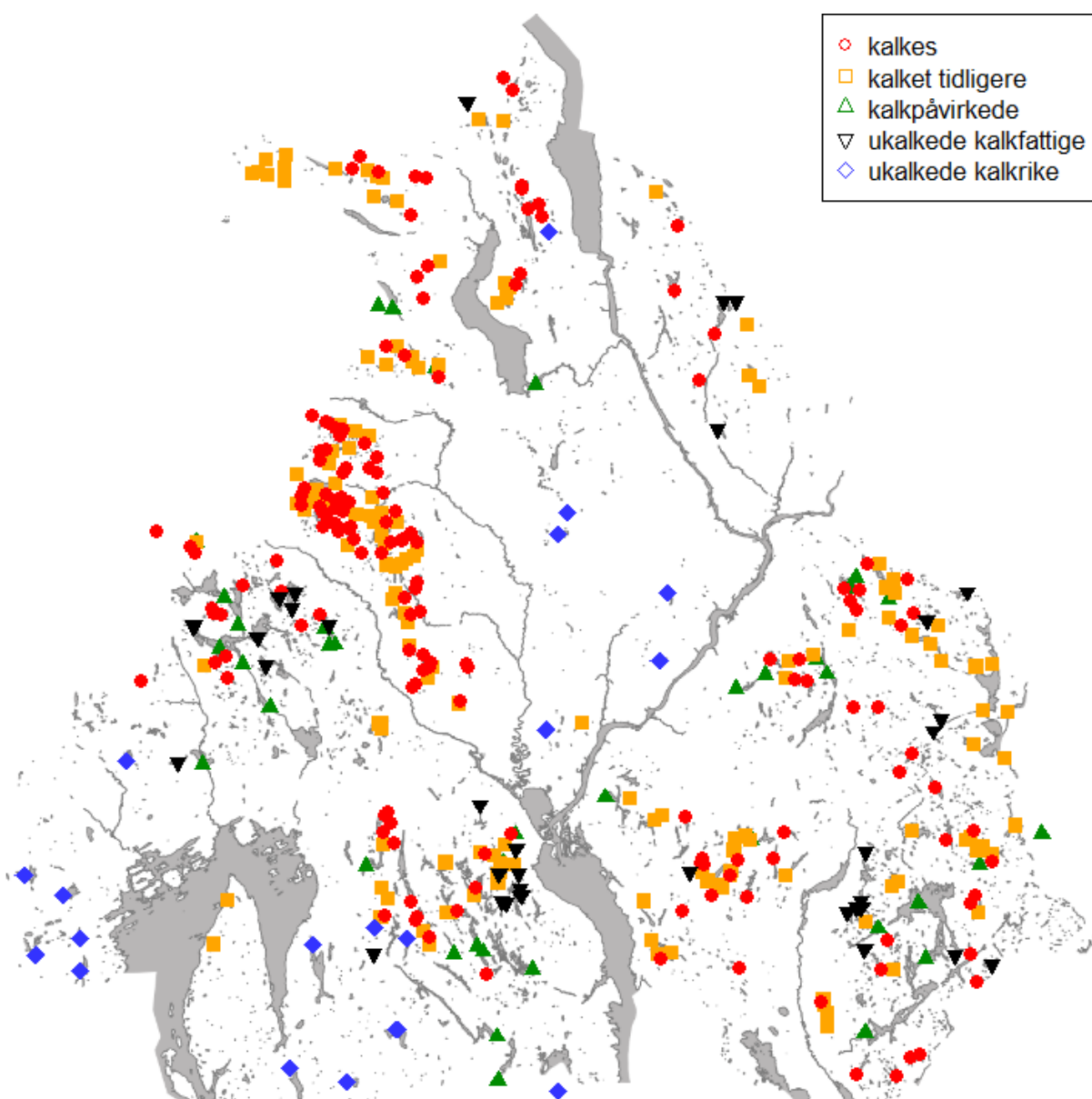
Figur 1. a. Total kalkmengde brukt i innsjøer og tjern i Oslo og Akershus hvert år fra 1986 til 2016. b. Gjennomsnittlig kalkmengde i de vannene som ble kalket hvert enkelt år. Kalking i svensk regi er inkludert. Verdiene for norsk kalking i 1991–1994 er basert på høringsutkastet til Kalkingsplan for Oslo og Akershus 2012–2015<sup>(12)</sup>, hvor det er beregnet total mengde der detaljerte grunnlagsdata ikke foreligger.



Oppsummert er inndelingen som følger:

- Vann som kalkes (dvs. kalket i 2015 eller 2016) (N=160)
- Vann som er kalket tidligere (N=149)<sup>3</sup>
- Ukalkede, men kalkpåvirkede vann (N=39)
- Ukalkede, kalkfattige vann (N=37)
- Ukalkede, kalkrike vann (N=19)

Denne inndelingen er benyttet senere i analysene, bl.a. ved sammenligning av utvikling i vann med forskjellig kalkingshistorikk og annen kalkpåvirkning. Alle lokalitetene er vist i kart i figur 2, der inndelingen er vist med farger.



Figur 2. Kart over lokalitetene i denne sammenstillingen. Farge viser kalkingshistorikk eller kalkpåvirkning.

<sup>3</sup> Vannkjemidata for Flaskebekktjernet og Blekslitjernet på Nesodden tyder sterkt på at disse er blitt kalket tidligere, men da det mangler kalkingsdata, er de ikke tatt med i de videre analysene.

## 2.3 Vannprøver

I de fleste lokalitetene er det tatt årlige vannprøver, enten om våren eller om høsten. Mange av prøvene er tatt av frivillige i de forskjellige jeger- og fiskerforeningene i forbindelse med utsetting av fisk, og de fleste av disse prøvene er tatt om våren. En del prøver tas av Fylkesmannens miljøvern-avdeling om høsten, bl.a. i mange ukalkede vann. Totalt er ca. 2/3 av prøvene tatt om våren, resten om høsten. Rundt 40 vann overvåkes både vår og høst. I løpet av de årene prøvene har blitt samlet inn, har det skjedd endringer i bl.a. tidspunkt for prøvetaking og hvilke lokaliteter som overvåkes. Det er derfor kortere eller lengre opphold i prøvetakingen for mange lokaliteter. Det er også variasjon i hvilke vannkjemiske parametre som er analysert.

Vannkjemidataene ble hentet fra databasen Vannmiljø<sup>(9)</sup>. I tillegg ble det brukt de før nevnte datafilene fra NJFF Akershus og rapporten fra Romeriksåsenes Fiskeadministrasjon, som til sammen inneholder data for perioden 1986–1997. For detaljer om feilkilder og feilsøking, se vedlegget.

De aktuelle vannkjemiske parametrene var pH, kalsium, alkalitet, ANC, labilt aluminium, totalt organisk karbon, farge og konduktivitet. Der det ikke forelå data for ANC, ble dette regnet ut der det var mulig ut fra registrerte konsentrasjoner av natrium, magnesium, kalium, kalsium, klorid, nitrat og sulfat (se vedlegget). I vedlegget er det også vist resultater for turbiditet.

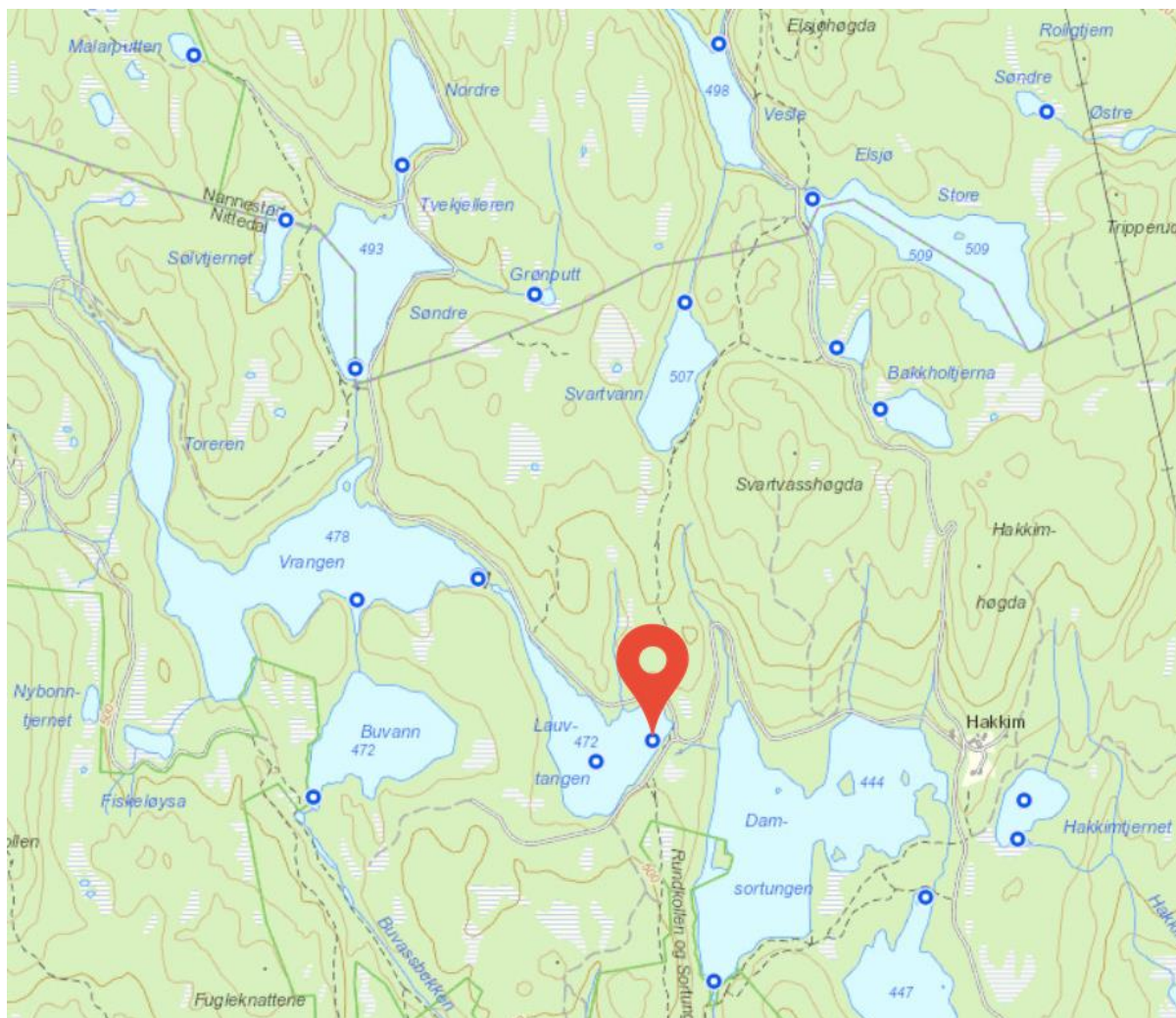
Hvilke vannkjemiske parametre som er registrert når og hvor, varierer en del i datamaterialet. I alle prøvene er det registrert pH, og i de nasjonale overvåkingsstasjonene Langvann i Nordmarka og Store Lyseren i Aurskog–Høland er alle parametrene registrert stort sett hvert år. I 1986 ble det registrert pH, alkalitet, kalsium, ANC, TOC og konduktivitet mange steder. For 1987 er det noe pH-data, ellers lite. I 1988 ble alle parametrene unntatt ANC og TOC registrert på nesten alle lokalitetene i Akershus i forbindelse med Aksjon 88. For 1989 er det en del pH-data, og for 1990 er det pH- og alkalitetsdata for Romeriksåsene m.m. Mellom 1991 og 1994 er det stort sett bare data for pH og alkalitet, og nesten bare for Romeriksåsene. Fra og med 1995 er det mye mer data. På nesten alle lokaliteter er det målinger av pH, alkalitet, kalsium og farge gjennom hele perioden (unntatt farge i 2001–2003). For TOC er det en del målinger fra 2005 og framover, og for ANC, aluminium og konduktivitet er det tidvis en del målinger. Utviklingen i parametrene i hver lokalitet kan sees i de vedlagte kartvideoene.

## 3 Analyse og resultater

Vannkemi- og kalkingsdataene ble organisert i Excel og analysert i statistikkpakken R<sup>(15)</sup>. Alle parametrene unntatt pH ble transformert (se vedlegget). Bakgrunnskartene ble lagd i kartprogrammet QGIS med data hentet fra Kartverket.

### 3.1 Eksempel på utvikling i forurensningstilstand: Lauvtangen

Lauvtangen, et vann vest i Romeriksåsene (figur 3), kan tjene som eksempel på utviklingen i vannkjemien fra midt på 1980-tallet til i dag. Vannet er valgt fordi det finnes både vår- og høstdata gjennom hele perioden, fordi det i utgangspunktet var ganske surt, og fordi det er kalket årlig inntil nylig.

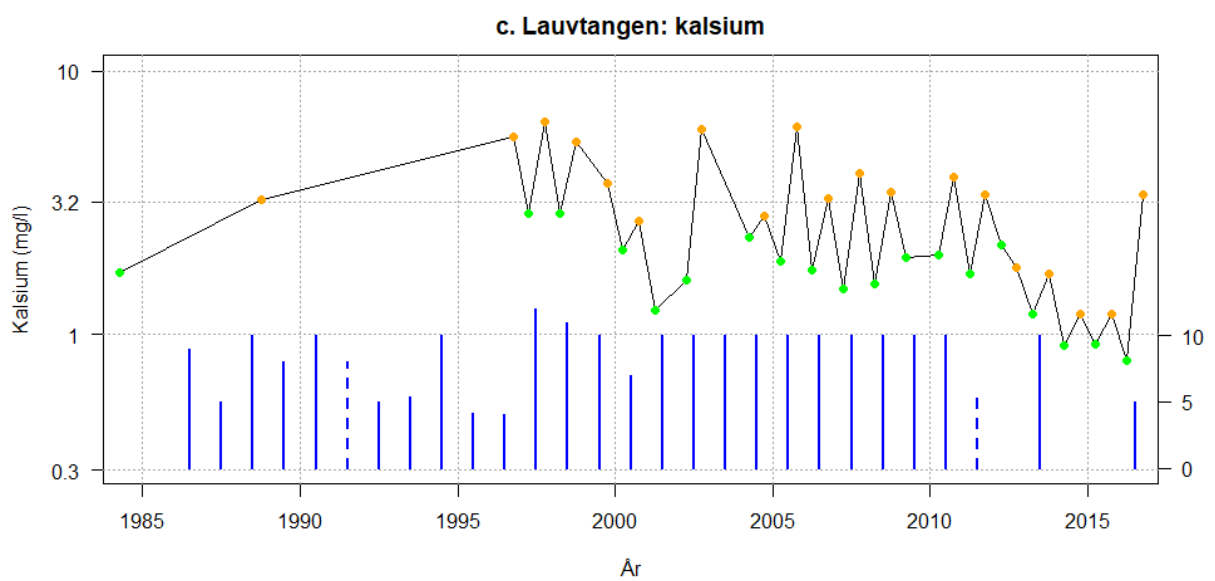
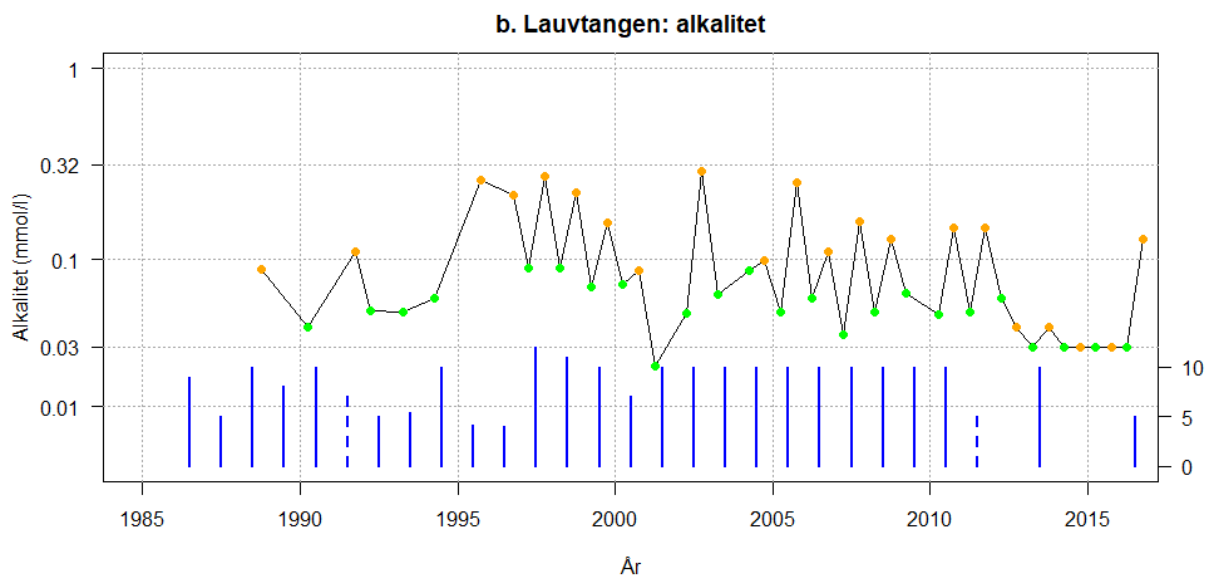
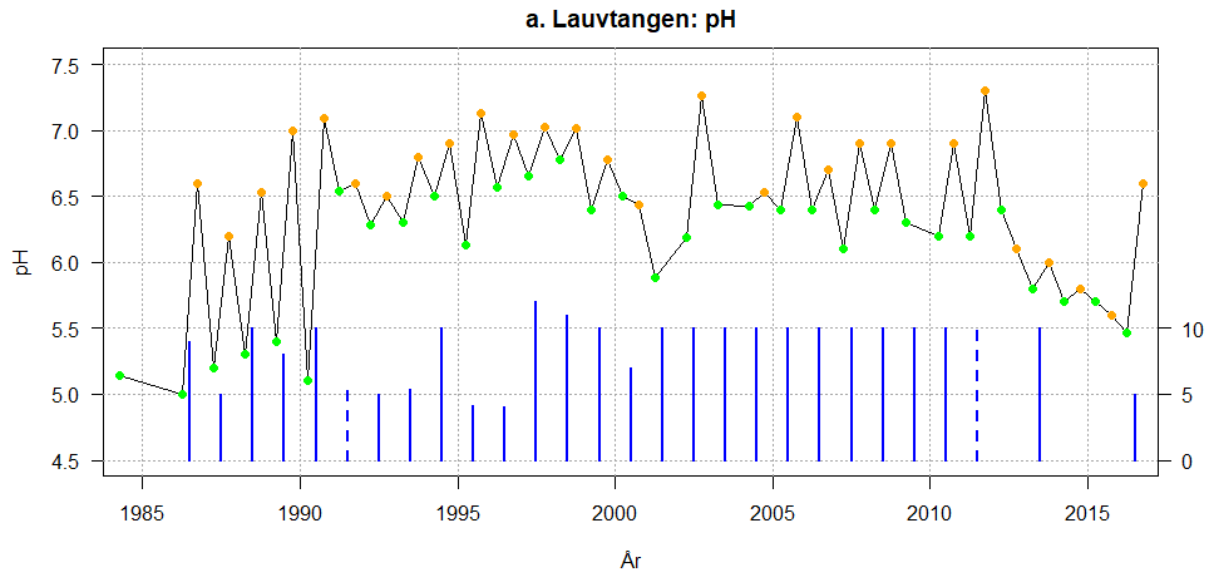


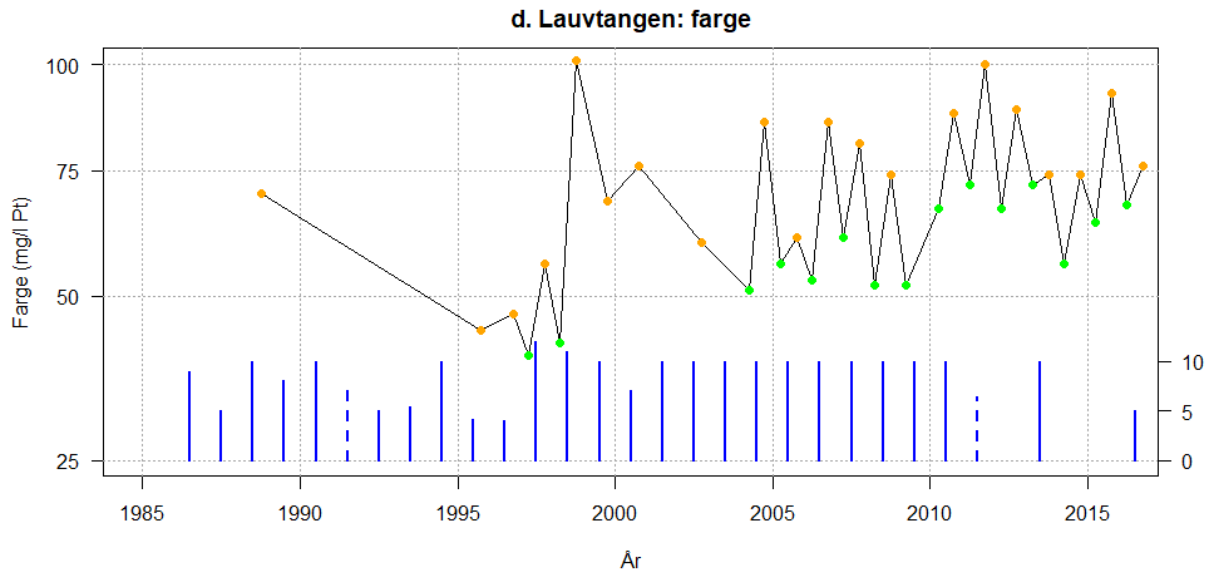
Figur 3. Lauvtangen i Romeriksåsene. Denne innsjøen får vann fra Vrången/Toreren, som igjen får vann fra Søndre Tvekjeller, Piperen m.fl. Lauvtangen drenerer til Damsortungen. Markøren viser hvor vannprøvene er tatt. Kartet er hentet fra Vannmiljø<sup>(9)</sup>.

Utviklingen i pH (figur 4a) begynte med verdier på 5,2 og 5 midt på 1980-tallet. Det ble satt i gang kalking hver sommer, noe som ga betydelig høyere pH den påfølgende høsten (men noe av forskjellen kan også skyldes naturlige sesongvariasjoner). Neste vår var det igjen lave verdier, men stort sett stigende fra år til år. Fra begynnelsen av 1990-tallet lå pH nokså stabilt på 6,5. Etter stans i kalkingen kom det en nedgang i 2012. Ny kalking i 2013 ga en liten bedring, men pH gikk deretter videre ned, før den igjen økte etter en ny kalking i 2016. Når pH-utviklingen ikke alltid stemmer med kalkingen, kan det skyldes en rekke andre påvirkninger, f.eks. nedbørmengde og temperatur. Særlig det lave nivået i 2001 kan skyldes uvanlige værforhold det året; det ble målt lav pH i mange lokaliteter.

Utviklingen i alkalitet (figur 4b) er mindre tydelig, kanskje fordi det mangler data for starten av perioden. Men man ser en økning fra 1990 til 1995 og deretter en gradvis nedgang fram til 2015.

Kalsiumnivåene (figur 4c) viser en klar oppgang fra midten av 1980-tallet til midten av 1990-tallet, og deretter en gradvis nedgang fram til 2015, som for alkalitet.





Figur 4. Utvikling i pH (a), alkalitet (b), kalsium (c) og farge (d). Grønne punkter: vår. Oransje punkter: høst. Blå linjer: kalking, utført om sommeren (antall tonn vist på akse til høyre). Stiplede linjer: kalking i vann som drenerer til Lauvtangen (ingen kalking i Lauvtangen).

Farge er ikke et tegn på forsurening i seg selv, men kan bidra til forsurening, og tas med for å gi et helhetlig bilde av vannkvaliteten. Fargeverdiene (figur 4d) viser ingen klar utvikling, men det er muligens en økning fra 2005 til 2015. At verdiene er høyere om høsten enn om våren, kan skyldes nedbryting av løv fra trærne. Høstprøvene er tatt i månedsskiftet oktober/november.

For resten av parametrene finnes det lite data for dette vannet, og for aluminium er det i tillegg mye "støy" i dataene. Disse utelates derfor fra dette eksempelet.

### 3.2 Tidsutvikling og samvariasjon i de vannkjemiske parametrene

Tidsutviklingen i de forskjellige vannkjemiske parametrene er her vist som gjennomsnitt over lokalitetene der disse er gruppert etter kalkbehandling og kalkpåvirkning. For noen av parametrene er noen lokaliteter utelatt fordi de mangler data i begynnelsen eller slutten av perioden. Disse ville ellers gjøre at gjennomsnittet stiger eller synker brått uten at det er noen reell endring fra det ene året til det andre. Videre er det fortrinnsvis brukt vårdata, dvs. for de fleste lokalitetene, men der dette ikke finnes, er det brukt høstdata. Selv om det nok er sesongvariasjoner i parameterverdiene, er det ikke vist halvårslige data her, da de fleste vannene bare er målt én gang i året og sesongvariasjonen i hvert vann derfor ikke er kjent. I de tilfellene hvor det er gjort flere målinger gjennom våren eller høsten, er gjennomsnittet innenfor sesongen brukt.

Samvariasjonen (korrelasjonen) mellom parametrene er vist i plott der hvert punkt representerer en enkelt vannprøve. På denne måten blir verdien av én parameter plottet mot verdien av en annen parameter fra den samme prøven. I noen få tilfeller er det tatt flere prøver samme dag, og det er da brukt gjennomsnittlige verdier fra prøvene.

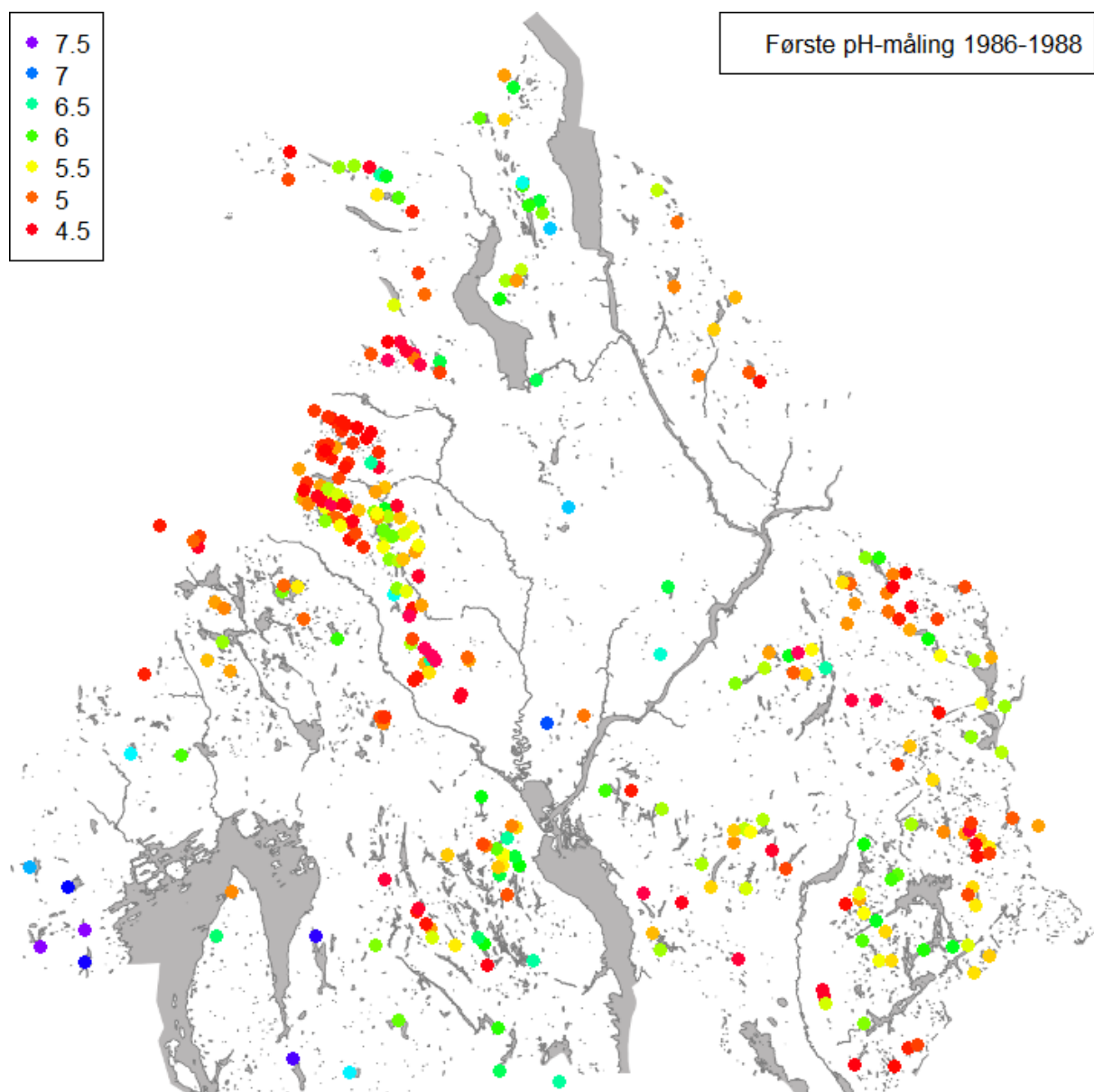
I tillegg er det lagd kartvideoer som viser utviklingen i parametrene i hver enkelt lokalitet (se vedlagte videoer). Tidsutviklingen i de enkelte vannene kan sees på [vannmiljo.miljodirektoratet.no](http://vannmiljo.miljodirektoratet.no)

ved at man klikker på den aktuelle lokaliteten i kartet, deretter på “Fakta-ark” i bunnen av boksen som kommer opp, og til slutt på “Vis detaljer” utenfor den aktuelle parameteren.

### 3.2.1 pH

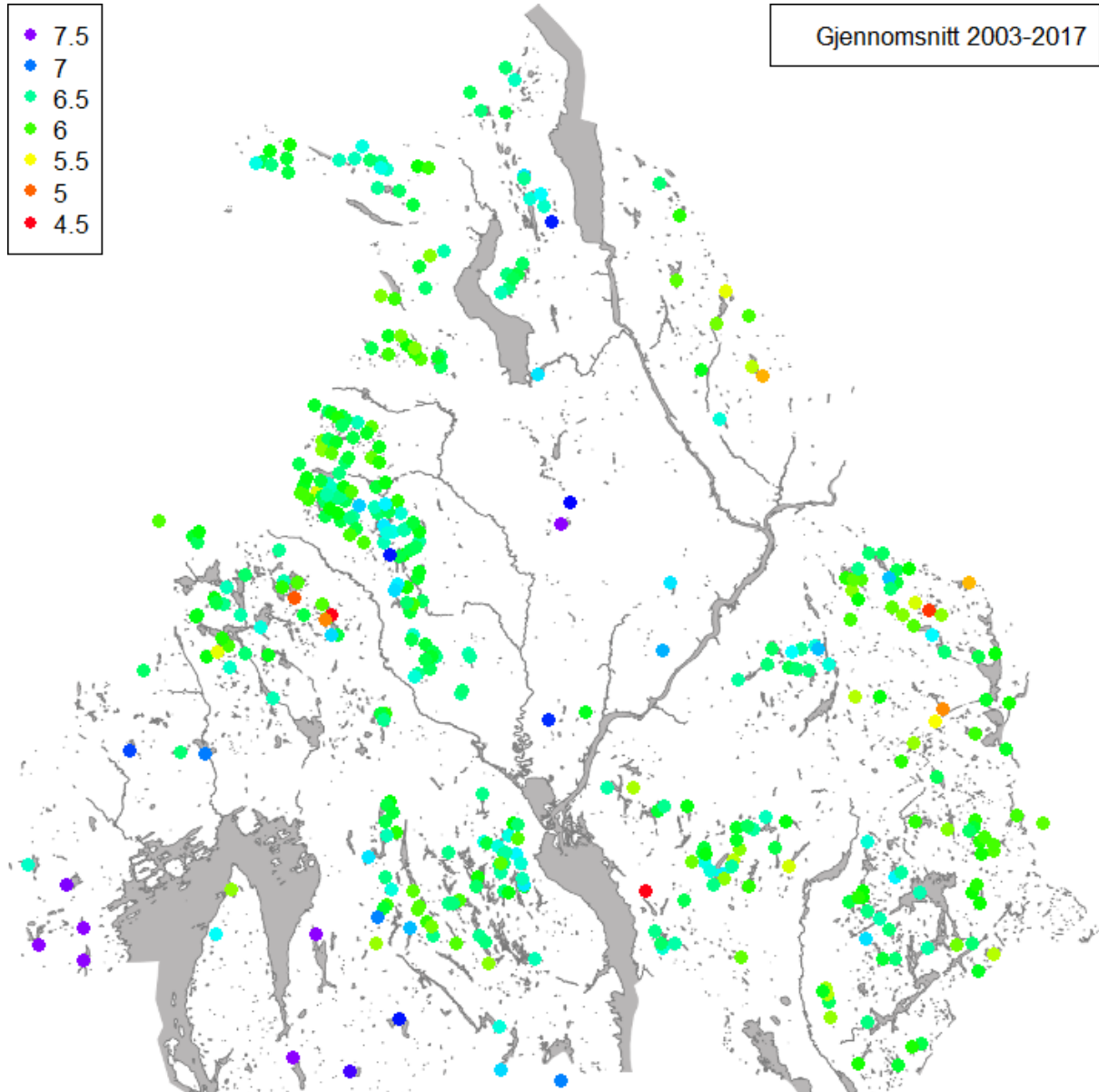
Datamaterialet inneholder rundt 12000 pH-verdier. For 1986 og 1987 finnes det verdier for en del lokaliteter, og i 1988 ble det målt svært mange steder. For 1989–1994 finnes det data for Romeriksåsene og enkelte andre lokaliteter. For 1995–2017 er det data for omtrent alle lokaliteter hvert år, med enkelte unntak.

Den første pH-målingen i hvert vann i perioden 1986–1988 viser at det var surt mange steder (figur 5). Kalking begynte gjerne rett etter første prøvetaking, men i noen vann var kalking allerede i



Figur 5. Første målte pH-verdi mellom 1986 og 1988, som for de fleste stedene var før kalkingen startet.

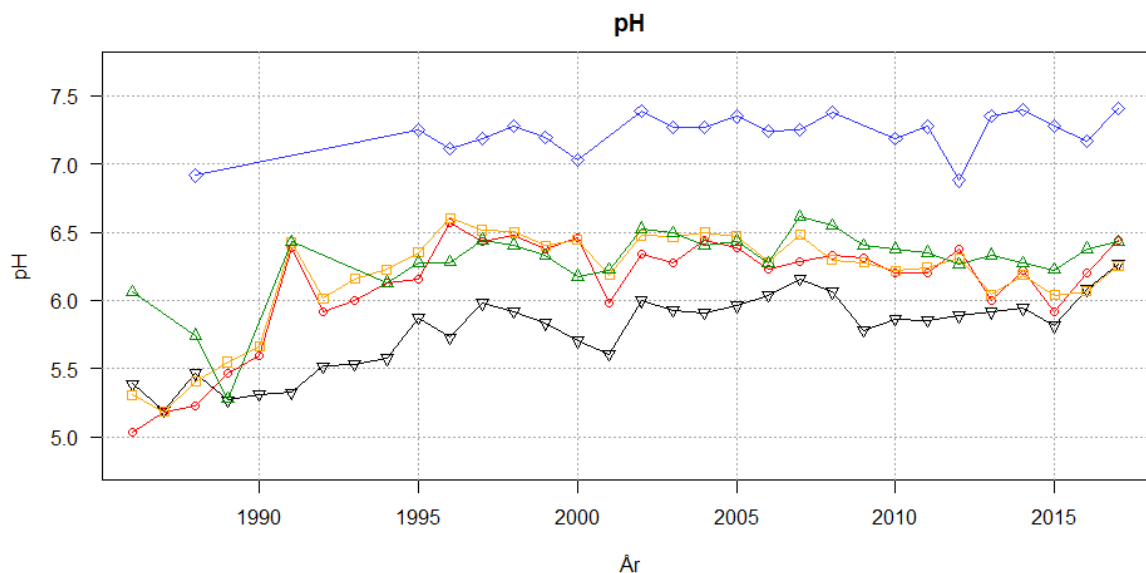
gang. Situasjonen før kalking kan derfor ha vært enda mer kritisk enn det som går fram av kartet i figur 5. Fra 2003 har pH-verdiene ligget nokså stabilt, og nivået er mye høyere enn det var midt på 1980-tallet (figur 6).



Figur 6. Gjennomsnittlig pH i perioden 2003–2017, etter at kalkingsprogrammet var kommet godt i gang. Det er i hovedsak brukt gjennomsnitt av vårverdier, ellers høstverdier der kun dette var tilgjengelig.

Tidsutviklingen i pH der lokalitetene er gruppert etter kalkbehandling, viser en økning i alle gruppene (figur 7). Nivåene for 1986 og 1987 er usikre, både pga. lite data og pga. kjent og ukjent kalking i alle gruppene tidlig i perioden. I de gruppene som er kalket eller kalkpåvirket, var det imidlertid en klar økning i pH fra slutten av 1980-tallet til 1996. De høye verdiene i 1991 kom etter intensiv kalking i Romerikssåsene i 1990. Fra 1996 har pH-verdiene vært nokså stabile, muligens med en liten nedgang

mot slutten. De ukalkede, kalkfattige vannene har hatt en langsom økning i pH gjennom hele perioden og er nå oppe på nesten samme nivå som de kalkede og de kalkpåvirkede. De kalkrike har ligget høyt hele tiden, men har også hatt en svak økning. For å unngå skjevheter i datagrunnlaget ble det bare brukt lokaliteter som hadde data i begge periodene 1986–1989 og 2003–2017.



Figur 7. Utvikling i pH-verdier i vann som kalkes (røde sirkler), vann som er kalket tidligere (gule firkanter), andre kalkpåvirkede vann (grønne trekkanter), ukalkede, kalkfattige vann (sorte trekkanter) og ukalkede, kalkrike vann (blå ruter).

Tabell 1. Gjennomsnittlig endring i pH fra første registrerte måling i 1986–1988 til nivået i 2012–2017, for lokaliteter gruppert etter kalkbehandling. Det er oppgitt 95 % konfidensintervall og antall lokaliteter i hver gruppe i denne analysen. Konfidensintervall for de kalkpåvirkede er ikke oppgitt da det kan være korrelasjon i denne gruppen.

Kalkbehandling	Gjennomsnittlig pH før kalking	Gjennomsnittlig pH-ændring	95 % konfidensintervall	Antall lokaliteter
Kalkes	4,95	1,23	(1,11; 1,36)	82
Kalket før	5,22	0,92	(0,80; 1,04)	81
Ukalkede, kalkfattige	5,36	0,65	(0,29; 1,00)	11
Ukalkede, kalkrike	6,85	0,40	(0,20; 0,59)	13
Kalkpåvirkede	5,79	0,55	–	24

Den gjennomsnittlige endringen i pH fra starten til i dag var 1,23 enheter for vann som fortsatt kalkes (tabell 1). Disse hadde en pH på gjennomsnittlig 4,95 før kalking. I de vannene som er kalket i perioder, lå pH på gjennomsnittlig 5,22, og disse har hatt en bedring på 0,92 enheter. I de ukalkede, kalkfattige vannene lå utgangspunktet på gjennomsnittlig 5,36, og disse har hatt en bedring på 0,65 enheter. Utgangsverdiene kan imidlertid være for høye fordi noen av lokalitetene allerede kan ha blitt kalket – mange lokaliteter hadde pH på firetallet midt på 1980-tallet. I ukalkede, kalkrike vann var pH gjennomsnittlig 6,85, og disse har hatt en økning på 0,40. I de kalkpåvirkede vannene var pH gjennomsnittlig 5,79 ved start, og disse har hatt en bedring på 0,55. En sammenligning mellom



kalkede og ukalkede, kalkfattige vann viser at bedringen i vann som kalkes, er 0,59 pH-enheter større enn i ukalkede, kalkfattige vann (statistisk signifikant med  $p = 0,0014$ , dvs. stor sikkerhet). "Starten" betyr her første registrerte pH-verdi i perioden 1986–1988, mens "i dag" er gjennomsnittet av alle vårmålinger i perioden 2012–2017, evt. høstmålinger der det mangler vårmålinger. Konfidensintervallene viser usikkerheten til de beregnede økningene. De er alle over null, som viser at alle økningene med stor sikkerhet er reelle. Analysene ble gjort vha. parret t-test, og for å unngå romlig korrelasjon ble lokaliteter som kan være påvirket av andre lokaliteter, fjernet (gjelder ikke "kalkpåvirkede").

### 3.2.2 Alkalitet, ANC og kalsium

For alkalitet inneholder datamaterialet rundt 9900 målinger. I 1986 ble det gjort noen målinger, og i 1988 ble det målt mange steder. For 1990–1994 er det målinger i de fleste vann i Romeriksåsene. Fra og med 1995 er det gjort målinger stort sett over hele området. Langvannet og Store Lyseren har målinger alle år.

For ANC inneholder datamaterialet rundt 2300 data, hvorav rundt 700 ble beregnet ut fra målte ionekonsentrasjoner. Det ble gjort noen målinger i 1986, men deretter er det lite data før vi i 2007 har verdier for hele området. I 2010 er det en del data fra Aurskog–Høland, og i 2012 er det en del verdier fra bl.a. Romeriksåsene. Fra og med 2013 er hele området godt dekket. Langvannet og Store Lyseren har årlige målinger.

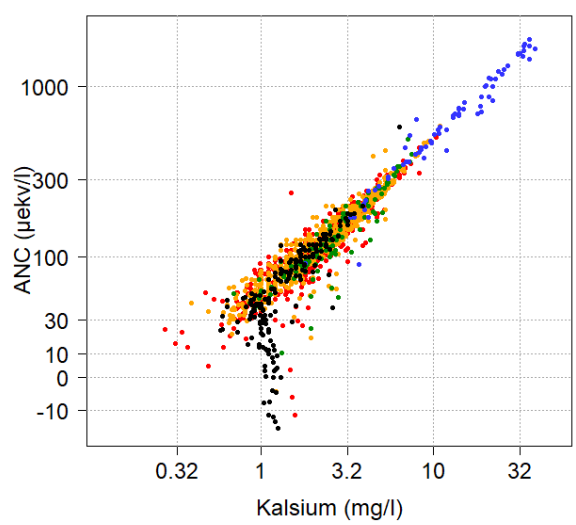
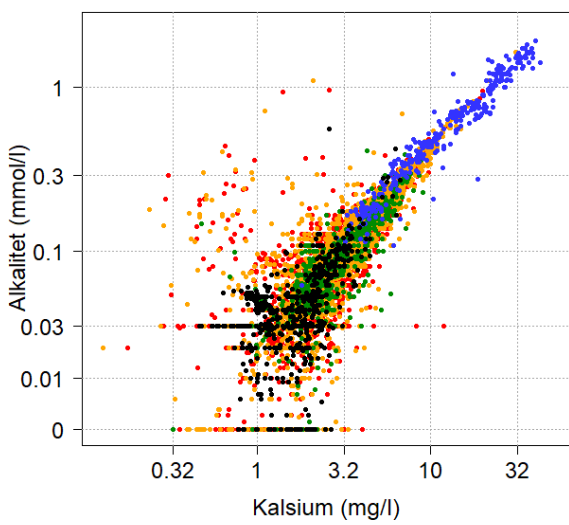
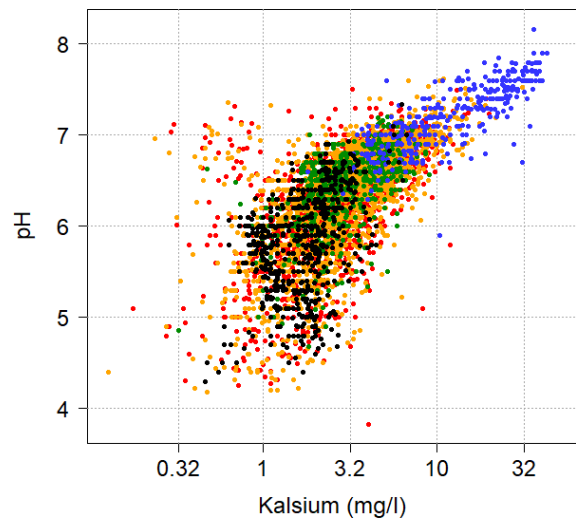
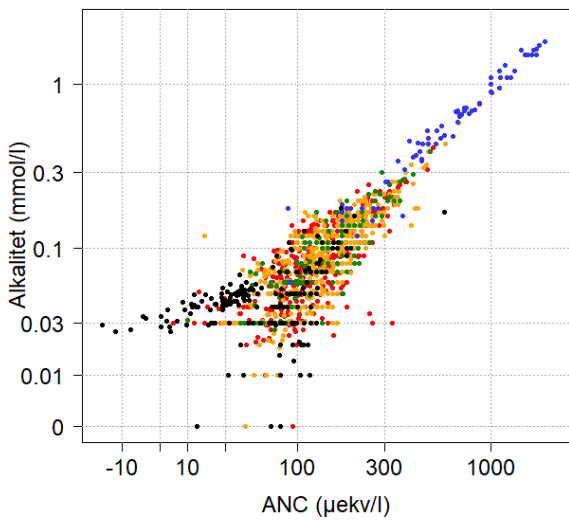
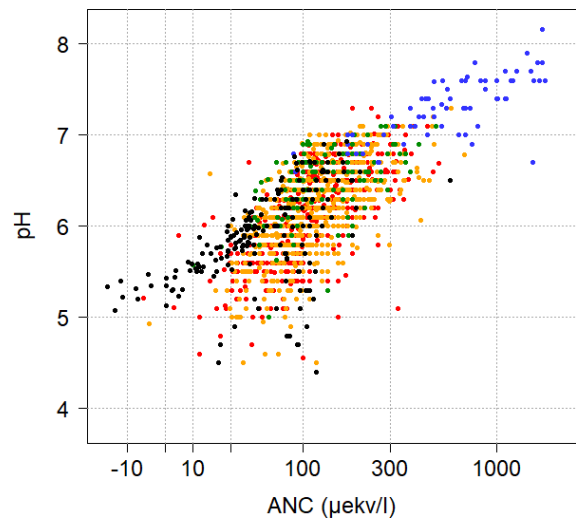
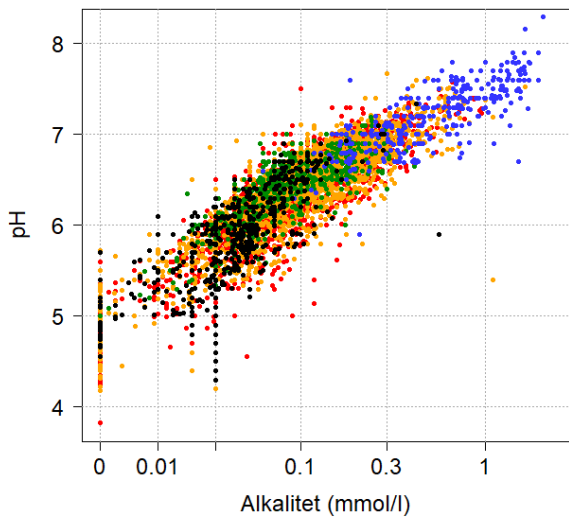
For kalsium inneholder datamaterialet rundt 9000 målinger. I 1986 ble det gjort noen målinger, og i 1988 og fra og med 1995 er det gjort målinger over hele området.

Plott av målinger av alkalitet, ANC, kalsium og pH mot hverandre (figur 8) viser en sterk sammenheng mellom disse parametrene: Ved en økning i én parameter ser man også økning i de andre parametrene. Korrelasjonene er sterkest ved høye verdier, og svakest ved lave. Det er en noe dårligere korrelasjon mellom kalsium og pH, som også er avhengig av andre ioner i vannet. I alkalitetsverdiene (figur 8a) ser man tre søyler med punkter, som er verdier satt til null (søyle lengst til venstre) eller lik deteksjonsgrensen (søyle lenger til høyre). Dette viser at de virkelige verdiene i disse prøvene ikke er kjent.

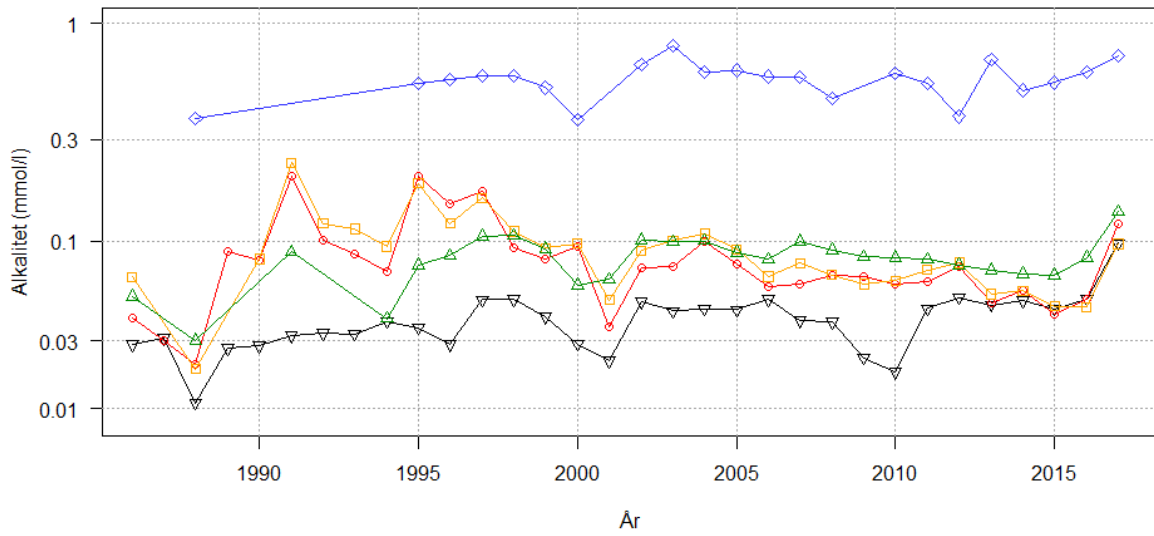
Tidsutviklingen i alkalitet (figur 9a) viser en økning fra begynnelsen til slutten av perioden, men den er mindre tydelig enn for pH. For ANC (figur 9b) er det for lite data til at man kan trekke slutninger, bortsett fra for de to ukalkede vannene Langvatn og Store Lyseren, som har hatt en jevn økning gjennom perioden. For kalsium (figur 9c) er det en klar økning i de kalkede og kalkpåvirkede vannene fram til andre halvdel av 1990-tallet, deretter en svak nedgang. I de ukalkede vannene ble det ikke funnet noen store endringer. Store "hopp" i kurvene før 1996 skyldes dels intensiv kalking, dels varierende mengde data slik at enkeltmålinger får stor betydning. Spesielle værforhold og evt. forhold ved analyselaboratoriet kan også påvirke nivåene enkelte år.

*Figur 8. Målinger av alkalitet, ANC, kalsium og pH plottet mot hverandre (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.*

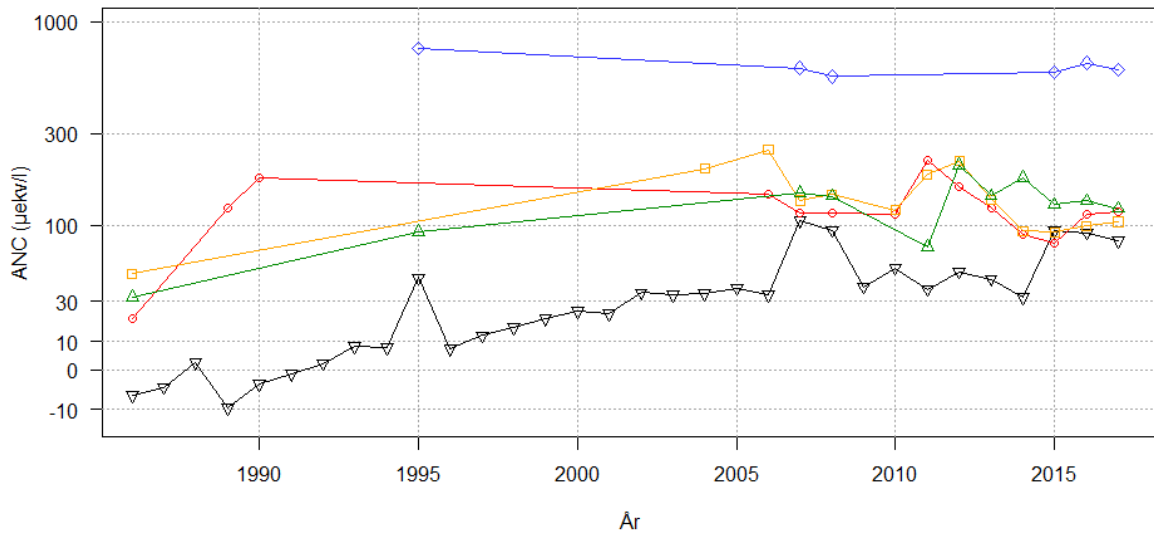
*Figur 9. Utvikling i alkalitet (a), ANC (b) og kalsium (c). Fargekoden er som i figur 2. Lite data fram til 1995 gjør at enkeltmålinger kan gi store utslag. For alkalitet og kalsium ble det bare brukt lokaliteter som hadde data i begge periodene 1986–1989 og 2003–2017 (som for pH).*



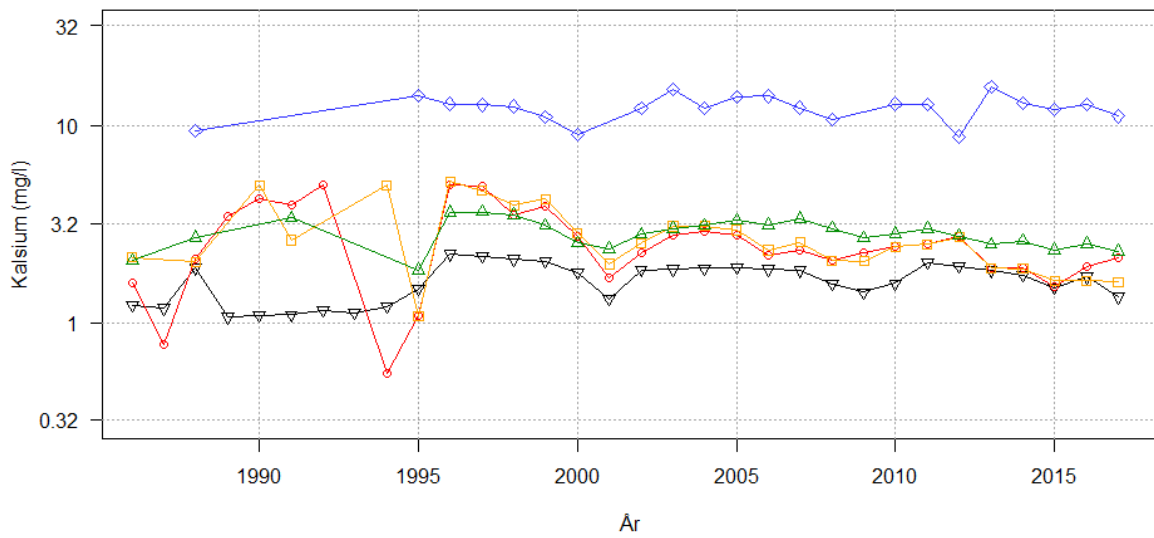
a. Alkalitet



b. ANC



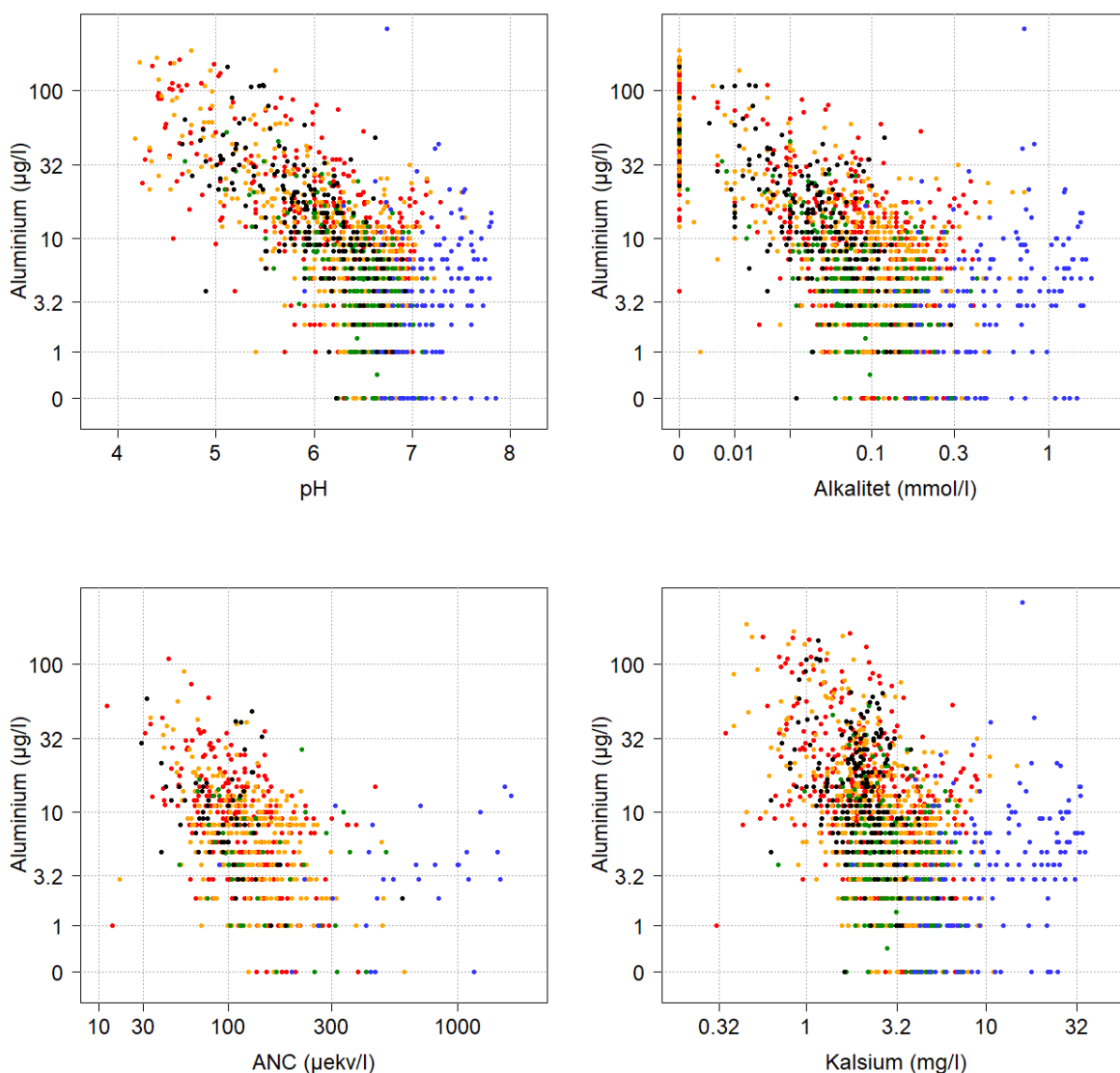
c. Kalsium



### 3.2.3 Labilt aluminium

Det er rundt 2000 målinger av labilt aluminium i datamaterialet. Det ble gjort mange målinger i 1988, men deretter er det sparsomt med data bortsett fra i 2007–2008 og 2016–2017.

Det ble funnet en viss, negativ korrelasjon mellom labilt aluminium og pH, alkalitet, ANC og kalsium (figur 10), men mye svakere enn mellom de sistnevnte innbyrdes (figur 8). Det ble ikke funnet noen klar korrelasjon mellom labilt aluminium og totalt organisk karbon, farge eller konduktivitet (se vedlegget).

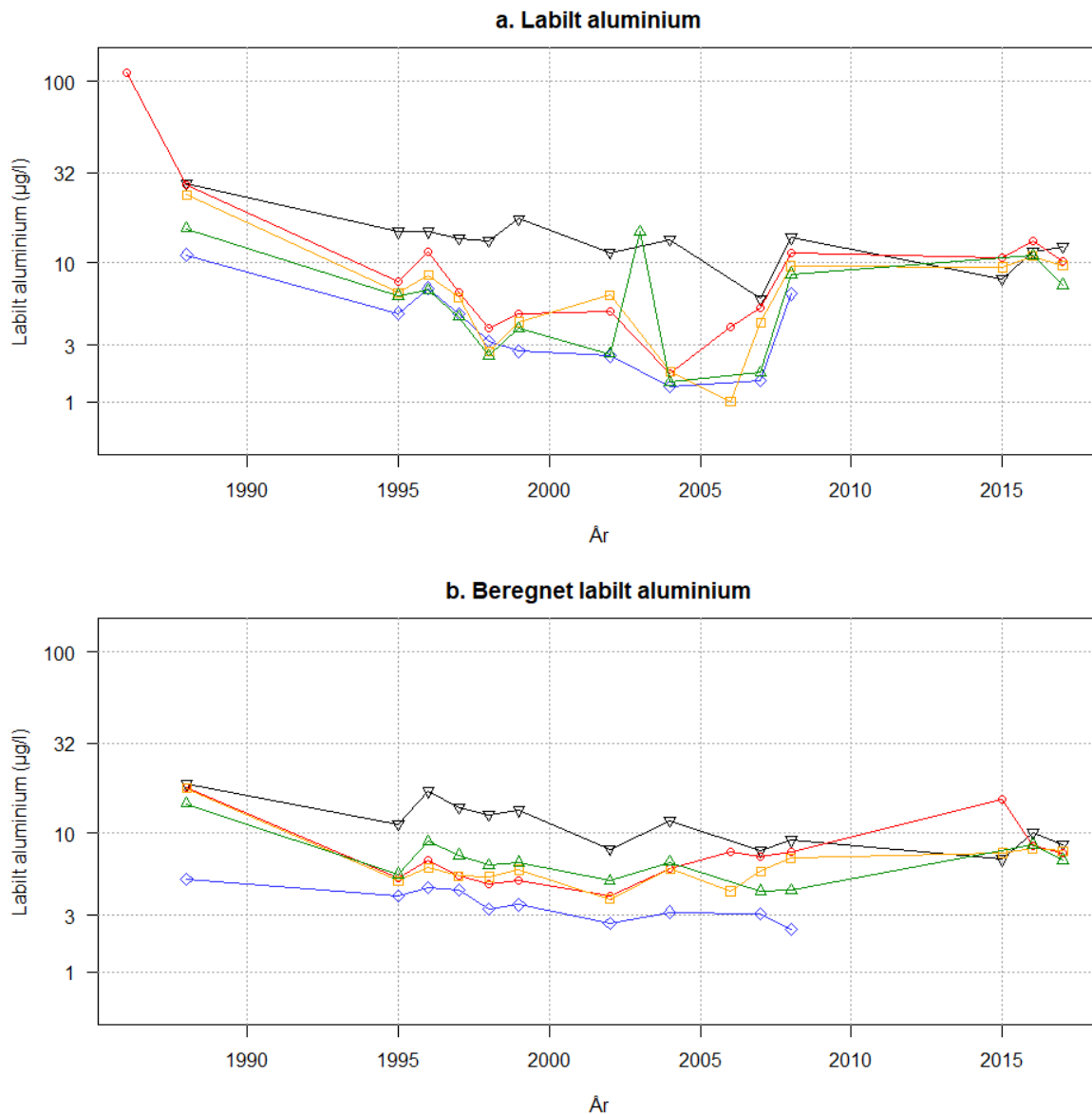


Figur 10. Målinger av labilt aluminium plottet mot målinger av pH, alkalitet, ANC og kalsium (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.

Sammenhengen mellom labilt aluminium og de andre parametrene ble undersøkt nærmere ved hjelp av regresjonsmodeller (se vedlegget). Det ble funnet at en kombinasjon av pH, alkalitet/ANC, kalsium og farge/TOC forklarte de målte nivåene av labilt aluminium noe bedre enn parametrene hver for seg, men fortsatt ikke i særlig stor grad. Den store spredningen i aluminiumverdiene kan skyldes måleusikkerhet, da labilt aluminium er ustabil og kan gå over i andre former før prøven blir

analysert i laboratoriet. En annen mulig forklaring er av prøven kan inneholde sedimenter som skiller ut aluminium.<sup>4</sup>

Tidsutviklingen i innholdet av labilt aluminium viser en generell nedgang, men med bunnivåer mellom 1998 og 2006 (figur 11a). Aluminiumverdier beregnet fra de andre parametrene viser en svakere nedgang, og uten de lave nivåene mellom 1998 og 2006 (figur 11b). Dette kan tyde på systematiske feil i målingene av aluminium i denne perioden (se vedlegget) i tillegg til de tilfeldige feilene antydnet over. Utviklingen i de målte verdiene må tas med forbehold om riktigheten av måleverdiene, og de beregnede verdiene med forbehold om riktigheten av regresjonsmodellen.



Figur 11. Utviklingen i målte verdier av labilt aluminium (a) og verdier beregnet ut fra pH, alkalitet, kalsium og farge (b). Fargekoden er som i figur 2. For sammenligning med det samme utvalget av lokaliteter som i (b), se figur V.2 i vedlegget.

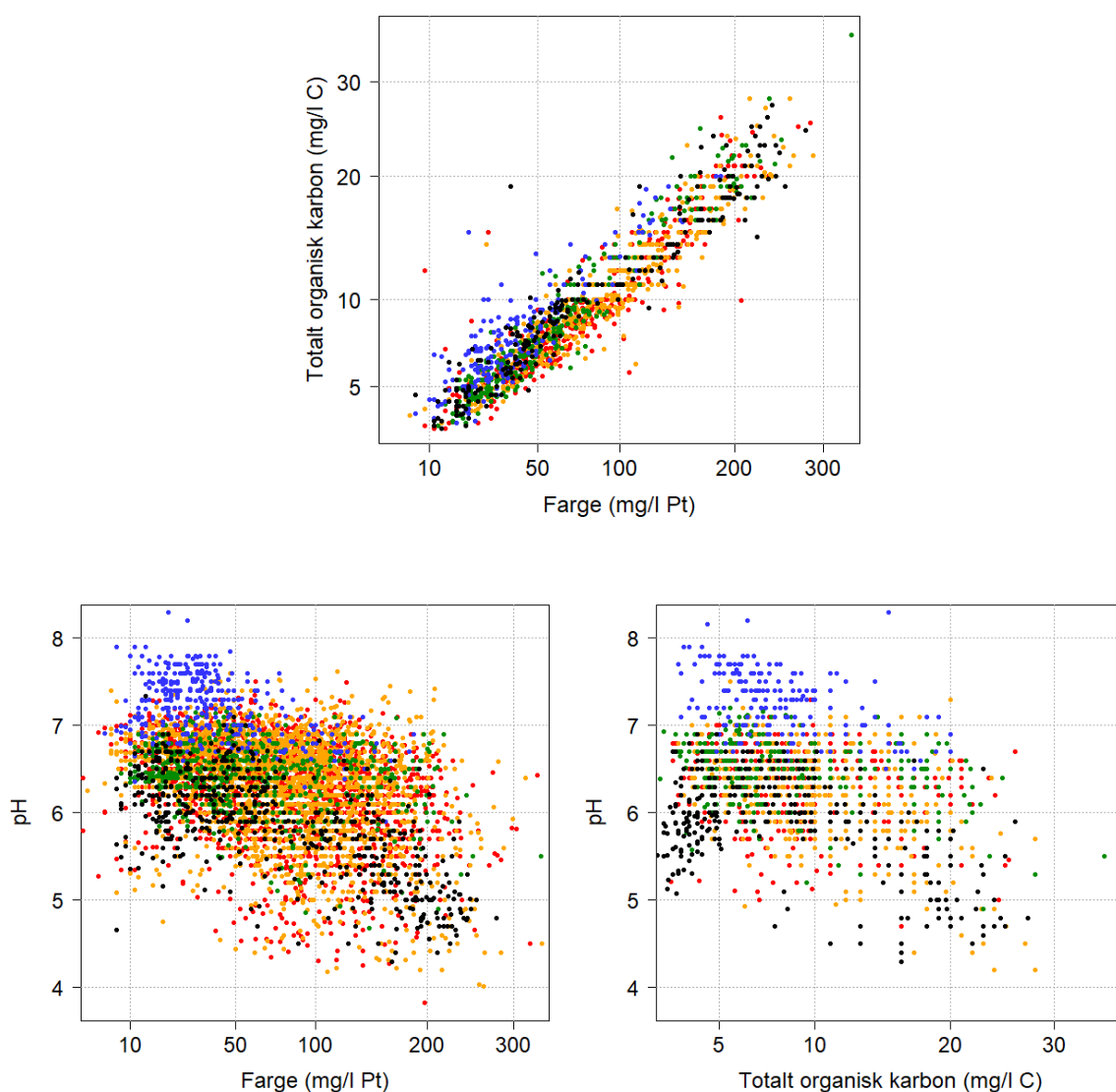
<sup>4</sup> Laboratoriets erfaring (Vestfoldlab)

### 3.2.4 Farge og totalt organisk karbon

Datamaterialet inneholder rundt 8000 målinger av farge. Det ble gjort mange målinger i 1988 og fra og med 1995, med unntak av 2001–2003, da det var få målinger.

Av totalt organisk karbon inneholder datamaterialet rundt 1900 målinger. I 1986 ble det gjort en del målinger, men deretter fram til 2005 er materialet sparsomt, og bare Langvannet og Store Lyseren har årlige målinger. Fra og med 2005 ble det målt mange steder, bortsett fra i 2009.

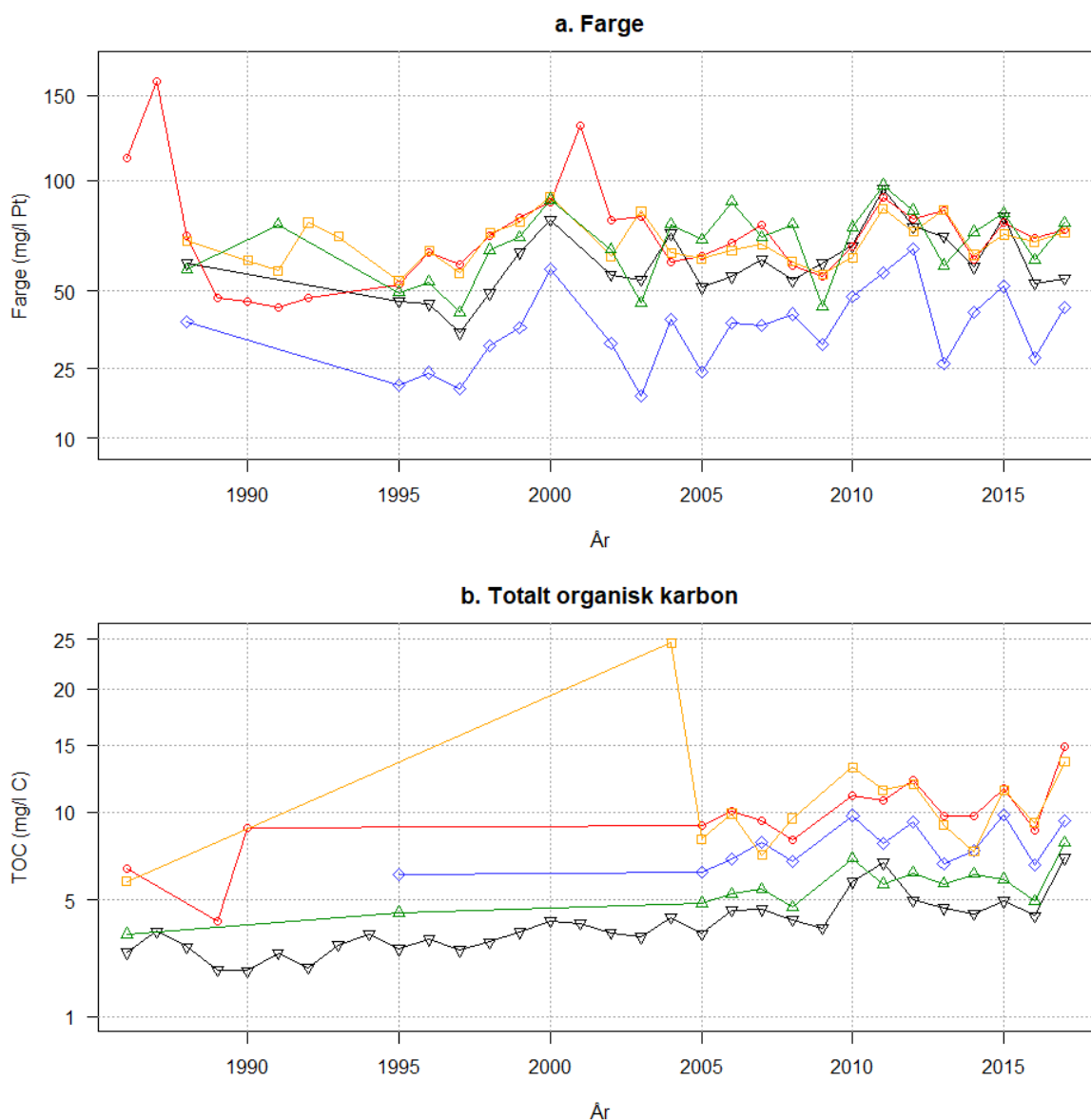
Det ble funnet en sterk, positiv korrelasjon mellom farge og totalt organisk karbon, og mye svakere, negativ korrelasjon mellom dem og pH (figur 12). Det ble ikke funnet noen tydelig korrelasjon med de andre parametrene (se vedlegget).



Figur 12. Målinger av vannets farge, totalt organisk karbon og pH plottet mot hverandre (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.

Tidsutviklingen i farge antyder en svak økning gjennom perioden, men økningen er usikker pga. årlige variasjoner (figur 13a). De ukalkede, kalkrike vannene har generelt lavere verdier enn de andre gruppene. Tidsutviklingen i totalt organisk karbon viser også en svak økning gjennom perioden (figur 13b).

I et større område øst for Glomma og Vorma har vannet høyere fargeverdier og TOC enn ellers, se vedlagte kartvideoer.

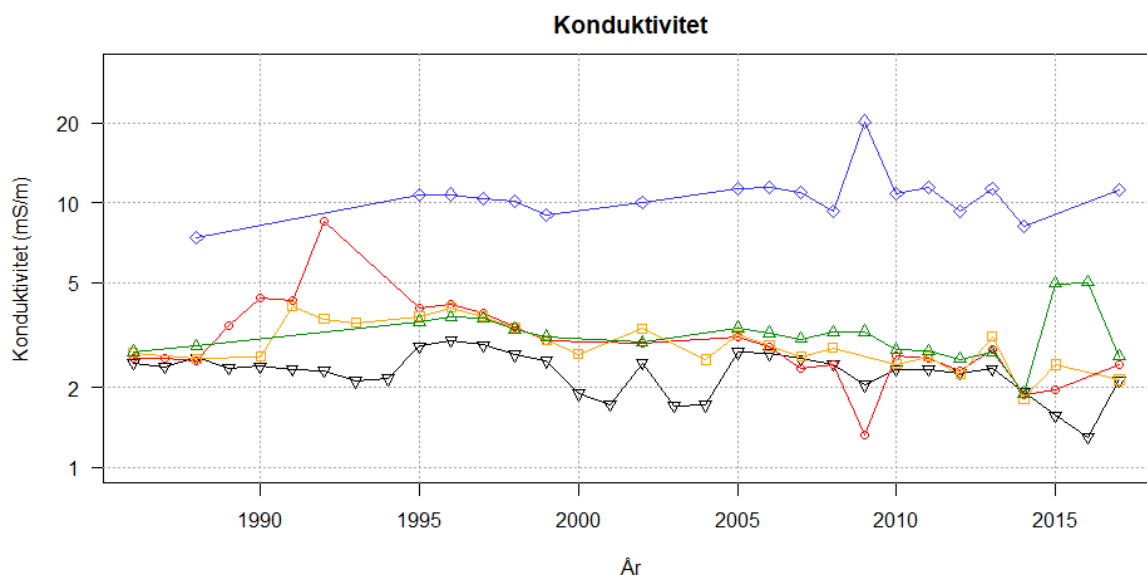


Figur 13. Utviklingen i farge (a) og totalt organisk karbon (b). Fargekoden er som i figur 2. Det ble bare brukt lokaliteter som har data i begge periodene 1986–1989 og 2003–2017, unntatt for TOC for kalkrike vann (blått).

### 3.2.5 Konduktivitet

Det er rundt 2800 målinger av konduktivitet i datamaterialet. Det ble gjort noen målinger i 1986 og mange i 1988. I 1995–1999 ble det gjort en del målinger, deretter i 2002, 2005–2008, 2010–2014 og 2017.

Tidsutviklingen viser ingen store endringer i konduktivitet (figur 14). De årlige variasjonene er for store til at man kan konkludere om det har vært en svak endring i de kalkfattige vannene (kalkede og ukalkede).



Figur 14. Utviklingen i konduktivitet. Fargekoden er som i figur 2.

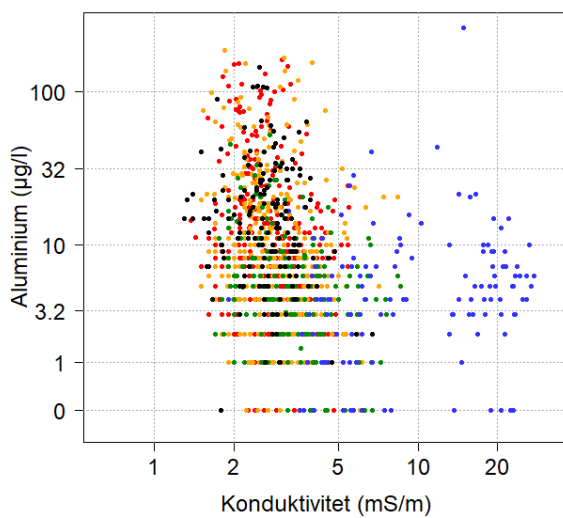
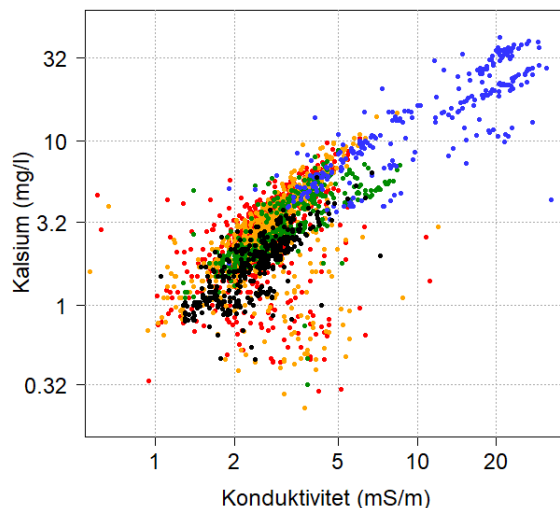
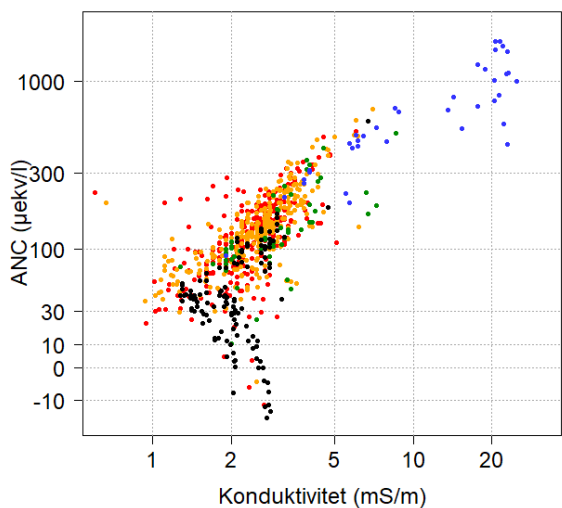
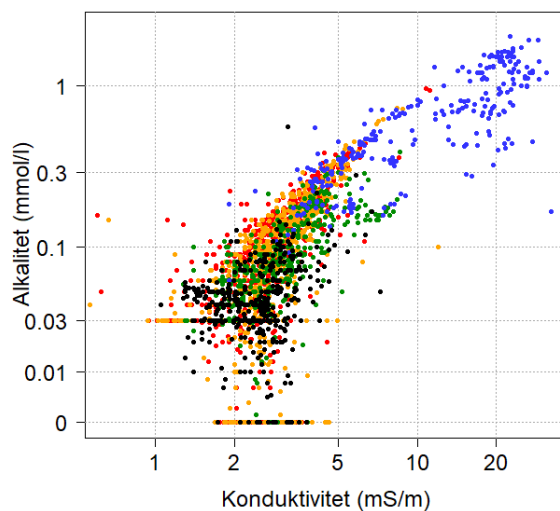
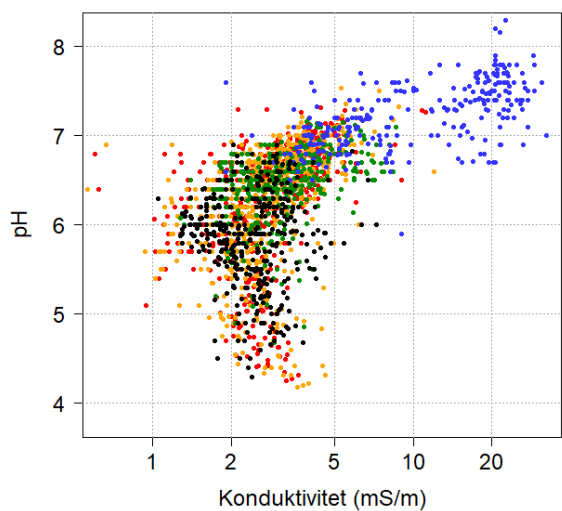
Det ble funnet at konduktivitet er korrelert med ANC og kalsium, ellers lite korrelasjon (figur 15 og vedlegg).

Den vedlagte kartvideoen viser lavere konduktivitet i Nordmarka, Romeriksåsene og Hurdal (vest i regionen) enn ellers i fylkene.

Figur 15. Målinger av konduktivitet plottet mot pH, alkalitet, ANC, kalsium og labilt aluminium (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.



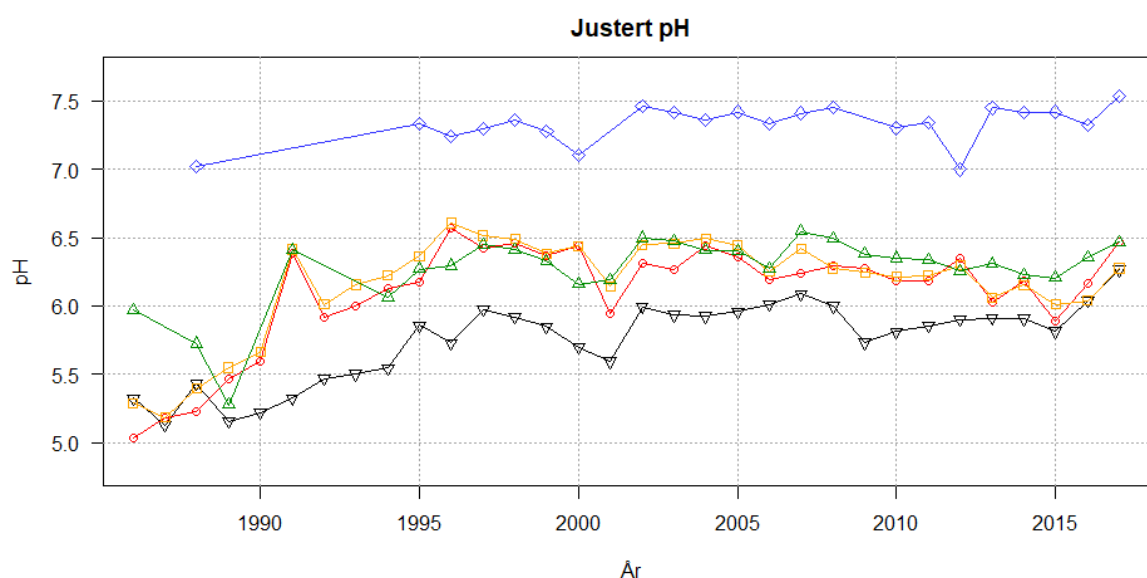
# Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus



### 3.3 Korrigering av målefeil i pH-verdier vha. de andre parametrene

I de vannkjemiske dataene, som i alle måldata, er det usikkerhet. Det kan f.eks. skyldes kjemiske forandringer i prøven under transport, eller tastefeil ved innlegging av dataene. Når verdier av parametre som ellers henger nøye sammen, avviker sterkt, tyder det på feil i en av parametrene.

ANC regnes for å ha mye mindre usikkerhet enn målinger av pH og alkalitet<sup>(8)</sup>. Men det er forholdsvis få målinger av ANC i datamaterialet, og det er derfor mer hensiktsmessig her å bruke målinger av pH, som dekker tidsrommet og området best. Målinger av pH kan i prinsippet korrigeres ved utregning fra ANC eller alkalitet dersom man kjenner vannets innhold av oppløst CO<sub>2</sub> og organiske syrer. I de innsamlede prøvene er ikke dette målt, noe som gjør dette vanskeligere. Men det ble observert sterk korrelasjon mellom pH, ANC og alkalitet (figur 8). Med dette som grunnlag er det her lagd en forenklet metode for justering av avvikende pH-verdier. Prinsippet er at det er lite sannsynlig at målefeilene til to eller tre parametre i en enkelt vannprøve trekker i samme retning. Et slags gjennomsnitt av verdiene gir som regel et riktigere bilde enn hver av dem for seg. Metoden som er brukt for å lage et slikt gjennomsnitt, kalles prinsipalkomponentanalyse (PCA) (se vedlegget for nærmere detaljer). De justerte pH-verdiene kan best ses på som en ny forsøringsparameter som er en kombinasjon av de tre parametrene, uttrykt på pH-skala.



Figur 16. Utvikling i justerte pH-verdier i vann som kalkes (rødt), vann som er kalket tidligere (gult), andre kalkpåvirkede vann (grønt), ukalkede, kalkfattige vann (sort) og ukalkede, kalkrike vann (blått).

Tidsutviklingen i pH justert vha. alkalitet og ANC (der de er målt) viste det samme bildet som de målte dataene, men kurvene er en tanke jevnere (figur 16). T-tester ga nesten samme resultater, men med litt mindre usikkerhet (tabell 2). Bedringen i vann som kalkes, er 0,57 pH-enheter større enn i ukalkede, kalkfattige vann (statistisk signifikant,  $p = 0,0014$ ). Variansen blir noe lavere, det vil si at de justerte dataene er marginalt bedre. Det er også mulig å ta med flere parametre i en slik metode; særlig kan totalt organisk karbon eller farge være aktuelt.

Tabell 2. Gjennomsnittlig pH før kalking og pH-endring med konfidensintervall i de fem gruppene. Justerte pH-verdier.

Kalkbehandling	Gjennomsnittlig pH før kalking	Gjennomsnittlig pH-endring	95 % konfidensintervall	Antall lokaliteter
Kalkes	4,94	1,23	(1,11; 1,35)	82
Kalket før	5,22	0,92	(0,80; 1,04)	81
Ukalkede, kalkfattige	5,34	0,66	(0,34; 0,99)	11
Ukalkede, kalkrike	6,94	0,39	(0,23; 0,58)	13
Kalkpåvirkede	5,77	0,57	–	24

### 3.4 Effekten av kalking og av stans i kalkingen

Effekten av kalking ble undersøkt ved hjelp av en statistisk modell<sup>5</sup> der pH i hver lokalitet forklares av kalkingsaktiviteten de to siste årene. Det ble lagt inn i modellen at pH også har økt med tiden på grunn av redusert langtransportert forurensning, som vi ser i ukalkede, kalkfattige vann. Analysen ble kjørt både med og uten data på vannets farge, som kan påvirke pH.

Lokaliteter som er påvirket av vann fra andre lokaliteter høyere oppe i vassdraget, ble ikke tatt med i analysen. Det er fordi måleverdiene her kan være korrelert med verdiene i lokalitetene høyere oppe, noe som påvirker usikkerheten i resultatene. Beregning av denne usikkerheten krever mer kompliserte analyser. Videre ble kalkrike lokaliteter ikke tatt med, og heller ikke lokaliteter med mangelfulle kalkingsdata. Til sammen var 145 lokaliteter med i analysen. En eventuell avhengighet i tid ble håndtert ved reduksjon i antallet frihetsgrader<sup>6</sup> i analysen.

Det ble funnet at gjennomsnittlig pH i begynnelsen av perioden lå på 5,2, og at kalking om sommeren økte pH den påfølgende høsten med 1,06 (tabell 3). Den påfølgende våren var pH 0,55 mer enn den ellers ville ha vært, og neste høst og vår var pH hhv. 0,58 og 0,49 mer enn den ellers ville ha vært, dersom det ikke ble kalket på nytt. Her er mengdene med kalk ikke tatt med; opplysninger om kalkmengder ga en modell med større usikkerhet, kanskje pga. usikkerhet i de tidligste kalkingsdataene.

For hvert halvår økte pH med 0,011 i de ukalkede vannene (det antas at dette skyldes redusert forurensning), samtidig med at pH i de kalkede vannene stabiliserte seg. For å få denne stabiliseringen inn i modellen, ble det lagt inn at effekten av kalking kunne avta over tid. Dette kan sees på som en konsekvens av at de faktiske kalkmengdene med tiden ble redusert. Det ble funnet en effektreduksjon på 0,004–0,017 pH-enheter for hvert halvår som var gått siden 1986 (tabell 3). Dette tar også opp i seg at pH hadde en topp på begynnelsen av 1990-tallet og har senere sunket noe. En modell der farge ble tatt med, viste at økt mengde farge ga lavere pH, og ellers omtrent de samme resultatene.

<sup>5</sup> Det ble brukt både en generell lineær modell og en “mixed effects linear model” der dataene var gruppert etter lokalitet. Disse ga omtrent de samme resultatene. Førstnevnte er rapportert i teksten.

<sup>6</sup> Antallet frihetsgrader er i prinsippet antallet datapunkter minus antallet forklaringsvariabler i modellen (se tabell 3). Antallet frihetsgrader er med på å bestemme hvor sikre resultatene i analysen er.

Tabell 3. Effekten av kalking på pH de to første årene etter kalking. Modell med og uten fargeverdier. Standardfeilene ganger to angir usikkerheten til de beregnede verdiene.<sup>7</sup>

	Modell uten farge		Modell med farge	
	beregnet verdi	standard-feil	beregnet verdi	standard-feil
gjennomsnittlig pH ved start	5,202	0,035	5,764*	0,051
endring i pH første høst etter kalking	1,056	0,067	0,892	0,070
endring i pH første vår etter kalking	0,554	0,062	1,151	0,089
endring i pH andre høst etter kalking	0,580	0,067	0,459	0,046
endring i pH andre vår etter kalking	0,486	0,062	0,208	0,034
underliggende utvikling i pH per halvår	0,011	0,001	0,013	0,001
redusert effekt av kalking pga. lavere kalkdoser med tiden:				
reduksjon første høst etter kalking	$-0,017 \cdot \text{tid}^\dagger$	0,003	$-0,013 \cdot \text{tid}$	0,002
reduksjon første vår etter kalking	$-0,005 \cdot \text{tid}$	0,001	$-0,018 \cdot \text{tid}$	0,002
reduksjon andre høst etter kalking	$-0,005 \cdot \text{tid}$	0,002	i.s.‡	i.s.
reduksjon andre vår etter kalking	$-0,005 \cdot \text{tid}$	0,001	i.s.	i.s.
effekt av farge på pH			-0,072	0,003

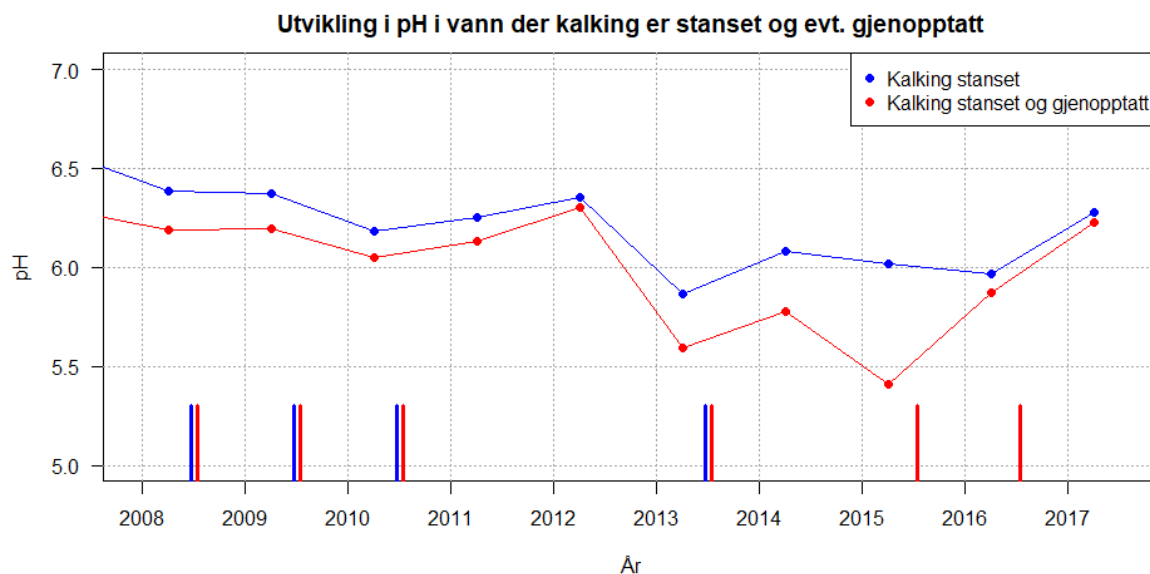
\* For å finne gjennomsnittlig pH ved start der farge er med i modellen, må man ta med fargeverdien ved start, som var omtrent 64 mg/l Pt. I modellen er farge oppgitt på kvadratroskala, dvs. 8, så man får at pH ved start var  $5,764 - 0,072 \cdot 8 = 5,2$ .

† Reduksjonen i effekten av kalkingen fås ved å gange den beregnede verdien med antall halvår siden 1986.

‡ i.s. står for "ikke signifikant", dvs. at det ikke ble funnet noen klar effekt.

I 2011 ble det forsøkt å stanse kalkingen i en del lokaliteter som hadde hatt stabil pH gjennom mange år (figur 17). Disse ble ikke kalket i 2011 eller 2012. pH holdt seg god til og med våren 2012, noe som kan forklares av at kalking har effekt i to år (se tabell 3). En mulig årseffekt kan også spille inn (2012 kan ha vært et generelt godt år). 2013 var et år med lav pH i mange vann, både vann som fortsatt ble kalket, og vann som ikke ble kalket. Dette året ble kalkingen gjenopptatt, og pH-verdiene ble igjen bedre våren 2014. Sommeren 2014 forsøkte man igjen å stanse kalkingen i de utvalgte vannene. En del vann beholdt en god pH, men i andre sank den betydelig, og i disse vannene ble kalkingen gjenopptatt. pH steg da til det samme nivået som i de vannene som klarte seg uten mer kalking.

<sup>7</sup> Antallet frihetsgrader er over 2500, eller 1250 om man halverer pga. mulig tidsskorrelasjon. Dette er uansett så høyt at man kan anta at estimatoren er normalfordelt, og da vil 2 ganger standardavviket gi et 95 % konfidensintervall.



Figur 17. Utvikling i pH i vann som ikke ble kalket i 2011 eller 2012. Alle vannene ble kalket i 2013. Blå kurve viser gjennomsnittet over 42 lokaliteter der kalking ikke har vært nødvendig siden 2014. Rød kurve viser gjennomsnittet over 23 lokaliteter der kalkingen ble gjenopptatt i 2015. Datapunktene viser prøver tatt om våren. Blå og røde søyler viser om det ble kalket om sommeren i hhv. de vannene der kalking ble stanset, og de vannene der kalking ble stanset og gjenopptatt.

### 3.5 Avdekking av refsoring

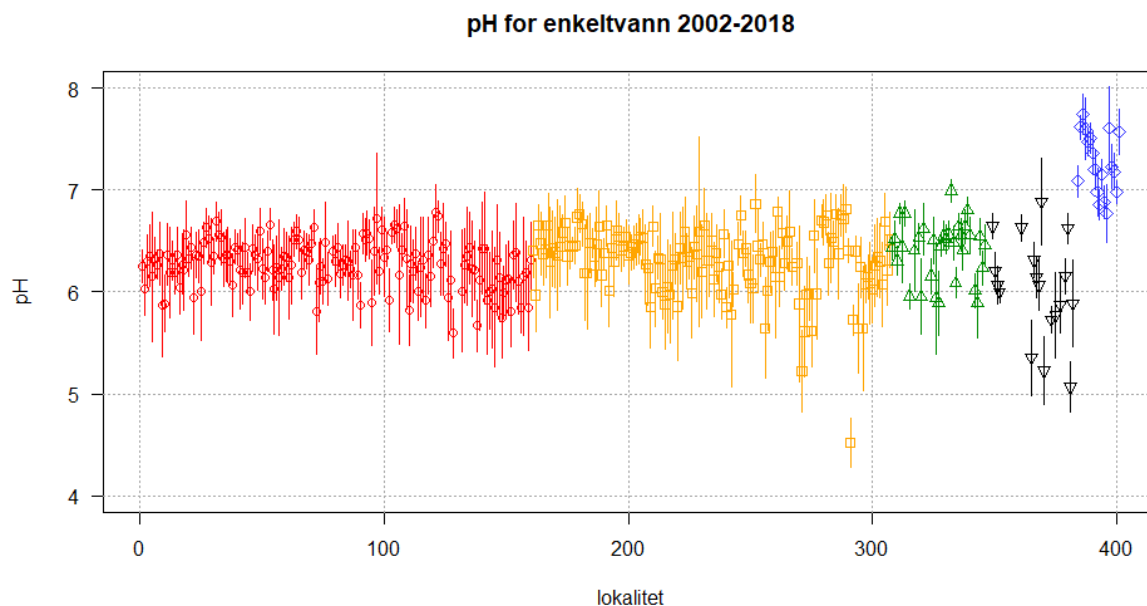
Utviklingen i vannkvaliteten i et vann etter at kalking har opphørt, kan være vanskelig å forutsi. Den gode vannkvaliteten kan fortsette, eller den kan bli dårligere. Fortsatt overvåking er nødvendig hvis man skal fange opp en eventuell refsoring og gjenoppta kalking. Imidlertid vil det også være naturlig variasjon i vannkvaliteten fra år til år uavhengig av om det pågår en refsoring eller ikke. Skal man vurdere om dårlige verdier viser refsoring eller bare naturlig variasjon, må man kjenne størrelsen til den naturlige variasjonen i det aktuelle vannet.

Det er her utviklet en enkel metode for å vurdere om et vann er i ferd med å bli refsuret. For hver lokalitet er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik og eventuell tidsskorrelasjon<sup>8</sup> (figur 18), basert på data fra perioden 2002–2018 (vårdata fra 2018 var tilgjengelige da analysen ble gjort). Deretter er det funnet grenser for hvor mye pH kan synke før man kan konkludere at refsoring finner sted (det antas her at den årlige variasjonen er normalfordelt). Grensene er beregnet for målinger gjort ett år, to år og tre år, der det for to og tre år er brukt gjennomsnitt. Tabell V.1 i vedlegget viser grensene for alle de aktuelle lokalitetene.

Metodens evne til å avdekke reell refsoring ble deretter undersøkt ved simulering av nye data. For hver lokalitet ble det antatt et reelt årlig fall i pH på 0,2, og så simulert data med naturlig variasjon rundt det nye nivået. Så ble metoden brukt til å teste om de nye verdiene viste en signifikant nedgang, og til slutt ble det talt opp hvor ofte testen avdekket refsoringen (tabell 4). Ett, to og tre år ble brukt. Det ble funnet at metoden avdekket refsoringen i 22 % av tilfellene etter ett år, i 50 % av tilfellene etter to år, og i 72 % av tilfellene etter tre år ved bruk av pH-målinger. Resultatene er en

<sup>8</sup> For mange lokaliteter var det relativt lite data å beregne tidsskorrelasjon fra. Estimater kunne da bli svært usikkert. For å unngå dette ble det utført en korrelasjonstest for hver lokalitet. Dersom testens p-verdi var større enn 0,25, ble tidsskorrelasjonen satt til 0.

slags middelværdi for alle lokalitetene. I de lokalitetene som har liten variasjon fra år til år, vil metodens evne til å avdekke refsuring være større.



Figur 18. Gjennomsnitt og standardavvik for pH i hver lokalitet for perioden 2002–2018. Fargekode som i figur 2.

Tabell 4. Teststyrke til metoden for å avdekke refsuring. Tallene viser sannsynligheten for at testen viser refsuring, gitt en reell årlig senkning i pH med 0,2. Utrekningene er basert på alle lokalitetene.

	Ett år	Gjennomsnittet over to år	Gjennomsnittet over tre år
pH	0,22	0,50	0,72
Justert pH	0,25	0,54	0,73

Ved bruk av slike tester vil det alltid være en liten sannsynlighet for at testen gir utslag feilaktig. I denne sammenhengen betyr det å få at en lokalitet er forsuret uten at den faktisk er det. Sannsynligheten for dette er noe man bestemmer på forhånd, og her er den satt til 0,05. Det betyr at om man tester 100 vann, kan man forvente å få feilaktig utslag på 5 av dem. Dette antallet kan man redusere, men da blir testen dårligere til å avdekke reell refsuring. Man kan finne et balansepunkt ved å veie kostnaden ved refsuring mot kostnaden ved å kalke. Om man ikke ønsker å gå så grundig til verks, men lurer på om et resultat er reelt, kan man se på det observerte pH-nivået i forhold til de oppsatte grensene. Er det mye lavere, er det rimelig å anta at det pågår en refsuring. Videre overvåking vil også oftest gi svar på spørsmålet.

En tilsvarende test kan også lages for ANC eller alkalitet. For ANC er det imidlertid for lite grunnlagsdata. For alkalitet er det nok data, men denne parameteren viste seg å ha noe større variabilitet enn pH,<sup>9</sup> noe som gir en dårligere test. Det ble funnet at alkalitet hadde noe mindre stabile verdier enn

<sup>9</sup> Dette ble vist ved utregning av forholdet mellom standardavvikene (eg. summen av variansene) og variasjonen i gjennomsnittene (variansen).

pH, som igjen hadde mindre stabile verdier enn justert pH. Alkalitet er dessuten mer usikker når pH blir lav. Det anbefales her å bruke pH-verdier eller justerte pH-verdier.

## 4 Diskusjon

De innsamlede vannkjemidataene fra midten av 1980-tallet til i dag viser at det har vært en klar forbedring i den kjemiske tilstanden i både kalkede og ukalkede vann, mest i de kalkede. Stans i kalkingen kan imidlertid føre til reforsuring i mange vann, og det er derfor viktig å fortsette å overvåke vann der kalking har opphørt.

Det store datagrunnlaget er et godt utgangspunkt for analyser, med over 12000 pH-målinger og flere tusen målinger for hver av de andre parametrene, fordelt i tid og rom. Begynnelsen av perioden, da tilstanden var på det dårligste, er dårlig representert i databasene Vannmiljø og Kalkingsbasen, bortsett fra året 1988 da den brede undersøkelsen Aksjon 88 ble gjennomført. Da hadde kalking allerede begynt mange steder. Det var viktig å få med flere tidlige år, og i denne rapporten er det derfor også brukt data fra andre kilder. Det har også kommet fram at det finnes data fra starten av 1990-tallet for Aurskog–Høland. Disse dataene befinner seg i jeger- og fiskerforeninger der og kan være verdifulle å få digitalisert.

Dataene er ikke alltid uavhengige. Det kan være avhengighet fra år til år, og mellom vann som ligger i samme vassdrag. Annen romlig korrelasjon kan også spille inn, f.eks. som følge av værforhold. Det er her korrigert for mulig avhengighet der det har vært mulig.

pH er den parameteren det er mest data for, med data fra omtrent hver lokalitet hvert år i omtrent hele perioden. Før kalking lå den på gjennomsnittlig 4,95 i de vannene som kalkes i dag, og på 5,36 i ukalkede, kalkfattige vann, men disse verdiene er usikre pga. mulig kalking som ikke er registrert i de tidlige kalkingsdataene. Det er registrert pH på firetallet i mange lokaliteter midt på 1980-tallet. Det har vært en klar forbedring i pH i både kalkede og ukalkede vann, der økningen var størst med 1,23 enheter i de kalkede vannene, mot 0,65 enheter i de ukalkede, kalkfattige. Det ble også funnet en klar effekt av kalking fra år til år. Det er mulig å redusere usikkerheten i pH-målingene vha. andre parametre, men i dette datamaterialet var det ikke så mye å hente på det. Det kan bety at pH-målingene er gode i utgangspunktet.

Alkalitet var sterkt korrelert med pH og viste også en forbedring. Imidlertid oppstår det problemer med deteksjonsgrense ved lav alkalitet, som nettopp er et område hvor man ønsker gode verdier. Alkalitet måles ved tilsetning av en sterk syre, og jo surere vannet er i utgangspunktet, desto mindre syre kan tilsettes før pH endres vesentlig, og det blir vanskelig å måle. Plott av alkalitet mot pH viser at deteksjonsgrensen kan nås allerede ved pH på mellom 5 og 6. I datamaterialet er det også verdier satt til 0 uten at deteksjonsgrensen er oppgitt.

ANC var også sterkt korrelert med pH, og enda mer med alkalitet, bortsett fra ved lave verdier. ANC regnes for å ha mindre usikkerhet enn alkalitet og pH fordi det måles vha. konsentrasjoner av stabile ioner, som kalsium, natrium, sulfat og nitrat.<sup>(8)</sup> ANC er derfor ofte det foretrukke målet på forsurening, men sammenligningsgrunnlaget er lite siden det fins lite ANC-data i materialet.

Kalsium var sterkt korrelert med ANC, alkalitet og pH, unntatt ved lave verdier av disse, noe som antagelig skyldes at de også er avhengige av andre ioner. Kalsiumnivået var naturlig nok høyere i

kalkede og kalkpåvirkede vann enn i ukalkede, kalkfattige vann. Fra år 2000 har nivåene ligget nokså konstant i både kalkede og ukalkede vann.

Labilt aluminium var svakt korrelert med de andre parametrene. Man kunne forvente en mye sterkere sammenheng, da man vet at når pH synker, øker nivået av labilt aluminium der det er aluminium i jordsmonnet (som det er de fleste steder i Norge).<sup>(16)</sup> Det ble lagd en modell der labilt aluminium ble forsøkt forklart av flere parametre samtidig, men selv om sammenhengen var noe forbedret, var den fortsatt ikke på langt nær hva man ville forvente. Den mest nærliggende forklaringen på den svake sammenhengen med de andre parametrene, er usikkerhet ved målingene. En mulig årsak er at labilt aluminium er ustabil og kan gå over i andre former, særlig hvis vann-prøven blir varmet opp til romtemperatur og får stå slik før den blir analysert i laboratoriet,<sup>(17)</sup> noe som nok har skjedd i betydelig grad i datainnsamlingen.

Innholdet av labilt aluminium er en viktig parameter, da det er dette som er mest skadelig for fisk i forsuret vann. Men det er nødvendig å gjøre nærmere undersøkelser av måleusikkerheten, eventuelt endre målemetode, før man kan benytte denne parameteren.

Farge og totalt organisk karbon var sterkt korrelerte, og disse hadde en svakere, negativ korrelasjon med pH. Det er kjent at høyt innhold av organisk materiale, som bl.a. er organiske syrer, gir surere vann. Dataene viser en svak økning i perioden, noe som også er observert i andre studier og knyttes til reduksjon i sur nedbør.<sup>(18)</sup> Dette motvirker dermed den positive effekten av mindre forurensning.

Konduktivitet, som uttrykker total ionekonsentrasjon i vannet, var som ventet korrelert med kalsium, alkalitet, ANC og tildels pH. Konduktiviteten hadde imidlertid en nedre grense som den sjelden gikk under, noe som stemmer med at man kan vente at det er en del ioner i vannet uansett surhetsgrad. Konduktivitet er dermed ingen god forsursindikator, og den viste heller ingen tydelig endring gjennom perioden. Det har riktignok vært vist at ionestyrke har en beskyttende virkning på laks<sup>(19)</sup>, men dette er ikke sett hos ørret<sup>(20)</sup>.

Kalking har hatt en tydelig effekt på tilstanden. På slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet ble det brukt store mengder kalk, som fikk pH opp til nærmere 6,5 gjennomsnittlig. Kalkingen gjorde at fiskestammer og bunndyr kunne berges mens man ventet på at nedbøren skulle forbedres. Senere har man godtatt litt lavere pH-verdier, og samtidig med at nedbøren har blitt mindre forurenset, har man kunnet opprettholde disse pH-verdiene gjennom kalking med reduserte mengder.

Fra 2011 ble det forsøkt å stanse kalkingen i en del vann, basert på en vurdering gjort av NIVA.<sup>(21)</sup> I mange av disse vannene holdt vannkvaliteten seg god, men i noen begynte pH å synke, og man måtte gjenoppta kalkingen for å få pH tilbake til tilfredsstillende verdier. I denne studien ble det ikke funnet noe geografisk mønster i hvilke vann som ble reforsuret. Det ble riktignok funnet at det er høyere verdier av farge og totalt organisk karbon øst i regionen, og lavere verdier av konduktivitet i vest, men dette ble ikke gjenfunnet i pH eller de andre rene forsursparametrene.

Ved stans i kalking er det viktig å fortsette overvåkingen slik at en eventuell reforsuring oppdages. I denne rapporten gis det en tabell over hvilke pH-verdier som kan regnes som normale for hvert vann, ut fra hva pH har vært i vannet i perioden 2002–2018.

At mange vann har hatt en god vannkjemi i lengre tid, bekreftes av en økologisk undersøkelse i Romeriksåsene.<sup>(22)</sup> Men det er viktig å huske at livet i vassdragene også er avhengig av bekkene og elvene, og den vannkjemiske tilstanden der kan ha mye større svingninger enn vannene.<sup>(22)</sup> Under snøsmeltingen om våren kan pH komme helt ned på firetallet, med tilhørende høye verdier av



aluminium. Avhengig av hvor lenge dette pågår, kan dette være svært skadelig for fiskeyngel og virvelløse dyr. Selv om et vann ikke lenger har behov for kalking, kan det derfor likevel være viktig å kalke bekkene som er tilknyttet vannet.

Overvåkingsdataene gir et svært godt innblikk i utviklingen i den vannkjemiske tilstanden i vann i Oslo og Akershus. Dataene har i stor grad vært samlet inn av frivillige i jeger- og fiskerforeninger, som fortjener stor takk for sin innsats. Dette er et verdifullt datamateriale, ikke minst fordi innsamlingen har pågått over så mange år og i de samme vannene år etter år. Datamaterialet er så stort og detaljert at det også kan være interessant i forskningsprosjekter. En fortsettelse av overvåkingen er en liten investering i forhold til den store verdien den gir.



*Frivillige gjør hvert år en uvurderlig innsats med vannprøvetaking. Her er Rune Torp Johnsen fra Nannestad jeger- og fiskerforening i ferd med å ta en vannprøve ved utløpet av Råsjøen i Romeriksåsene.*

## Referanser

1. Dahl, K. 1921. Undersøkelser over ørretens utdøen i det sydvestlige Norges fjeldvand. N.J.&F.Fs tidskr. 249-267.
2. Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet og på fiskebestanden. Jæger og Fisker 3, 116–118
3. Odén S. 1972. The extent and effects of atmospheric pollution on soils. FAO Soils Bull. 16, 179–194
4. Gensemer, R. W. og Playle, R. C. 1999. 'The Bioavailability and Toxicity of Aluminum in Aquatic Environments', Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 29: 315–450
5. Direktoratet for naturforvaltning. 1985. Håndbok i kalking av surt vann.
6. Pedersen, H. B., B. Oppegård og J. H. Wilberg. 1990. Aksjon 88 – forsuringssituasjonen i Akershus. Rapport fra Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 84 sider + vedlegg.
7. Aas W., Fiebig M., Solberg S. og Yttri K. E. 2018. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, Annual Report 2017. Miljødirektoratet-rapport No. M-1064|2018. ISBN: 978-82-425-2925-1
8. Lydersen E, Larssen T, Fjeld E. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. Sci Total Environ. 2004;326(1-3):63-9
9. <http://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>
10. <https://kalkingsbasen.miljodirektoratet.no/>
11. Wilberg, J. H. 1990. Romeriksåsenes Fiskeadministrasjon. Virksomheten i perioden 1982 til 1989. Fiskebestandene i de enkelte vannene. Resultater fra prøvefisket 1988. Akershus Jeger- og Fiskerforbund
12. Kalkingsplan for Oslo og Akershus 2012–2015. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Høringsutkast 12. juni 2011
13. <https://atlas.nve.no/>
14. Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanndirektivet (2015). Veileder 02:2013 – revidert 2015 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver
15. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>
16. Lydersen E, Lofgren S, Arnesen RT. Metals in Scandinavian surface waters: Effects of acidification, liming, and potential reacidification. Crit Rev Environ Sci Technol. 2002;32(2-3):73-295.
17. Lydersen E, Salbu B, Poléo ABS, Muniz IP. The Influences of temperature on aqueous aluminum chemistry. Water Air Soil Pollut. 1990;51(3-4):203-15.
18. Riise, Gunnhild; Müller, Roger; Haaland, Ståle Leif; Weyhenmeyer, Gesa A. Acid rain – a strong external driver that has suppressed water colour variability between lakes. Boreal environment research 2018; Volum 23. s. 69-81
19. Lydersen E, Øxnevad S, Østbye K, Andersen R.A., Bjerkely F., Vøllestad L.A., Poléo A.B.S. 2002. The effects of ionic strength on the toxicity of aluminium to Atlantic salmon (*Salmo salar*) under non-steady state chemical conditions. J. Limnol., 61(1): 69-76
20. Alstad N.E.W., Kjelsberg B.M.W., Vøllestad L.A., Lydersen E., Poléo A.B.S. 2005. The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (*Salmo trutta* L.) Environmental Pollution 133(2):333-42

21. Garmo, Ø. A., Kroglund, F. og Austnes, K. 2011. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. NIVA Rapport l.nr. 6151-2011
22. Heier L., Pettersen R.A. 2018. Økologisk tilstand i kalkete bekker og innsjøer i Romerikssåsene 1989–2014. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus. ISBN 978-82-91143-34-7

## Vedlegg

### V.1 Kalkingsdata: Feilkilder og feilsøking

Kalkingsdataene fra kalkingsdatabasen ble gjennomgått sammen med kontaktpersonen hos Fylkesmannen OA. Kalkmengden tilsatt i hvert vann var omtrent den samme fra år til år, og med dette som utgangspunkt ble følgende feil funnet og rettet opp:

- Dataene for 2003 var lagt inn to ganger og viste derfor dobbel mengde i forhold til årene før og etter.
- De fleste dataene for 2013 viste data for 2013 og 2012 sammenlagt. Her ble dataene for 2012 trukket fra.
- Dataene for Kvernsjøen og Vesle Kvernsjøen i 2010 var byttet om.
- Dataene for Nedre Ringnestjern i Skedsmo i 2012 og Damtjern og Langvatnet i Aurskog–Høland i 2011 var opplagt gale og ble endret til nivået for årene før.
- At Midtskogdammen ble kalket med 100 tonn i 1996, var opplagt galt. Mengden ble satt til 0, da denne lokaliteten ellers var ukalket.

Videre ble det funnet usannsynlig at Himtjern ble kalket med 30–215 tonn i 15 år fra svensk side, pga. størrelsen på vannet og de lave pH-verdiene. Kalkmengdene ble satt til 0.

I kalkingsdatabasen er eksakt dato for kalkingene som regel ikke er oppgitt. I stedet er det oppgitt en “default” dato, men kalkingen er utført over en periode på rundt to uker, gjerne i slutten av juli / begynnelsen av august. Man kan anta at kalkingen er utført etter at alle vårprøver er tatt, og før man begynte å ta høstprøver. Denne antagelsen holder i hvert fall tilbake til begynnelsen av 2000-tallet. I 1999 var det to lokaliteter der kalkingen må ha skjedd før 5. juli; for disse ble vannkjemiprøvene tatt 5. juli flyttet fra før til etter kalking (se nedenfor).

Kalkingsdataene som ble funnet hos NJFF Akershus, lå i flere separate datafiler. Her ble det, ut fra oppgitte pH-verdier, funnet enkelte mangler i kalkingsdataene. Det ble ikke gjort forsøk på å rette opp dette, bortsett fra at enkelte pH-verdier ble utelatt fra analysene fordi de sannsynligvis var respons på kalking som det ikke fantes data for.

I perioden 1995–1997 var det overlappende data i kalkingsdatabasen og dataene fra NJFF Akershus ved Romeriksåsenes Fiskeadministrasjon. Der det var uoverensstemmelse mellom disse dataene, ble dataene fra RFA brukt.

Stedsangivelsene i de gamle datafilene var i noen tilfeller gale eller mangelfulle. Der det var mulig, ble rett lokalitet satt inn. I motsatt tilfelle ble kalkingsdataene og de tilhørende pH-verdiene ikke tatt med i analysene. I kalkingsdatabasen var det et “Damtjern” som i virkeligheten heter Kutjern/Korstjern, og et “Damtjern” med gale koordinater. For øvrig var alle lokalitetene i Gjerdrum lagt inn under Ullensaker.

### V.2 Vannprøver: Feilkilder og feilsøking

Vannkjemidataene var samlet inn over mange år, og analysene var gjort av forskjellige laboratorier. Noen av dataene var lagt inn med en annen benevnelse enn det som er standard i dag; dette kom

fram av sprang i dataene med en økning på 10–1000 ganger de tidligere verdiene, og stemte med tidligere bruk av andre benevninger. Det ble også funnet enkeltverdier som opplagt måtte være gale da de klart brøt med de andre målingene for lokaliteten. Følgende feil ble funnet og rettet:

#### *pH*

Det var registrert svært lav pH-verdi for de kalkrike sjøene Gjellumvannet, Sems vann, Verkensvannet og Bondivann for 2016. I Øyangen og Langvann (002-41202) var det registrert svært lav pH-verdi for november 2015. I Aurset var det registrert svært lav verdi for 2005. Alle disse verdiene ble utelatt fra analysen.

#### *Alkalitet*

Enkelte alkalitetdata var tusen ganger høyere enn de andre dataene for lokaliteten. Alkalitet regnes i mekv/L, men det har tidligere også blitt brukt  $\mu\text{ekv/L}$ . Kalsiumnivåene, som er sterkt korrelerte med alkalitet, bekreftet at benevningen var gal. Disse verdiene ble delt på tusen.

#### *ANC*

Der det manglet data for ANC, men forelå data for ionekonsentrasjoner, ble ANC beregnet ved følgende formel<sup>10</sup>:

$$\text{ANC} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] - [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{NO}_3^-] - [\text{Cl}^-]$$

der [] = konsentrasjon i  $\mu\text{ekv/L}$ , dvs.  $\mu\text{mol/L} \cdot$  ionets ladning.

#### *Konduktivitet*

I en del lokaliteter viste konduktivitetdataene sprang på rundt en størrelsesorden. Konduktivitet regnes i mS/m, men det har tidligere også blitt brukt  $\mu\text{S/cm}$ . Disse dataene ble delt på 10. Verdiene 0,1 og 0 var opplagt gale og ble fjernet.

#### *Tid og sted*

I de gamle datafilene fra NJFF Akershus var det enkelte problemer med stedsangivelsene (se ovenfor). Der det ikke var mulig å avgjøre hvilken lokalitet dataene gjaldt, ble de utelatt fra videre analyser. Det ble også utelatt noen pH-målinger der det er uklart om målingen ble gjort før eller etter kalking, eller der de sannsynligvis var respons på kalking som ikke var registrert.

Det ble også funnet at en vannprøve var lagt inn på galt lokalitetsnummer: Svartputt i Romeriksåsene, lokalitetsnummer 002-39282 september 2017, med pH på 8 og alkalitet på 2,9 osv. Oppdragsgiver for analysen stemmer ikke med området. Alle data fra denne vannprøven ble fjernet.

For de to lokalitetene Kjøltertjern (001-38777) og Åsnessætertjernet (001-38786) ble dataene for juli 1999 flyttet til august 1999 da de utfra pH-verdiene opplagt var tatt etter kalking.

---

<sup>10</sup> Reuss, J. O. og Johnson, D. W. 1986. Acid deposition and the acidification of soils and waters. Ecological Studies (Vol. 59), Springer-Verlag, New York

### V.3 Transformasjoner

De fleste parametrene er gitt som konsentrasjoner av stoffet i vannet. Når man skal analysere data statistisk, er dette ofte en uegnet skala, fordi en endring i konsentrasjon har mye større effekt dersom den i utgangspunktet var liten, enn om den var stor. Dette problemet kan man løse ved å transformere dataene.

Korrelasjonsplott av uttransformerte data ga sterkt ikke-lineære sammenhenger mellom parametrene. For hver parameter ble det valgt en transformasjon som ga den mest rettlinjede sammenhengen med de andre, samt minst "luft" på den ene eller andre enden av skalaen.

Det ble valgt logaritmisk transformasjon av alkalitet, kalsium, ANC, aluminium, konduktivitet og turbiditet, med 10 som grunntall. (pH er allerede den log-transformerte konsentrasjonen av H<sup>+</sup>-ioner.) For eksempel ga log-transformasjon av alkalitetdata en rettlinjert og sterk sammenheng med pH. Med andre ord, små endringer i lave alkalitetdata har stor effekt på pH. Log-transformasjon gjør at disse endringene får samme vekt som store endringer i store verdier, som har tilsvarende effekt på pH.

For alkalitet, kalsium, ANC og aluminium ble det lagt til hhv. 0,01, 0,01, 30 og 1 før log-transformasjon, for å unngå å ta logaritmen av tallet 0 eller negative verdier (ni verdier av ANC), og for å komprimere skalaen der det ble mye "luft" mellom dataene.

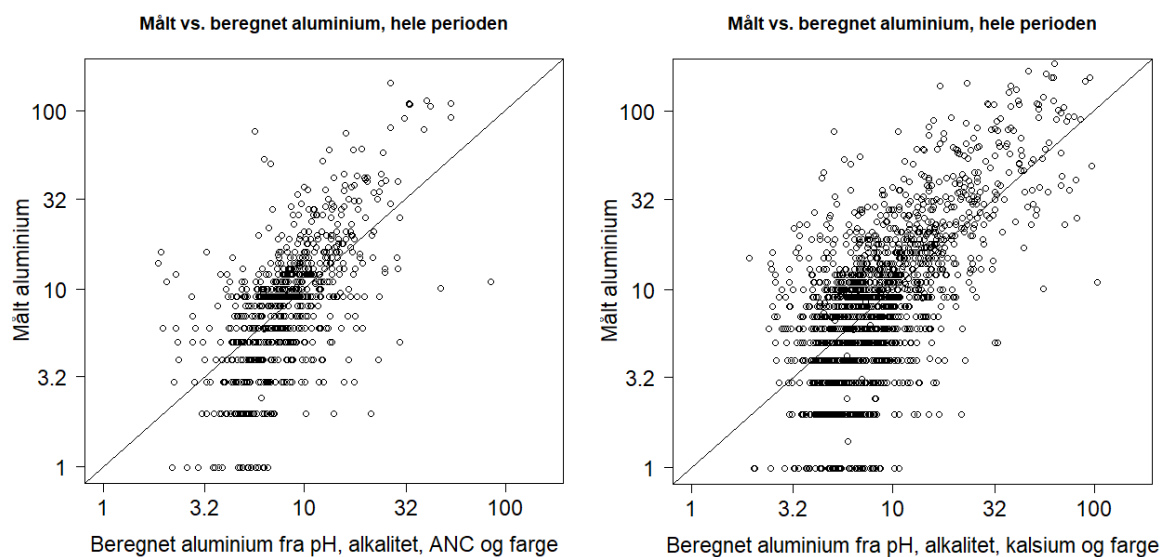
For farge og totalt organisk karbon ble det valgt å transformere vha. kvadratroten.

### V.4 Labilt aluminium

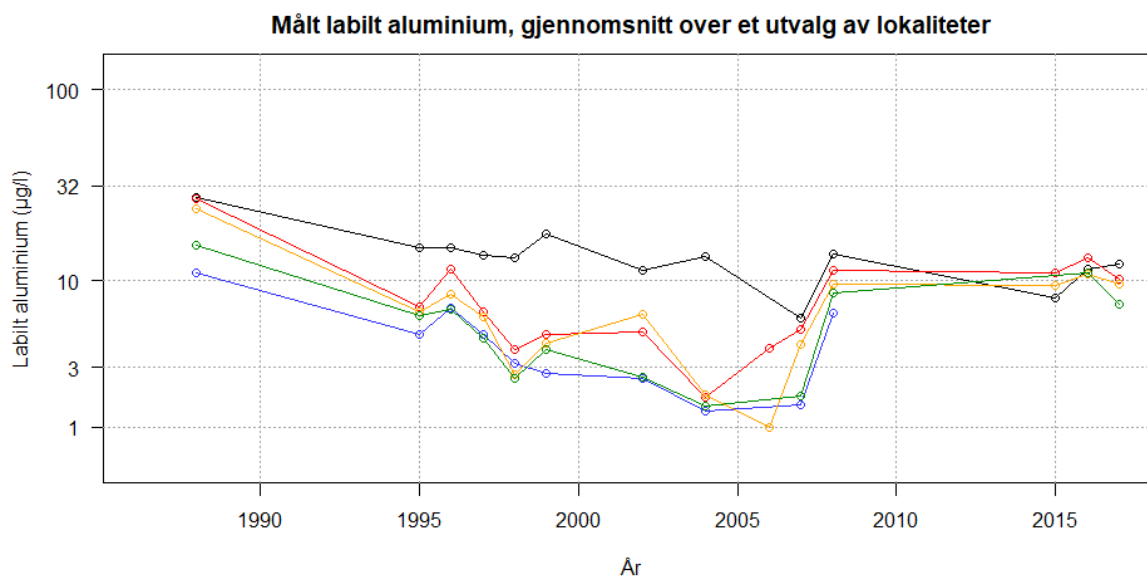
Det ble lagd regresjonsmodeller der labilt aluminium ble forsøkt forklart av de andre parametrene i kombinasjon. Det viste seg imidlertid vanskelig å avgjøre hvilken kombinasjon som forklarte dataene best, da antallet datapunkter som var med i analysen, påvirket hvilken modell som kom best ut (basert på *p*-verdiene til parametrene). Det var derfor uklart hvilke parametre som best forklarte labilt aluminium. Oftest var pH, alkalitet/ANC og farge/TOC med i modellen, men ofte også kalsium.

Det ble lagd scatterplott av de målte aluminiumverdiene mot beregnede verdier fra to av modellene (figur V.1). Korrelasjonen var bedre enn mellom aluminium og de andre parametrene hver for seg, men fortsatt mye dårligere enn mellom f.eks. pH og alkalitet.

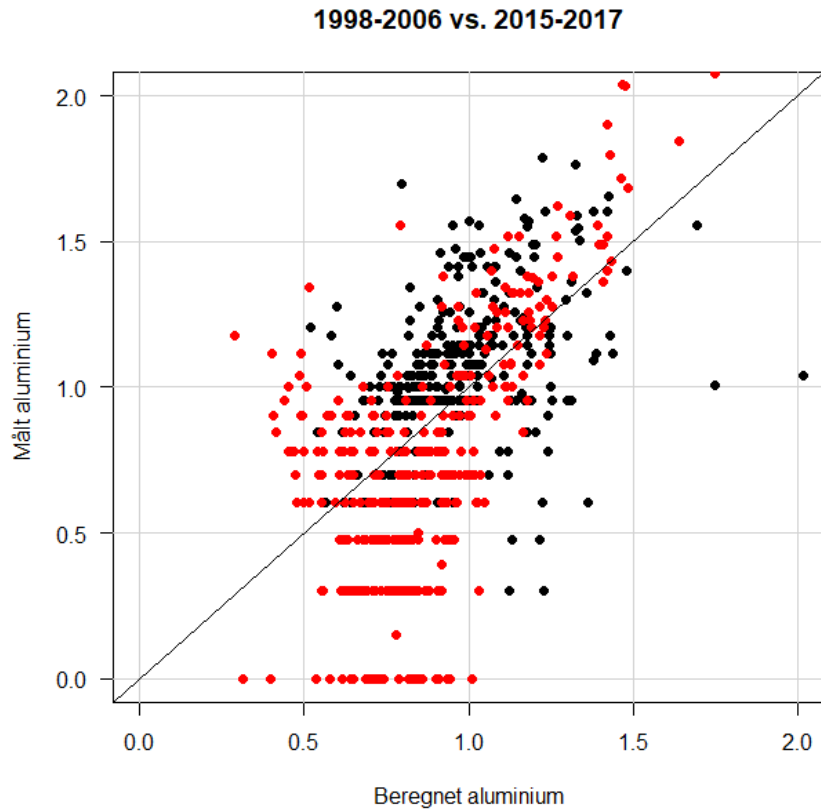
Tidsutviklingen i beregnede verdier (figur 11b i hovedteksten) er basert på et mindre utvalg lokaliteter fordi det ikke alltid fantes data for kalsium og farge. En sammenligning mellom målte og beregnede verdier bør derfor gjøres med det samme utvalget lokaliteter. Tidsutviklingen i målte verdier i det samme utvalget (figur V.2) viser lavere nivåer mellom 1998 og 2006, som ikke gjenfinnes i utviklingen i beregnede verdier. Dette kan tyde på systematiske feil i denne perioden. Forskjellen mellom målte og beregnede verdier ble undersøkt nærmere vha. et scatterplott (figur V.3), som viser at målingene gjort i 1998–2006 oftast var lavere enn de beregnede verdiene, mens målingene gjort i 2015–2017 oftast var høyere. (Modellen er basert på alle dataene, og beregningene er derfor en middelværdi mellom de høye nivåene i begynnelsen og slutten av perioden og det lave nivået midt i.) Resultatet var statistisk signifikant med  $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$  ved Fishers eksakte test. Scatterplottet viser også at det er stor spredning i dataene innad i de to periodene; den uforklarte variasjonen i dataene blir dermed ikke særlig redusert om man korregerer for tidsperiode.



Figur V.1. Målinger av labilt aluminium plottet mot beregnede verdier fra to regresjonsmodeller. Til venstre: pH, alkalitet, ANC og farge. Til høyre: pH, alkalitet, kalsium og farge. Punkter der beregnet verdi er omtrent lik målt verdi, ligger nær diagonalen.



Figur V.2. Tidsutvikling i målte verdier av labilt aluminium, der utvalget av lokaliteter er det samme som for beregnet aluminium (figur 11b).

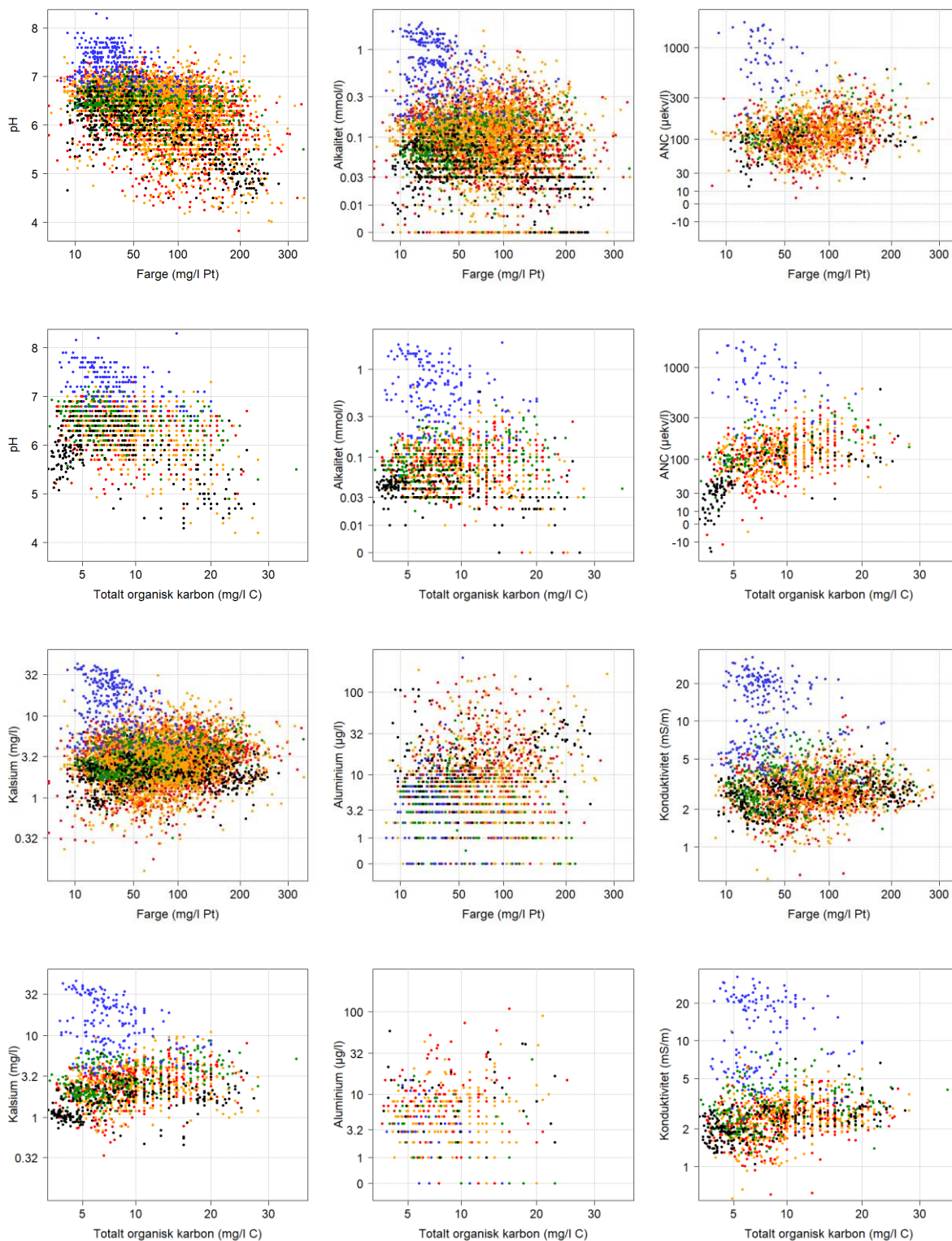


Figur V.3. Målinger av labilt aluminium plottet mot beregnede verdier basert på pH, alkalitet, kalsium og farge, for 1998–2006 (røde punkter) og 2015–2017 (sorte punkter). De målingene som er høyere enn beregnet verdi, vises med punkter over diagonalen, mens de målingene er lavere, vises med punkter under diagonalen. Målingene i 1998–2006 er oftest lavere enn beregnet verdi (232 mot 131), mens målingene i 2015–2017 oftest er høyere (246 mot 87). Dette sannsynliggjør at måleverdiene i 1998–2006 er gjennomgående for lave, eller at verdiene i 2015–2017 (og før 1998) er gjennomgående for høye.



## V.5 Samvariasjon mellom farge, totalt organisk karbon og de andre parametrene

Samvariasjonen mellom farge, totalt organisk karbon og de andre parametrene er vist i figur V.4. For turbiditet, se neste underkapittel.

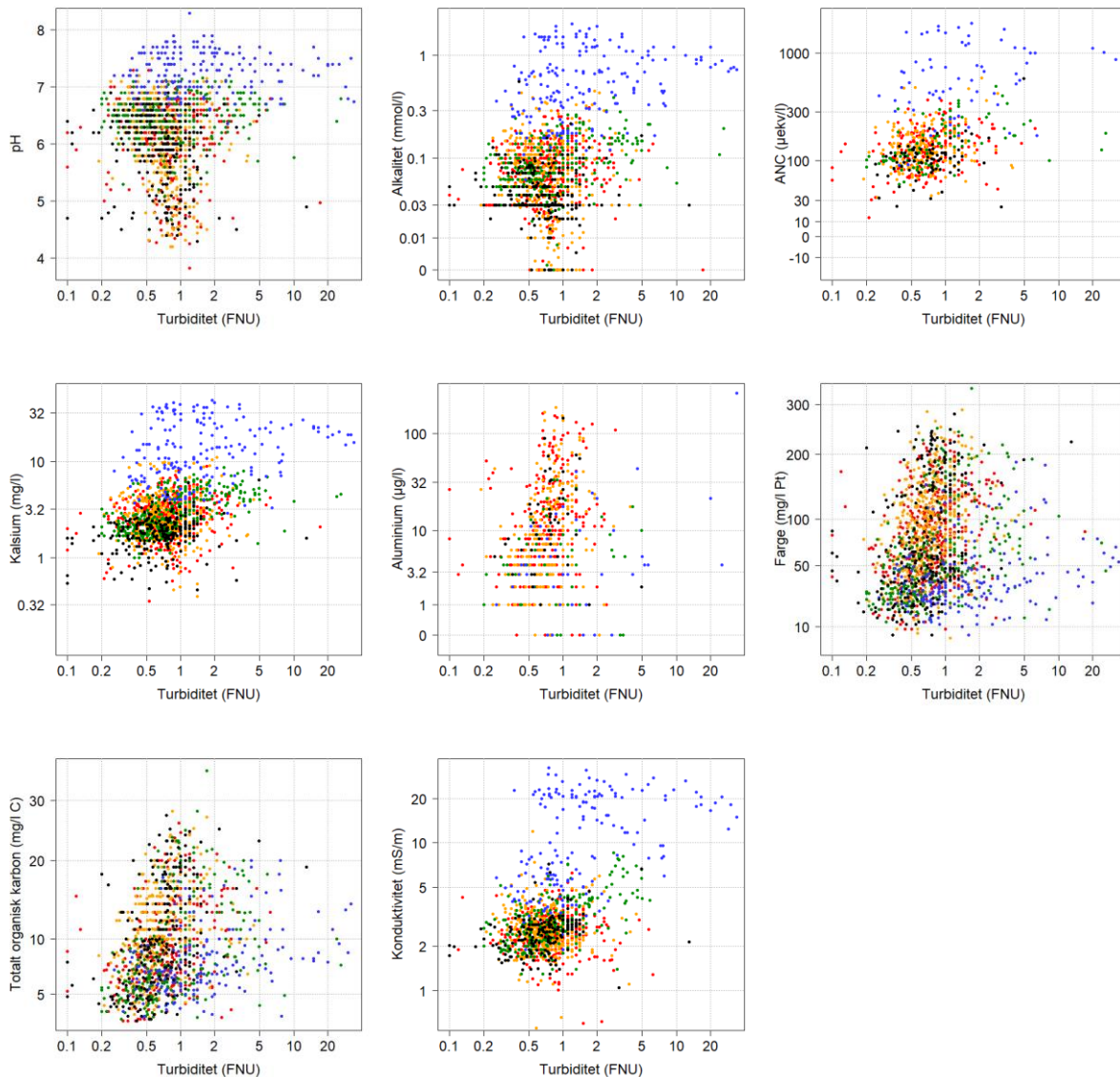


Figur V.4. Målinger av vannets farge og totalt organisk karbon plottet mot pH, alkalitet, kalsium, ANC, labilt aluminium og konduktivitet (hvert punkt tilsvarende en vannprøve). Fargekode som i figur 2.

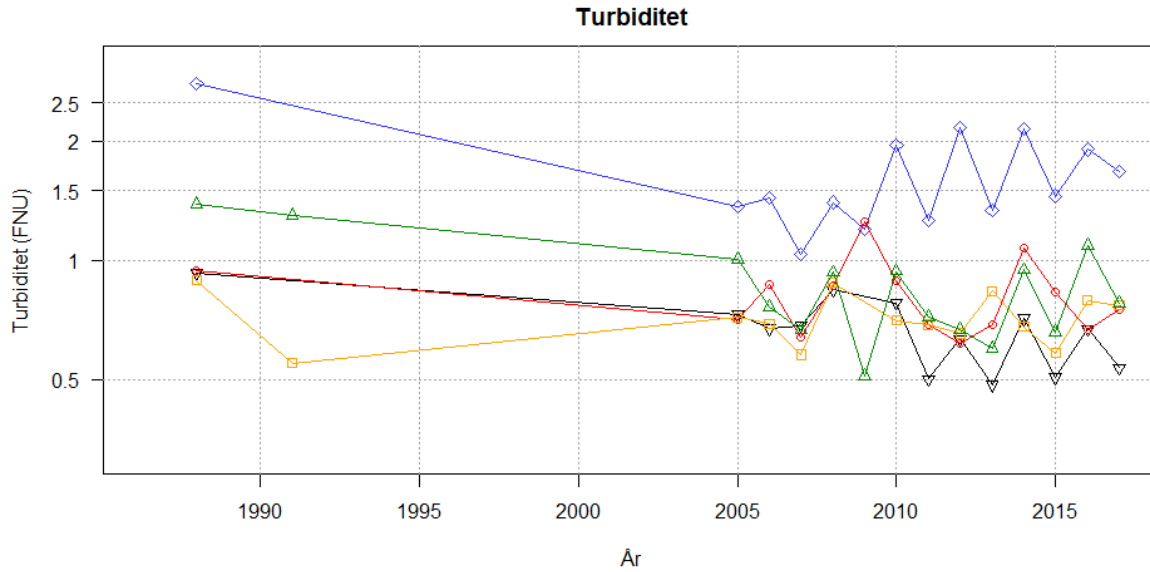
## V.6 Turbiditet

Det er rundt 1800 målinger av turbiditet i datamaterialet. Målingene ble transformert med logaritme.

Det ble ikke funnet noen klar korrelasjon mellom turbiditet og noen av de andre parametrene (se figur V.5). Tidsutviklingen (figur V.6) viser høye verdier i 1988, deretter fluktuasjoner uten noen klar trend. Turbiditet er avhengig av nedbørsmengde og avrenning, og den regnfulle sommeren i 1988 kan forklare de høye verdiene dette året.



Figur V.5. Målinger av turbiditet plottet mot de andre parametrene (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekode som i figur 2.



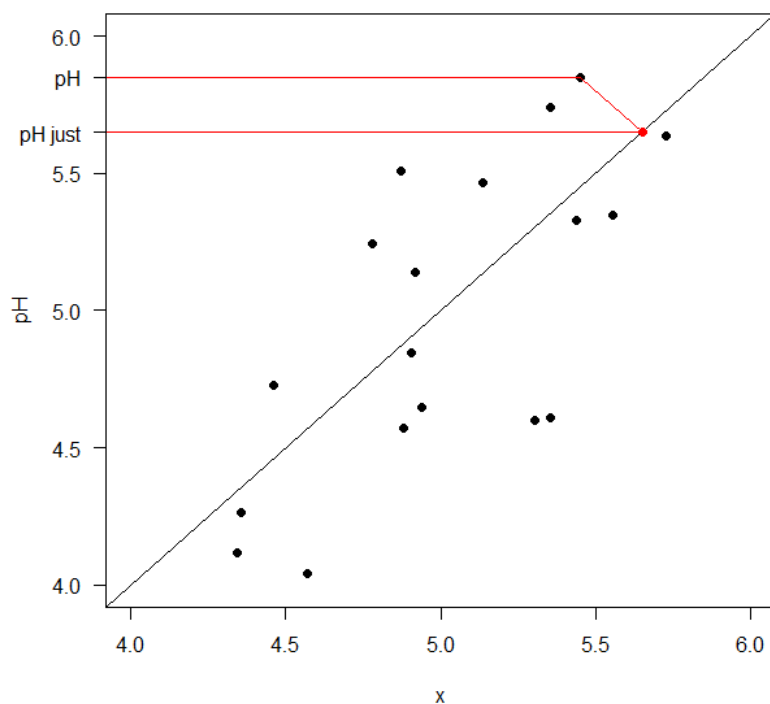
Figur V.6 Utviklingen i turbiditet. Fargekoden er som i figur 2.

## V.7 PCA

Prinsippkomponentanalyse (PCA) er en geometrisk metode for å beskrive variasjonen i et data-materiale med flere parametre. I den enkleste formen, men bare to parametre, kan den sees på som et korrelasjonsplott med en linje tegnet på skrå gjennom punktskyen slik at linjen best beskriver samvariasjonen mellom parametrene. Denne linjen vil kalles første prinsippkomponent. Har man tre parametre, får man en punktsky i rommet (tre dimensjoner), og linjen trekkes gjennom den ovale punktskyen på langs.

I denne sammenstillingen er PCA brukt til å justere pH-verdiene i datamaterialet. Følgende illustrerer hvordan dette er gjort (figur V.7): Alle verdier av pH, alkalitet og ANC settes opp i et romlig korrelasjonsplott, der hvert punkt tilsvarer en vannprøve. En linje trekkes gjennom punktskyen på langs (første prinsippkomponent). Så projiseres alle punktene ned på denne linjen. Disse nye punktene kan sees på som verdier av en ny forsuringsparameter som er en kombinasjon av de tre opprinnelige. For at dette skal uttrykkes på pH-skala, må punktene på linjen igjen projiseres bort på pH-aksen. Dette er de justerte pH-verdiene, som oftest ligger nær de opprinnelige.

I de tilfellene hvor det manglet måling av alkalitet eller ANC, ble det gjort PCA på kun to parametre. Alkalitetsdata som var satt lik deteksjonsgrensene på 0,03 og 0,02, samt verdier lik 0, ble fjernet pga. den store usikkerheten de genererer.



Figur V.7. Illustrasjon av metoden. Her er det brukt pH og en tenkt parameter  $x$ . pH-verdien markert på pH-aksen blir justert vha. den andre parameteren ved at man projiserer det aktuelle punktet ned på den diagonale linjen (kort, rød linje). Dette nye punktet blir deretter projisert tilbake til pH-aksen.

## V.8 Liste over alle lokaliteter. Reforsuring

Alle vannlokalitetene som er med i denne rapporten, er oppgitt i tabell V.1. For lokaliteter der det finnes data på flere lokalitetsnumre, se tabell V.2.

Den utarbeidede metoden for å undersøke mulig reforsuring er som følger: Ta målinger fra lokaliteten ett, to eller tre år. (Det er viktig å ta prøvene omtrent på samme tid på året som man har pleid å gjøre.) Ta gjennomsnittet av målingene om det er to eller tre år. Bruk tabell V.1 til å se om verdien ligger utenfor den angitte grensen for det aktuelle vannet. Grensene er funnet vha. gjennomsnittet, variansen og tidskorrelasjonen for hver lokalitet, under antakelse om normalfordelte data (ensidig test).

Tabell V.1. Liste over alle lokalitetene med navn og nummer slik de er oppgitt i Vannmiljø, og kommune. Deretter gjennomsnittlig pH i perioden 2002–2018 der det er brukt vårdata der dette er tilgjengelig, ellers høstdata. Så standardavvik og korrelasjonen fra år til år i dataene. Til slutt grenser for hvor langt pH kan synke innenfor den naturlige variasjonen. For to og tre år gjelder grensene gjennomsnitt over årene.

Lokalitetsnummer	Navn på lokaliteten	Kommune	Gj.snitt	Standard-avvik	Tidskorrelasjon	Ett år	To år	Tre år
001-38776	Butjenna utløp	Aurskog-Høland	6,10	0,32	0,36	5,58	5,66	5,73
001-38777	Kjøltjern utløp	Aurskog-Høland	6,22	0,18	0,00	5,92	6,01	6,05
001-38785	Steinstjern utløp	Aurskog-Høland	6,24	0,18	0,00	5,95	6,04	6,07
001-38786	Åsnesetertjern utløp	Aurskog-Høland	5,74	0,39	0,36	5,10	5,21	5,29

## Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

001-38787	Aurdypilen utløp	Aurskog-Høland	6,08	0,38	0,00	5,45	5,64	5,72
001-38788	Auretjern utløp	Aurskog-Høland	6,17	0,27	0,00	5,72	5,85	5,91
001-38789	Store Auretjern utløp	Aurskog-Høland	6,42	0,17	0,35	6,15	6,19	6,23
001-38791	Damtjern utløp	Aurskog-Høland	6,17	0,24	0,00	5,78	5,89	5,94
001-38792	Dyntjernet utløp	Aurskog-Høland	6,75	0,19	0,00	6,44	6,53	6,57
001-38793	Garsjøen store utløp	Aurskog-Høland	6,41	0,14	0,00	6,17	6,24	6,27
001-38794	Hallangen utløp	Aurskog-Høland	6,44	0,16	0,00	6,18	6,25	6,29
001-38795	Halloren store utløp	Aurskog-Høland	6,47	0,21	0,00	6,12	6,23	6,27
001-38796	Store Hellingstjern, utløp	Aurskog-Høland	6,17	0,44	0,00	5,44	5,65	5,74
001-38797	Holmetjern utløp	Aurskog-Høland	6,67	0,22	0,00	6,31	6,41	6,46
001-38800	Lyseren utløp	Aurskog-Høland	6,36	0,33	0,68	5,81	5,86	5,92
001-38801	Posttjern/Korstjern utløp	Aurskog-Høland	6,18	0,24	0,00	5,79	5,90	5,95
001-38803	Røytjern N utløp	Aurskog-Høland	6,43	0,24	0,00	6,04	6,15	6,21
001-38804	Store Røytjern utløp	Aurskog-Høland	6,02	0,16	0,00	5,76	5,84	5,87
001-38805	Skaratjern utløp	Aurskog-Høland	6,12	0,35	0,39	5,55	5,64	5,71
001-38806	Skåltjern utløp	Aurskog-Høland	5,99	0,26	0,00	5,57	5,69	5,75
001-38809	Svarttjern N utløp	Aurskog-Høland	6,77	0,18	0,00	6,46	6,55	6,59
001-38810	Svarttjern S utløp	Aurskog-Høland	5,85	0,20	-0,31	5,52	5,65	5,70
001-38811	Tasketjern store utløp	Aurskog-Høland	6,57	0,23	0,00	6,18	6,29	6,34
001-38812	Trysjøen utløp	Aurskog-Høland	6,13	0,26	0,65	5,69	5,73	5,78
001-38815	Tunnsjøen utløp	Aurskog-Høland	6,49	0,39	0,00	5,84	6,03	6,12
001-38817	Tvillingtjern utløp	Aurskog-Høland	5,98	0,25	0,60	5,57	5,61	5,66
001-38818	Tævsjøen innløp	Aurskog-Høland	6,55	0,18	0,00	6,25	6,34	6,38
001-38855	Urdvann utløp	Aurskog-Høland	6,55	0,18	0,00	6,25	6,34	6,38
001-38856	Viketjern utløp	Aurskog-Høland	6,10	0,22	0,36	5,74	5,80	5,85
001-38857	Øytjern utløp	Aurskog-Høland	6,73	0,28	0,00	6,26	6,40	6,46
001-38894	Åsvann store utløp	Aurskog-Høland	6,25	0,35	0,00	5,67	5,84	5,91
001-38990	Nordre Røytjern utløp	Aurskog-Høland	6,38	0,27	0,36	5,93	6,01	6,07
001-39313	Skardtjern utløp	Nes	6,26	0,19	0,00	5,94	6,04	6,08
001-39314	Damtjern utløp	Aurskog-Høland	6,64	0,20	0,00	6,32	6,41	6,45
001-39315	Langtjernet	Aurskog-Høland	5,91	0,72	0,00	4,72	5,07	5,22
001-39316	Skjertjernet store utløp	Aurskog-Høland	6,42	0,44	0,00	5,70	5,91	6,00
001-39435	Setten utløp mot Mjermen	Aurskog-Høland	5,78	0,71	0,00	4,60	4,95	5,10
001-39436	Setten ved Meklenborgnabben	Aurskog-Høland	6,52	0,14	0,00	6,29	6,35	6,39
001-39437	Langsjøen store utløp	Aurskog-Høland	6,55	0,14	0,00	6,32	6,38	6,41
001-39447	Holmetjern utløp	Aurskog-Høland	6,62	0,15	0,37	6,38	6,43	6,46
001-39448	Skjebergtjerna nordre utløp	Aurskog-Høland	6,16	0,17	0,70	5,87	5,90	5,93
001-39449	Snartjern utløp	Aurskog-Høland	6,15	0,20	0,62	5,82	5,85	5,89
001-39450	Fugletjern utløp	Aurskog-Høland	6,31	0,17	0,39	6,03	6,08	6,11
001-39464	Flolangen utløp	Nes	5,88	0,28	0,00	5,42	5,55	5,61
001-39477	Svarttjenn utløp	Aurskog-Høland	6,64	0,17	0,00	6,36	6,44	6,48
001-39480	Tævsjøen utløp	Aurskog-Høland	6,07	0,24	0,00	5,67	5,78	5,84
001-39492	Midtskogdammen utløp	Fet	5,89	0,42	0,00	5,19	5,40	5,49
001-41227	Stiktjenn	Aurskog-Høland	6,30	0,25	0,00	5,89	6,01	6,07
001-41458	Langfoss-sjøen utløp	Aurskog-Høland	6,31	0,39	0,40	5,67	5,78	5,85
001-41500	Oppsjøen	Aurskog-Høland	5,81	0,35	0,67	5,24	5,28	5,35

001-41501	Aurset utløp	Aurskog-Høland	5,87	0,22	0,34	5,51	5,57	5,62
001-42061	Korstjern/Kutjern utløp	Aurskog-Høland	6,38	0,22	0,00	6,01	6,12	6,16
001-42062	Aurkyttetjern utløp	Aurskog-Høland	5,85	0,25	0,41	5,44	5,50	5,55
001-42063	Halstjern vestre	Aurskog-Høland	6,37	0,26	0,00	5,95	6,07	6,13
001-42064	Nordre Halstjern v/Røysekollen	Aurskog-Høland	6,31	0,37	0,00	5,71	5,89	5,96
001-42068	Halstjern midtre v/Røysekollen	Aurskog-Høland	6,20	0,31	0,00	5,69	5,84	5,91
001-42069	Halstjerna søndre	Aurskog-Høland	6,17	0,68	0,77	5,05	5,11	5,24
001-42070	Langtjern utløp	Aurskog-Høland	6,39	0,48	0,00	5,60	5,83	5,93
001-42071	Svarttjern utløp	Aurskog-Høland	6,26	0,32	0,00	5,74	5,89	5,96
001-42075	Breidsjøen utløp	Aurskog-Høland	6,08	0,19	0,00	5,77	5,86	5,90
001-42246	Halstjerna nordre utløp v/Ørnekkollen	Aurskog-Høland	5,64	0,61	0,42	4,64	4,83	4,96
001-42247	Halstjerna midtre utløp v/Ørnekkollen	Aurskog-Høland	6,52	0,44	0,42	5,80	5,91	6,00
001-42248	Maltjern utløp	Aurskog-Høland	5,61	0,34	0,65	5,05	5,10	5,17
001-42261	Røyrtjern utløp	Aurskog-Høland	6,13	0,37	0,70	5,53	5,57	5,65
001-42343	Skjertjernet vesle	Aurskog-Høland	5,64	0,44	0,00	4,91	5,13	5,22
001-43162	Langvannet utløp	Aurskog-Høland	6,31	0,16	0,00	6,05	6,12	6,16
001-44187	Svarttjernet utløp	Aurskog-Høland	6,33	0,47	0,00	5,55	5,78	5,88
001-46624	Gulltjernet utløp	Aurskog-Høland	6,15	0,17	0,00	5,87	5,95	5,99
001-46740	Djuptjern utløp	Aurskog-Høland	6,89	0,42	0,85	6,20	6,22	6,30
001-49134	Langtjern, utløp	Aurskog-Høland	6,62	0,25	0,00	6,21	6,33	6,38
001-49155	Mjermen, utløp	Aurskog-Høland	6,45	0,11	0,00	6,28	6,33	6,35
001-49430	Ovrum-damtjernet, utløp	Aurskog-Høland	6,01	0,59	0,00	5,03	5,32	5,45
001-51285	Skardtjennbekken	Nes	6,85	0,07	0,00	6,73	6,77	6,78
002-38895	Fagertjern utløp	Nannestad	6,26	0,38	0,00	5,64	5,82	5,90
002-38897	Krosstjern utløp	Nannestad	6,14	0,57	0,00	5,21	5,48	5,60
002-38899	Vesle Kvernsjøen utløp	Nannestad	6,01	0,39	0,38	5,38	5,48	5,56
002-38903	Langvann utløp	Nannestad	5,86	0,53	0,66	4,99	5,05	5,15
002-38904	Vikka store utløp	Nannestad	6,36	0,19	0,00	6,04	6,14	6,18
002-38905	Tolleftjern utløp	Nannestad	5,98	0,48	0,38	5,19	5,32	5,41
002-38912	Tøltjern nedre utløp	Nannestad	6,05	0,45	0,00	5,30	5,52	5,62
002-38916	Tøltjern øvre utløp	Nannestad	5,87	0,43	0,00	5,16	5,37	5,46
002-38919	Helltjern nedre utløp	Sørum	6,26	0,20	0,00	5,93	6,03	6,07
002-38920	Helltjern øvre utløp	Sørum	6,48	0,14	0,00	6,25	6,32	6,35
002-38935	Byfella utløp	Hurdal	6,32	0,25	0,00	5,91	6,03	6,08
002-38936	Nordre Holsjø utløp	Eidsvoll	6,25	0,27	0,50	5,80	5,86	5,91
002-38937	Holsjøen søndre utløp	Eidsvoll	6,10	0,39	0,00	5,46	5,64	5,73
002-38938	Kinna utløp	Hurdal	6,47	0,20	0,00	6,14	6,23	6,28
002-38939	Lomtjern utløp	Hurdal	6,44	0,22	0,00	6,08	6,19	6,23
002-38940	Krafttjern utløp	Hurdal	6,41	0,19	0,00	6,10	6,19	6,23
002-38941	Rakkertjern utløp	Hurdal	6,58	0,18	0,27	6,29	6,35	6,39
002-38942	Svartputten utløp	Hurdal	6,39	0,17	0,00	6,11	6,19	6,23
002-38945	Rottjern utløp	Enebakk	5,80	0,42	0,00	5,11	5,32	5,41
002-38949	Bøltjern utløp	Fet	6,64	0,17	0,00	6,36	6,44	6,48
002-38951	Langtjern utløp	Fet	6,46	0,23	0,00	6,08	6,19	6,24
002-38953	Orloktjern utløp	Fet	6,35	0,29	0,00	5,88	6,02	6,08
002-38955	Åbortjern utløp	Fet	6,51	0,24	0,00	6,12	6,23	6,29

## Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

002-38957	Agavatnet utløp	Eidsvoll	6,62	0,18	0,61	6,32	6,37	6,40
002-38959	Byua store utløp	Eidsvoll	6,65	0,17	0,49	6,37	6,41	6,44
002-38961	Byua vesle utløp	Eidsvoll	6,74	0,15	0,00	6,49	6,56	6,60
002-38962	Storvatnet utløp	Eidsvoll	6,41	0,16	0,00	6,15	6,23	6,26
002-38963	Morttjern nordre utløp	Eidsvoll	6,78	0,27	0,00	6,33	6,46	6,52
002-38964	Morttjern søndre utløp	Eidsvoll	6,50	0,26	0,00	6,07	6,20	6,25
002-38965	Abbotjern utløp	Hurdal	6,60	0,39	0,00	5,95	6,14	6,22
002-38966	Auretjern utløp	Hurdal	6,12	0,36	0,42	5,53	5,63	5,70
002-38967	Bergevatn utløp	Hurdal	6,58	0,20	0,00	6,25	6,35	6,39
002-38968	Bjørnåstjern utløp	Hurdal	6,48	0,18	0,00	6,18	6,27	6,31
002-38969	Bjørtomtjern utløp	Hurdal	6,50	0,26	0,00	6,06	6,19	6,25
002-38970	Daltjern utløp	Hurdal	6,14	0,44	0,00	5,42	5,64	5,73
002-38971	Damtjern utløp	Hurdal	6,31	0,35	0,47	5,73	5,82	5,89
002-38973	Fåttjern utløp	Hurdal	6,32	0,54	0,00	5,43	5,69	5,80
002-38974	Geitryggjernet utløp	Hurdal	5,85	0,58	0,00	4,89	5,17	5,30
002-38975	Glasbergstjern utløp	Hurdal	6,30	0,47	0,00	5,53	5,75	5,85
002-38976	Haketjern utløp	Hurdal	6,66	0,36	0,00	6,06	6,23	6,31
002-38977	Heggetjern utløp	Hurdal	6,40	0,17	0,00	6,12	6,20	6,24
002-38978	Malsjøen utløp	Hurdal	6,20	0,46	0,65	5,45	5,54	5,63
002-38979	Midttjern utløp	Hurdal	6,68	0,26	0,00	6,25	6,38	6,43
002-38980	Nysætertjern utløp	Hurdal	6,59	0,93	0,69	5,06	5,19	5,37
002-38981	Osttjern utløp	Hurdal	6,29	0,26	0,49	5,85	5,92	5,97
002-38984	Rundtjern utløp	Hurdal	6,03	0,57	0,00	5,08	5,36	5,48
002-38985	Rødsteinstjern utløp	Hurdal	6,37	0,47	0,40	5,60	5,75	5,84
002-38986	Svarttjern utløp	Hurdal	6,44	0,31	0,49	5,93	6,01	6,07
002-38987	Vesttjern/Nordtjern utløp	Hurdal	6,28	0,37	0,75	5,67	5,70	5,77
002-38988	Svartungen vesle utløp	Hurdal	6,58	0,16	0,00	6,32	6,39	6,43
002-38989	Volltjern utløp	Østre Toten	6,65	0,27	0,00	6,20	6,33	6,39
002-38992	Birtjern utløp	Lørenskog	6,19	0,25	0,00	5,78	5,90	5,95
002-38997	Endtjernet utløp	Lørenskog	6,45	0,40	0,00	5,79	5,98	6,07
002-39001	Holmetjern utløp	Oslo	6,33	0,17	0,62	6,05	6,08	6,12
002-39002	Huketjern vestre utløp	Rælingen	6,64	0,36	0,69	6,05	6,09	6,16
002-39003	Huketjern østre utløp	Rælingen	6,32	0,49	0,00	5,52	5,76	5,86
002-39014	Puttjern nordre utløp	Oslo	6,19	0,21	0,00	5,84	5,94	5,99
002-39015	Puttjern søndre utløp	Oslo	6,31	0,19	0,00	5,99	6,08	6,12
002-39018	Skårupputten utløp	Lørenskog	6,36	0,28	0,00	5,90	6,04	6,10
002-39166	Nordre Tretjern utløp	Oslo	5,88	0,28	0,00	5,43	5,56	5,62
002-39172	Øyvannet øvre utløp	Oslo	6,52	0,19	0,00	6,21	6,30	6,34
002-39173	Nordre Bakkholtjern utløp	Nittedal	6,30	0,23	0,00	5,92	6,03	6,08
002-39174	Søndre Bakkholtjern utløp	Nittedal	6,36	0,27	0,00	5,92	6,05	6,10
002-39175	Bellrottjern utløp	Nannestad	6,15	0,29	0,00	5,67	5,81	5,87
002-39176	Bergtjern utløp	Nannestad	5,99	0,44	0,00	5,26	5,47	5,57
002-39177	Bjertnessjøen utløp	Nannestad	6,28	0,21	0,00	5,94	6,04	6,08
002-39178	Blekketjern utløp	Nannestad	5,92	0,30	0,00	5,42	5,56	5,63
002-39179	Botnetjern utløp	Nannestad	6,34	0,21	0,00	5,99	6,09	6,14
002-39180	Breidsortungen utløp	Nannestad	6,30	0,27	0,00	5,86	5,99	6,05

002-39182	Vestre Buvann utløp	Nannestad	6,51	0,22	0,00	6,16	6,26	6,31
002-39183	Østre Buvann utløp	Nannestad	6,54	0,17	-0,74	6,26	6,38	6,43
002-39184	Buvatnet utløp	Gjerdrum	6,38	0,31	-0,48	5,87	6,13	6,22
002-39185	Damsortungen utløp	Nittedal	6,32	0,26	0,00	5,89	6,01	6,07
002-39186	Djupøyungen utløp	Nannestad	6,78	0,15	0,00	6,54	6,61	6,64
002-39187	Dretnetjernet utløp	Gjerdrum	6,27	0,38	0,00	5,64	5,82	5,90
002-39188	Elsjøane lille utløp	Nannestad	6,59	0,16	0,00	6,33	6,40	6,44
002-39189	Elsjøane store utløp	Nannestad	6,51	0,17	0,00	6,24	6,32	6,35
002-39190	Fagertjern utløp	Nannestad	6,59	0,34	0,68	6,02	6,07	6,13
002-39191	Flabben utløp	Gjerdrum	6,65	0,20	0,00	6,32	6,42	6,46
002-39192	Flatnertjern nordre utløp	Nannestad	6,44	0,19	0,99	6,13	6,19	6,23
002-39193	Flatnertjern søndre utløp	Nannestad	6,41	0,21	0,00	6,06	6,17	6,21
002-39194	Grimstjern utløp	Nannestad	6,14	0,40	0,00	5,48	5,67	5,76
002-39195	Grønputt utløp	Nannestad	6,15	0,60	0,00	5,16	5,45	5,58
002-39196	Grøssåkerputten utløp	Nannestad	6,33	0,50	0,00	5,51	5,75	5,86
002-39197	Guriputten utløp	Nannestad	6,54	0,22	0,00	6,18	6,29	6,34
002-39198	Hakkimtjernet utløp	Nittedal	6,53	0,27	0,25	6,09	6,20	6,25
002-39200	Helletjernet utløp	Nannestad	6,61	0,29	0,77	6,13	6,24	6,30
002-39201	Herretjern vestre utløp	Nannestad	6,42	0,16	-0,42	6,15	6,27	6,31
002-39202	Herretjern østre utløp	Nannestad	6,34	0,39	-0,68	5,71	6,02	6,13
002-39203	Joputten utløp	Nannestad	6,35	0,28	0,00	5,89	6,02	6,08
002-39204	Kløyvningstjern utløp	Nannestad	6,61	0,22	0,41	6,25	6,30	6,34
002-39205	Kroktjernet utløp	Nannestad	6,23	0,47	0,72	5,45	5,50	5,59
002-39206	Kolsjøen utløp	Nannestad	6,23	0,21	0,00	5,89	5,99	6,03
002-39207	Kroktjern utløp	Nannestad	6,43	0,35	0,00	5,85	6,02	6,09
002-39208	Krustjernet utløp	Gjerdrum	6,27	0,14	0,00	6,03	6,10	6,13
002-39209	Kuletjern midtre utløp	Nannestad	6,01	0,38	0,00	5,39	5,57	5,65
002-39210	Kuletjern vestre utløp	Nannestad	5,92	0,54	0,00	5,04	5,30	5,41
002-39211	Kuletjern østre utløp	Nannestad	6,43	0,55	0,00	5,52	5,79	5,90
002-39212	Kålpotten utløp	Nannestad	6,30	0,35	0,00	5,73	5,90	5,97
002-39213	Langevann nordre utløp	Nannestad	6,43	0,45	0,59	5,69	5,75	5,84
002-39214	Langvann søndre utløp	Nannestad	6,23	0,32	0,44	5,71	5,78	5,84
002-39215	Langvann utløp	Gjerdrum	6,33	0,20	0,00	6,00	6,09	6,14
002-39217	Låketjernet utløp	Nannestad	6,21	0,23	0,00	5,82	5,94	5,99
002-39218	Magnhildputten utløp	Nannestad	6,31	0,42	0,00	5,62	5,82	5,91
002-39219	Malerputten utløp	Nannestad	5,65	0,50	0,00	4,83	5,07	5,17
002-39220	Mårratjern utløp	Gjerdrum	6,15	0,63	-0,86	5,11	5,89	-
002-39221	Ovatna nordre utløp	Gjerdrum	6,55	0,23	0,00	6,18	6,29	6,34
002-39222	Ovatna søndre utløp	Gjerdrum	6,69	0,19	0,00	6,38	6,47	6,51
002-39223	Piperen utløp	Nittedal	6,03	0,33	0,00	5,49	5,65	5,72
002-39224	Piperfløyta utløp	Nittedal	6,01	0,29	0,00	5,53	5,67	5,73
002-39225	Prestkona utløp	Nannestad	6,11	0,49	0,00	5,31	5,54	5,65
002-39226	Vestre Roligtjern utløp	Nannestad	6,21	0,29	0,00	5,74	5,88	5,94
002-39227	Roligtjern søndre utløp	Nannestad	6,02	0,43	0,00	5,31	5,52	5,61
002-39228	Rundetjern utløp	Gjerdrum	6,48	0,29	0,00	6,01	6,15	6,21
002-39230	Ryggevann søndre utløp	Nittedal	6,38	0,15	0,00	6,13	6,21	6,24



## Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

002-39233	Skjellbreia utløp	Nannestad	6,66	0,15	0,00	6,41	6,48	6,52
002-39234	Skutetjern nord utløp	Gjerdrum	6,36	0,30	0,00	5,86	6,01	6,07
002-39235	Skutetjern syd utløp	Gjerdrum	6,30	0,26	0,00	5,87	5,99	6,05
002-39236	Smalsortungen utløp	Nannestad	6,40	0,20	0,00	6,07	6,16	6,21
002-39237	Snellingen store utløp	Lunner	6,29	0,43	0,78	5,59	5,62	5,70
002-39238	Spikertjernet utløp	Gjerdrum	6,03	0,26	0,00	5,60	5,72	5,78
002-39239	Steinsortungen utløp	Nittedal	6,52	0,23	0,00	6,15	6,26	6,31
002-39278	Sætertjernet utløp	Nittedal	6,01	0,48	0,00	5,22	5,45	5,55
002-39279	Stråsjøen utløp	Gjerdrum	6,25	0,16	0,00	5,99	6,07	6,10
002-39280	Stubbetjern utløp	Nannestad	6,26	0,52	0,00	5,40	5,65	5,76
002-39281	Stårsjøen utløp	Nannestad	6,32	0,16	0,00	6,05	6,13	6,17
002-39282	Svartputt utløp	Nannestad	6,72	0,64	0,00	5,67	5,98	6,11
002-39283	Svartvann utløp	Nittedal	6,48	0,20	0,00	6,15	6,24	6,29
002-39284	Svarttjern utløp	Nannestad	6,14	0,27	0,00	5,70	5,83	5,89
002-39285	Sølvttjern utløp	Nannestad	6,35	0,26	0,00	5,92	6,04	6,10
002-39286	Tangetjern utløp	Nannestad	6,23	0,30	0,00	5,75	5,89	5,95
002-39287	Tjertjernet utløp	Nannestad	6,60	0,22	0,00	6,24	6,34	6,39
002-39288	Tollevtjern utløp	Nannestad	6,24	0,49	0,00	5,44	5,67	5,78
002-39289	Torestjern utløp	Nannestad	5,84	0,42	0,00	5,15	5,35	5,44
002-39290	Trestikka utløp	Nannestad	6,43	0,16	0,00	6,16	6,24	6,27
002-39291	Søndre Tvekjeller utløp	Nittedal	6,43	0,35	0,44	5,86	5,95	6,02
002-39292	Nordre Ulvedalstjern utløp	Gjerdrum	6,58	0,21	-0,58	6,22	6,40	6,45
002-39293	Søndre Ulvedalstjern utløp	Gjerdrum	6,51	0,21	-0,63	6,16	6,33	6,39
002-39294	Vardåstjernet utløp	Nannestad	6,33	0,31	0,00	5,82	5,97	6,04
002-39295	Buvann utløp	Nittedal	6,36	0,25	0,41	5,95	6,02	6,07
002-39296	Vrangen utløp	Nittedal	6,26	0,36	0,41	5,66	5,77	5,85
002-39297	Åbortjern utløp	Nittedal	6,37	0,22	0,00	6,00	6,11	6,16
002-39298	Fiskeløysa utløp	Rælingen	6,65	0,31	0,00	6,13	6,29	6,35
002-39299	Langvatn utløp	Rælingen	6,42	0,28	-0,45	5,97	6,16	6,23
002-39300	Mørkåstjern utløp	Rælingen	6,47	0,30	-0,36	5,97	6,19	6,26
002-39302	Trestilen utløp	Rælingen	6,15	0,29	0,00	5,67	5,81	5,87
002-39303	Ringnestjern nedre utløp	Skedsmo	6,47	0,37	0,00	5,86	6,04	6,12
002-39304	Ringnestjern øvre utløp	Skedsmo	6,36	0,37	0,00	5,74	5,92	6,00
002-39305	Bæreggtjernet utløp	Sørum	6,23	0,36	0,00	5,63	5,81	5,89
002-39307	Gørrttjern utløp	Nes	6,47	0,22	0,00	6,12	6,22	6,27
002-39310	Langtjernet utløp	Nes	6,34	0,21	0,00	5,99	6,09	6,14
002-39311	Vestre Tresjøane utløp	Nes	6,42	0,16	0,00	6,16	6,24	6,27
002-39318	Steinsjøen utløp	Nes	6,22	0,39	-0,47	5,58	5,90	6,00
002-39319	Geitsvelta utløp	Nes	5,82	0,35	0,49	5,25	5,32	5,39
002-39320	Andtjern utløp	Nes	6,19	0,31	0,38	5,67	5,76	5,82
002-39321	Butjern utløp	Nes	6,36	0,55	0,00	5,46	5,73	5,84
002-39322	Børtjern nordre utløp	Nes	6,45	0,37	0,45	5,83	5,93	6,01
002-39324	Gørrttjern utløp	Nes	6,00	0,28	-0,33	5,54	5,74	5,81
002-39325	Castortjern utløp	Nes	6,32	0,45	0,51	5,58	5,67	5,76
002-39326	Klartjern utløp	Nes	5,67	0,25	0,00	5,25	5,38	5,43
002-39327	Langtjernet utløp	Nes	6,19	0,21	0,00	5,85	5,95	5,99

002-39328	Langvatnet utløp	Nes	6,43	0,29	0,00	5,95	6,09	6,15
002-39329	Lisbettjern utløp	Nes	6,87	0,28	0,00	6,40	6,54	6,60
002-39330	Nevertjern utløp	Nes	6,03	0,37	0,00	5,42	5,60	5,68
002-39331	Sagstusjøen utløp	Nes	6,18	0,30	0,38	5,68	5,76	5,83
002-39333	Vangtjernet utløp	Nes	6,16	0,58	0,67	5,20	5,27	5,39
002-39334	Lauvtangen utløp	Nittedal	6,35	0,48	0,61	5,56	5,65	5,75
002-39431	Lyseren utløp	Spydeberg	6,98	0,11	0,00	6,79	6,85	6,87
002-39452	Grønnsjøen utløp	Eidsvoll	6,40	0,15	0,37	6,16	6,20	6,23
002-39453	Rynestjernet utløp	Eidsvoll	7,18	0,18	0,00	6,89	6,98	7,01
002-39454	Murua utløp	Nes	5,63	0,42	0,76	4,93	5,08	5,16
002-39456	Rottjernet utløp	Nes	5,22	0,40	0,48	4,56	4,68	4,76
002-39457	Nordbytjernet utløp	Ullensaker	7,60	0,41	-0,71	6,94	7,21	7,31
002-39458	Faltjernet utløp	Nes	5,94	0,55	0,51	5,04	5,17	5,27
002-39460	Børtjern søndre utløp	Nes	6,41	0,40	0,40	5,75	5,86	5,94
002-39482	Abbotjern utløp	Fet	5,72	0,15	0,40	5,48	5,52	5,55
002-39483	Ellingsjøen utløp	Nes	6,63	0,13	0,00	6,42	6,48	6,51
002-39484	Bonntjern	Ullensaker	7,23	0,21	0,00	6,88	6,98	7,03
002-39485	Hvamsetertjern utløp	Ullensaker	6,77	0,29	0,00	6,30	6,44	6,50
002-39486	Hellesjøtjernet utløp	Sørum	6,88	0,16	0,57	6,62	6,65	6,68
002-39487	Faltjernet utløp	Nes	6,44	0,34	0,00	5,88	6,04	6,11
002-39488	Kjennsmotjernet utløp	Nes	6,51	0,23	0,00	6,13	6,24	6,29
002-39489	Steinsjøen utløp	Hurdal	6,41	0,12	0,00	6,22	6,27	6,30
002-39493	Rosstjern utløp	Fet	4,52	0,24	0,00	4,12	4,24	4,29
002-39494	Hersjøen utløp	Østre Toten	6,34	0,20	0,00	6,01	6,11	6,15
002-39504	Trehørningen utløp	Oslo	6,06	0,18	0,00	5,76	5,85	5,89
002-39733	Heia	Fet	6,52	0,17	0,00	6,23	6,32	6,35
002-39734	Tretjernet	Skedsmo	7,15	0,15	0,00	6,90	6,98	7,01
002-39741	Hurdalssjøen	Eidsvoll	6,77	0,10	0,48	6,60	6,63	6,65
002-39755	Tennungen*	Nord-Odal	-	-	-	-	-	-
002-40798	Fjellsjøen	Hurdal	6,49	0,26	0,65	6,07	6,10	6,15
002-40981	Børtervanna	Enebakk	6,56	0,16	0,00	6,29	6,37	6,41
002-41052	Utsjøen	Eidsvoll	6,06	0,31	0,00	5,56	5,71	5,77
002-41057	Honsjøen store utløp	Nannestad	6,39	0,20	0,00	6,05	6,15	6,20
002-41081	Garsjøen utløp	Nes	5,61	0,44	0,74	4,88	4,96	5,05
002-41106	Kvernsjøen	Nannestad	6,29	0,30	0,00	5,80	5,95	6,01
002-41132	Østre Tresjøen	Nes	6,44	0,17	0,00	6,16	6,24	6,28
002-41151	Åmotdammen	Rælingen	6,41	0,18	0,00	6,12	6,20	6,24
002-41202	Langvann, utløp	Oslo	6,00	0,10	0,00	5,84	5,88	5,90
002-41231	Storøyungen utløp	Nannestad	6,63	0,19	0,00	6,31	6,41	6,45
002-41287	Råbjørn	Nannestad	6,32	0,25	0,45	5,91	5,96	6,01
002-41312	Nordre Ryggevann	Nittedal	6,35	0,18	0,00	6,06	6,14	6,18
002-41397	Finnholtsjøen utløp	Nes	6,43	0,22	0,00	6,06	6,17	6,22
002-41502	Mosjøen utløp	Enebakk	6,48	0,17	0,00	6,20	6,28	6,32
002-41503	Råsjøen	Nannestad	6,47	0,22	0,00	6,11	6,21	6,26
002-41594	Øyangen utløp	Hurdal	6,01	0,17	0,00	5,73	5,81	5,85
002-41645	Ramstadsjøen	Rælingen	6,66	0,20	0,00	6,34	6,43	6,47

## Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

002-42072	Langtjern utløp	Eidsvoll	6,58	0,10	0,00	6,41	6,46	6,48
002-42073	Merratjerna søndre	Rælingen	6,38	0,31	0,00	5,86	6,01	6,08
002-42074	Haugspalten	Nittedal	6,34	0,24	0,00	5,95	6,07	6,12
002-42263	Åstjernet utløp	Eidsvoll	6,28	0,31	0,00	5,77	5,92	5,98
002-42265	Dagrosputten utløp	Gjerdrum	6,38	0,44	0,00	5,65	5,86	5,96
002-42266	Svarttjern nordre utløp	Nittedal	6,76	0,19	0,00	6,44	6,54	6,58
002-42267	Svarttjern søndre (Ramndalstjernet) utløp	Nittedal	6,72	0,34	0,00	6,16	6,33	6,40
002-42268	Aurtjern utløp	Nittedal	7,11	0,29	0,00	6,63	6,77	6,83
002-42269	Engelstadstjernet utløp	Nannestad	6,81	0,22	-0,98	6,45	6,60	6,65
002-42270	Gjevtjernet utløp	Nannestad	6,68	0,23	0,00	6,31	6,42	6,47
002-42326	Dalstjernet utløp	Nannestad	6,75	0,20	0,78	6,43	6,48	6,52
002-42327	Trasletjernet utløp	Nannestad	5,98	0,27	0,00	5,54	5,67	5,73
002-42336	Dampiperen utløp	Nannestad	6,02	0,32	0,00	5,49	5,65	5,72
002-42337	Guritjern utløp	Nittedal	5,98	0,45	0,73	5,24	5,31	5,40
002-42338	Tvekjeller nordre utløp	Nannestad	6,51	0,27	0,00	6,06	6,19	6,25
002-42339	Gryta utløp	Rælingen	6,75	0,21	0,00	6,42	6,51	6,56
002-42340	Nessetertjern søndre utløp	Rælingen	6,49	0,20	-0,34	6,15	6,30	6,35
002-42341	Steinsjøen utløp	Nes	5,88	0,76	0,77	4,63	4,81	4,96
002-42342	Asketjern vesle	Nes	6,70	0,16	0,00	6,44	6,51	6,55
002-42344	Abbotjern utløp	Nes	5,98	0,36	0,00	5,39	5,56	5,64
002-42562	Grastjernet utløp	Enebakk	6,00	0,20	0,00	5,67	5,77	5,81
002-43137	Ørfiske utløp	Nittedal	6,30	0,14	-0,53	6,07	6,20	6,24
002-43138	Ørfiske nord	Nittedal	5,89	0,31	0,00	5,38	5,53	5,59
002-43139	Raudsjøen utløp	Enebakk	6,43	0,12	0,00	6,23	6,29	6,32
002-43163	Lauvtjern utløp	Oslo	6,27	0,28	-0,64	5,80	6,06	6,15
002-43164	Mariholtputten utløp	Oslo	6,04	0,25	0,00	5,63	5,75	5,80
002-43654	Svarttjernet utløp	Rælingen	6,42	0,25	0,00	6,01	6,13	6,18
002-43991	Honsjøen vesle	Nannestad	6,23	0,17	0,00	5,95	6,03	6,07
002-44188	Østre Jarsjøen utløp	Aurskog-Høland	6,21	0,29	0,00	5,73	5,87	5,93
002-49286	Svarttjernet utløp	Rælingen	6,42	0,11	0,00	6,24	6,29	6,32
002-49289	Merratjerna utløp	Rælingen	6,44	0,27	0,00	6,00	6,13	6,19
002-49290	Myrdammen utløp	Rælingen	6,61	0,16	0,00	6,35	6,43	6,46
002-49295	Morttjernet utløp	Rælingen	6,17	0,18	0,00	5,87	5,96	6,00
002-51252	Ørfiske gårdsbekk	Nittedal	4,51	0,15	0,00	4,26	4,34	4,37
002-51253	Delebekken tilløp Langvatn	Oslo	4,95	0,50	0,00	4,13	4,37	4,48
002-51254	Ørfiske tilløpsbekk Langedalsvannet	Nittedal	6,79	0,16	0,00	6,52	6,60	6,64
002-51273	Nilsstuåa tilløpsbekk Sagstusjøen	Nes	6,46	0,09	0,00	6,31	6,35	6,37
002-51288	Langselva tilløpsbekk Øyangen	Gran	5,89	0,34	0,00	5,33	5,49	5,57
002-56203	Henrikstjernet	Nittedal	6,24	0,66	0,00	5,15	5,47	5,61
002-81216	Bikkjetjern søndre	Rælingen	6,24	0,36	0,00	5,65	5,82	5,90
002-81217	Bikkjetjern nordre	Rælingen	6,74	0,17	0,00	6,46	6,54	6,58
002-81218	Svarttjernet	Rælingen	6,48	0,21	0,00	6,14	6,24	6,28
002-81219	Mørkåstjern søndre	Rælingen	5,85	0,20	0,00	5,51	5,61	5,65
002-81220	Lintjern	Rælingen	5,99	0,17	0,00	5,71	5,79	5,83
002-81292	Daviddalsputten	Nittedal	6,07	0,40	0,97	5,41	5,52	5,60
002-83870	Daviddalsbekken nedenfor kalking	Nittedal	5,31	0,66	0,00	4,23	4,54	4,68

003-38991	Abbotjern utløp	Ski	5,97	0,36	0,00	5,38	5,55	5,63
003-38998	Griseputten utløp	Ski	5,95	0,36	-0,47	5,35	5,66	5,76
003-39005	Kløftetjern utløp	Enebakk	6,46	0,18	0,00	6,16	6,25	6,29
003-39013	Paddetjernet utløp	Ski	6,41	0,27	0,00	5,96	6,09	6,15
003-39019	Smalvannet utløp	Oslo	6,29	0,54	0,96	5,40	5,35	5,45
003-39021	Steinsjøen utløp	Enebakk	6,45	0,09	0,00	6,29	6,34	6,36
003-39167	Tretjern øvre utløp	Ski	5,87	0,51	0,00	5,04	5,28	5,39
003-39170	Tømmerholtjern utløp	Ski	5,89	0,42	0,00	5,20	5,40	5,49
003-39433	Mjær utløp	Hobøl	6,80	0,13	0,00	6,58	6,64	6,67
003-39434	Våg utløp VGV	Enebakk	6,64	0,13	0,00	6,43	6,49	6,52
003-42264	Svartkulp utløp	Oslo	6,55	0,36	0,88	5,96	6,00	6,07
003-43140	Svartoren utløp	Ski	5,95	0,37	0,00	5,35	5,52	5,60
003-43141	Rolandsjøen	Ski	6,86	0,15	0,00	6,62	6,69	6,72
003-43142	Gjeddetjernet	Ski	5,77	0,42	0,00	5,08	5,28	5,37
005-38775	Årungen utløp	Frogn	7,50	0,15	0,00	7,26	7,33	7,36
005-39472	Flaskebekktjernet utløp	Nesodden	5,79	0,35	0,00	5,22	5,39	5,46
005-39473	Blekslitjernet utløp	Nesodden	6,71	0,12	0,00	6,52	6,57	6,60
005-39474	Nærevannet utløp	Ski	7,20	0,19	-0,63	6,88	7,05	7,11
005-39475	Østensjøvannet utløp	Ås	7,36	0,22	0,00	7,01	7,11	7,16
005-39728	Gjersjøen	Oppegård	7,57	0,22	0,00	7,20	7,31	7,35
006-38993	Bleiktjern utløp	Nittedal	6,01	0,35	0,00	5,43	5,60	5,67
006-38994	Branntjern nordre utløp	Lunner	6,28	0,30	0,55	5,78	5,83	5,89
006-38995	Branntjern søndre utløp	Lunner	6,42	0,45	0,00	5,68	5,90	5,99
006-38996	Ekornputten utløp	Lunner	5,91	0,26	0,00	5,48	5,61	5,67
006-38999	Hakklokroktjern utløp	Oslo	6,43	0,21	0,30	6,09	6,15	6,20
006-39004	Kalvetjern store utløp	Lunner	6,53	0,27	0,71	6,09	6,13	6,18
006-39007	Kroktjern utløp	Oslo	6,22	0,39	0,00	5,57	5,76	5,84
006-39009	Lomtjern utløp	Nittedal	6,19	0,55	0,67	5,28	5,36	5,47
006-39010	Lusevasan utløp	Nittedal	6,39	0,35	0,59	5,81	5,89	5,96
006-39016	Sandungskroktjern nordre utløp	Oslo	6,19	0,44	0,00	5,46	5,68	5,77
006-39017	Sandungskroktjern søndre utløp	Oslo	6,40	0,43	0,35	5,70	5,81	5,89
006-39020	Smalvatn utløp	Oslo	6,37	0,30	0,00	5,87	6,01	6,08
006-39168	Trollvann lille utløp	Oslo	5,95	0,42	0,00	5,25	5,46	5,55
006-39169	Trollvann søndre utløp	Oslo	6,17	0,31	0,00	5,66	5,81	5,87
006-39171	Øyvannet utløp	Oslo	6,19	0,47	0,51	5,42	5,52	5,61
006-39496	Hakkloa utløp	Oslo	6,53	0,14	0,47	6,31	6,33	6,36
006-39497	Bjørnsjøen utløp	Oslo	6,40	0,19	0,42	6,09	6,14	6,18
006-39498	Skjersjødammen utløp	Oslo	6,55	0,18	0,00	6,25	6,34	6,38
006-39500	Sandungen store utløp	Oslo	6,56	0,13	0,00	6,34	6,41	6,44
006-39502	Åbortjern utløp	Oslo	6,12	0,48	0,43	5,33	5,53	5,63
006-39742	Steinsrudtjern	Oslo	6,98	0,23	0,54	6,59	6,64	6,69
006-39743	Rottungen	Oslo	6,20	0,19	0,00	5,90	5,99	6,03
006-39744	Helgeren	Oslo	6,64	0,12	0,00	6,45	6,51	6,53
006-41504	Østre Fyllingen utløp	Oslo	6,09	0,15	0,00	5,85	5,92	5,95
006-42561	Fiskelitetjern utløp	Oslo	5,60	0,24	0,98	5,20	5,26	5,31
006-43650	Nøklevann utløp	Oslo	6,77	0,12	0,00	6,57	6,63	6,66

## Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

006-43657	Hauktjern utløp	Oslo	6,42	0,37	0,60	5,82	5,93	6,01
006-51256	Vestre Fyllingen tilløpsbekk nord	Oslo	6,24	0,21	0,00	5,89	6,00	6,04
006-51257	Vestre Fyllingen tilløpsbekk nordvest	Oslo	6,19	0,23	0,00	5,81	5,92	5,97
006-86750	(auto) Vesle Kalvetjern	Lunner	6,20	0,33	0,00	5,66	5,82	5,89
007-39012	Otertjern store utløp	Oslo	6,36	0,27	0,00	5,92	6,05	6,11
007-39466	Bogstadvannet utløp	Oslo	6,99	0,11	0,00	6,81	6,86	6,89
007-40799	Kopperhaugtjernet	Oslo	6,56	0,33	0,00	6,02	6,18	6,25
008-39467	Burudvann utløp	Bærum	7,09	0,15	0,00	6,83	6,91	6,94
008-39468	Østernvann utløp	Bærum	6,45	0,21	0,00	6,11	6,21	6,26
009-39441	Gjellumvannet utløp	Asker	7,62	0,12	0,00	7,43	7,48	7,51
009-39442	Verkensvannet utløp	Asker	7,74	0,20	0,00	7,41	7,51	7,55
009-39470	Semsvannet utløp	Asker	7,47	0,14	0,00	7,25	7,31	7,34
009-39729	Bondivannet utløp	Asker	7,60	0,31	0,00	7,10	7,24	7,31
011-39469	Store Sandungen utløp	Asker	6,60	–	0,00	–	–	–
313-39323	Gørrtjern utløp	Nes	6,00	0,26	0,00	5,57	5,70	5,75
313-39332	Takhottjern utløp	Nes	5,85	0,40	0,00	5,20	5,39	5,48
313-39438	Mangen utløp	Aurskog-Høland	6,24	0,30	0,34	5,76	5,84	5,90
313-39439	Viksjøen (Bjørknessjøen) utløp	Aurskog-Høland	6,21	0,34	0,66	5,65	5,70	5,77
313-39443	Himtjern utløp	Aurskog-Høland	5,07	0,25	0,00	4,66	4,78	4,83
313-39461	Butjern utløp	Nes	6,26	0,40	0,57	5,61	5,69	5,77
313-39463	Handsjøen utløp	Nes	6,34	0,38	0,76	5,72	5,78	5,85
313-39465	Rabbillen utløp	Nes	6,30	0,36	0,85	5,70	5,73	5,80
313-39476	Daltjenn utløp	Aurskog-Høland	5,35	0,37	0,00	4,75	4,92	5,00
313-39737	Flasjøen	Nes	5,23	0,34	0,40	4,67	4,76	4,82
313-40720	Romsjøen	Nes	6,69	0,28	0,81	6,23	6,25	6,30
313-41086	Havsjøen utløp	Aurskog-Høland	6,15	0,21	0,55	5,79	5,83	5,87
313-41644	Sotsjøen	Aurskog-Høland	6,07	0,41	0,84	5,39	5,42	5,50
313-43990	Langsjølungen utløp	Aurskog-Høland	6,08	0,40	0,00	5,42	5,61	5,70
313-46356	Mortsjølungen	Eidskog	5,96	0,13	0,00	5,75	5,81	5,84
313-51286	Bjørndalstjernbekken	Nes	4,83	0,15	0,00	4,58	4,66	4,69
313-51287	Blekkjtjernsbekken	Nes	4,82	0,14	0,00	4,60	4,66	4,69
314-41075	Store Lyseren utløp	Rømskog	5,72	0,13	0,00	5,51	5,57	5,60

\* Har ikke data i perioden 2002–2018.

*Tabell V.2 Vann og bekker med data registrert på flere lokalitetsnumre. I denne rapporten er dataene overført fra det første nummeret til det andre.*

Navn på lokaliteten	Data overført	
	fra nummer	til nummer
Nordre Puttjern	002-39048	002-39014
Trehørningen	002-40982	002-39504
Ørfiske tilløpsbekk Davidsdalen	002-51255	002-83870
Steinsjøen	002-57437	002-42341
Engelstadtjernet	002-60682	002-42269
Gjevtjern	002-60685	002-42270
Aurtjern	002-60689	002-42268

Smalvatn	003-39049	003-39019
Svartkulp	003-39050	003-42264
Vesle Kalvetjernet	006-36198	006-86750
Hakklokroktjern	006-41459	006-38999
Otertjern store	007-39101	007-39012
Mortsjølungen	313-14797	313-46356