



Statsforvalteren i Oslo og Viken

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



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

Dato : 09.2020

Forfatter : Lise Heier, konsulent

Rapportnummer : 10/2021

ISBN : 978-82-93931-09-6

Emneord : Langtransportert forurensning, vannkvalitet

Utgiver : Statsforvalteren i Oslo og Viken

Antall sider : 35 + vedlegg

Ansv. sign. : Terje Wivestad

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

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 alle lokaliteter 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 refsuring 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 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.

Forord

Miljøvernavdelingen ved tidligere Fylkesmannen i Oslo og Akershus, nå Fylkesmannen i Oslo og Viken, har ansvaret for overvåking av forureningstilstanden 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.

Oslo, september 2020

Lise Heier
Konsulent



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

| | |
|---|----|
| 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 reforsuring..... | 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..... | 37 |
| V.4 Labilt aluminium | 38 |
| V.5 Samvariasjon mellom farge, totalt organisk karbon og de andre parametrene | 40 |
| V.6 Turbiditet | 42 |
| V.7 PCA..... | 43 |
| V.8 Liste over alle lokaliteter. Reforsuring..... | 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.⁽¹⁾ Men det var først på slutten av 1950-tallet at man forsto at den skyldtes sur nedbør,⁽²⁾ og det gikk enda noen år før man så at kilden var langtransportert forurensning.⁽³⁾ 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.⁽⁴⁾ 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.⁽⁴⁾ 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⁽⁵⁾, 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.⁽⁶⁾ 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 Kirkebyggermenningen 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.¹

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.⁽⁷⁾ I Oslo og Akershus har man kunnet redusere mengden kalk som årlig blir tilsatt, 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 forsurrede perioden til i dag, i både kalkede og ukalkede vann. I de enkelte vannene kan det være store fluktuasjoner 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, sjiktning vs. omrøring i vannmassene, snøsmelting, med mer. Det ville kreve mye datainnsamling å

¹ Kalktyper og -mengder framgår av datamaterialet.

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 vannkjemiske 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⁽⁸⁾
- 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 refsuring 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⁽⁹⁾, 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.no² i forbindelse med dette prosjektet.

² Alle lokalitetene kan sees i norgeskart.no med følgende lenke (se fotnote neste side). Lenken må kanskje klikkes på to ganger før punktene vises på kartet. Det er brukt andre farger enn i figur 2.

2.2 Kalkingshistorikk og inndeling av lokalitetene

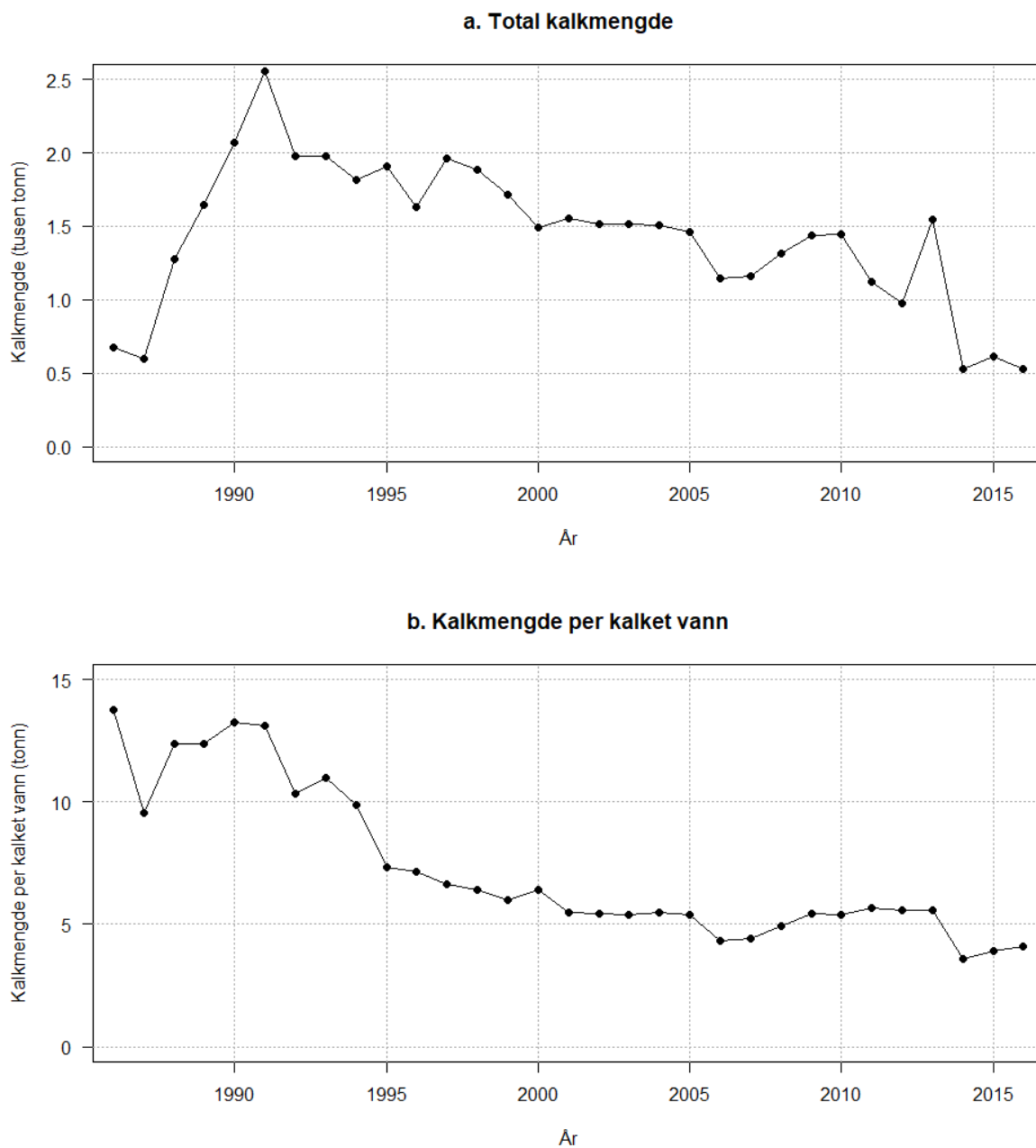
Kalkingsdata ble hentet fra Miljødirektoratets database Kalkingsbasen⁽¹⁰⁾, som inneholder data fra 1995 til i dag. Ut fra vannenes navn og koordinater i det digitale kartet ble alle kalkede vann koblet sammen med lokalitetene i overvåkingsprogrammet. Innsjøer som drenerer til Sverige, har blitt kalket 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⁽¹¹⁾. 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⁽¹³⁾. 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⁽¹⁴⁾.

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

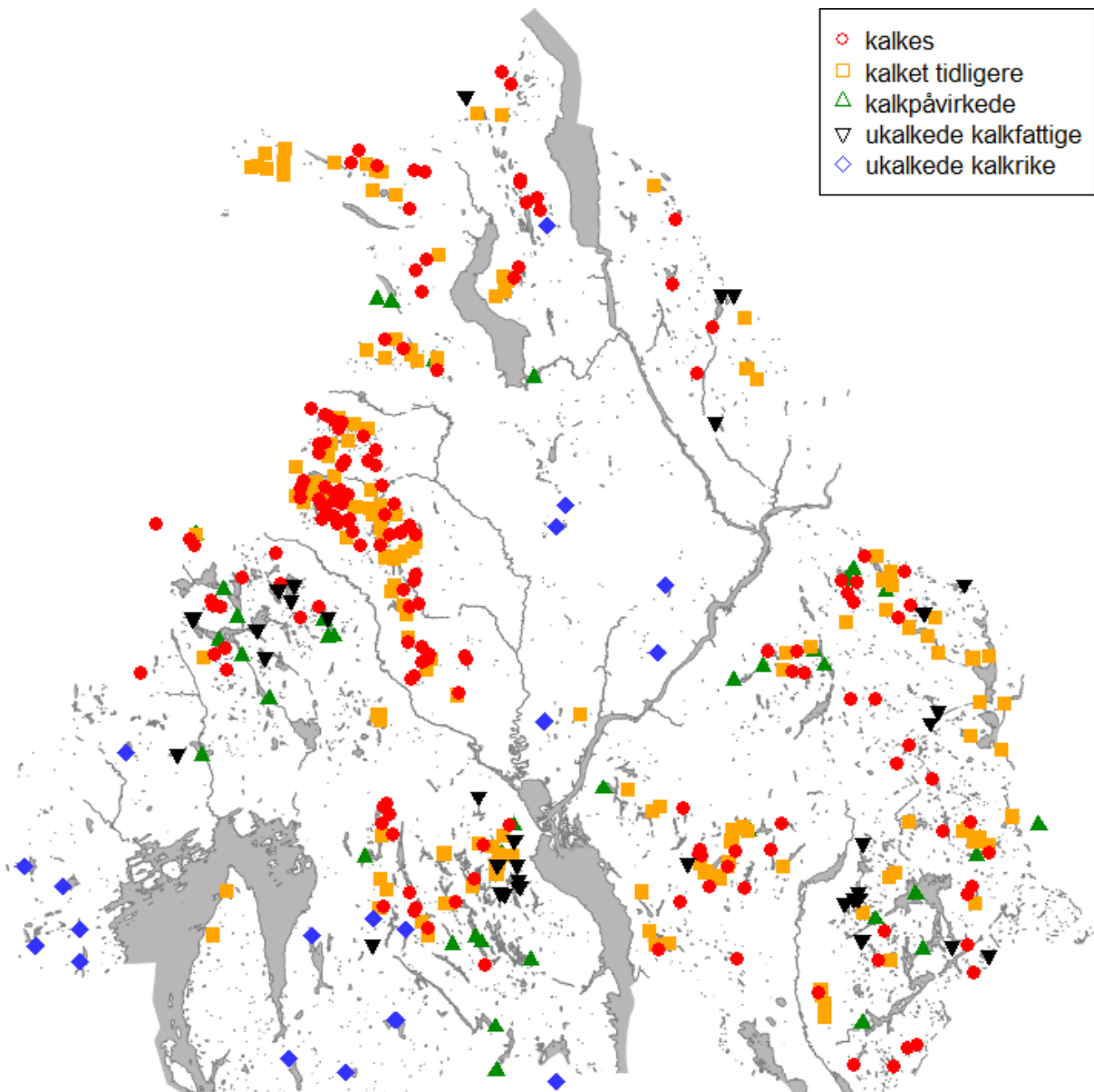


Figur 1. a. Total kalkmengde brukt i innsjøer og tjern i Oslo og Akershus hvert år fra 1986 til 2016. b. Gjennomsnittlig kalkmengde i de vannene som ble kalket hvert enkelt år. Kalking i svensk regi er inkludert. Verdiene for norsk kalking i 1991–1994 er basert på høringsutkastet til Kalkingsplan for Oslo og Akershus 2012–2015⁽¹²⁾, 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)³
- 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.

³ 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⁽⁹⁾. I tillegg ble det brukt de før nevnte data-filene 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.

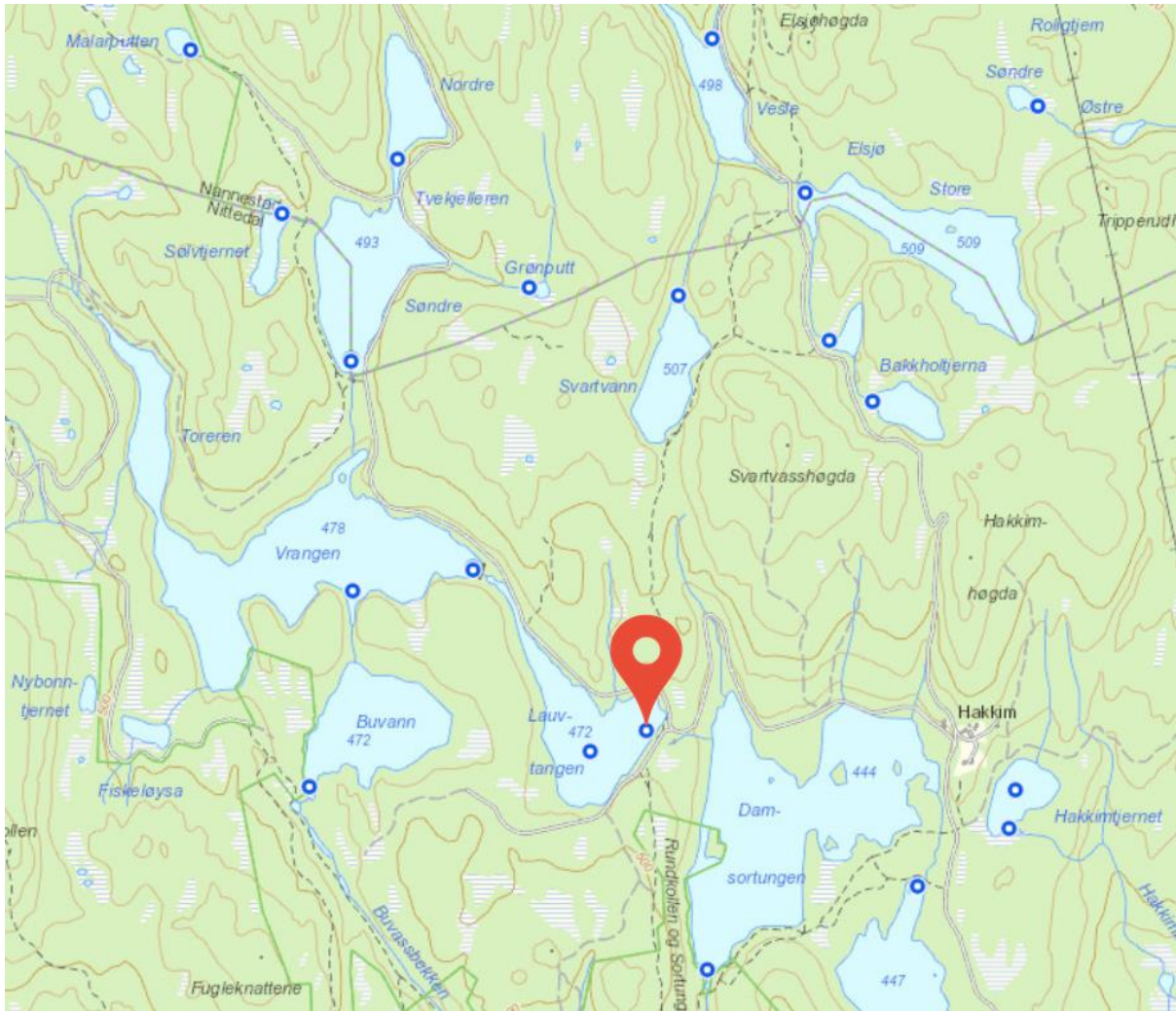
Hvilke vannkjemiske parametre som er registrert når og hvor, varierer en del i datamaterialet. I alle prøvene er det registrert pH, og i de nasjonale overvåkingsstasjonene Langvann i Nordmarka og Store Lyseren i Aurskog–Høland er alle parametrene registrert stort sett hvert år. I 1986 ble det registrert 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⁽¹⁵⁾. 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 forsureningstilstand: 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.

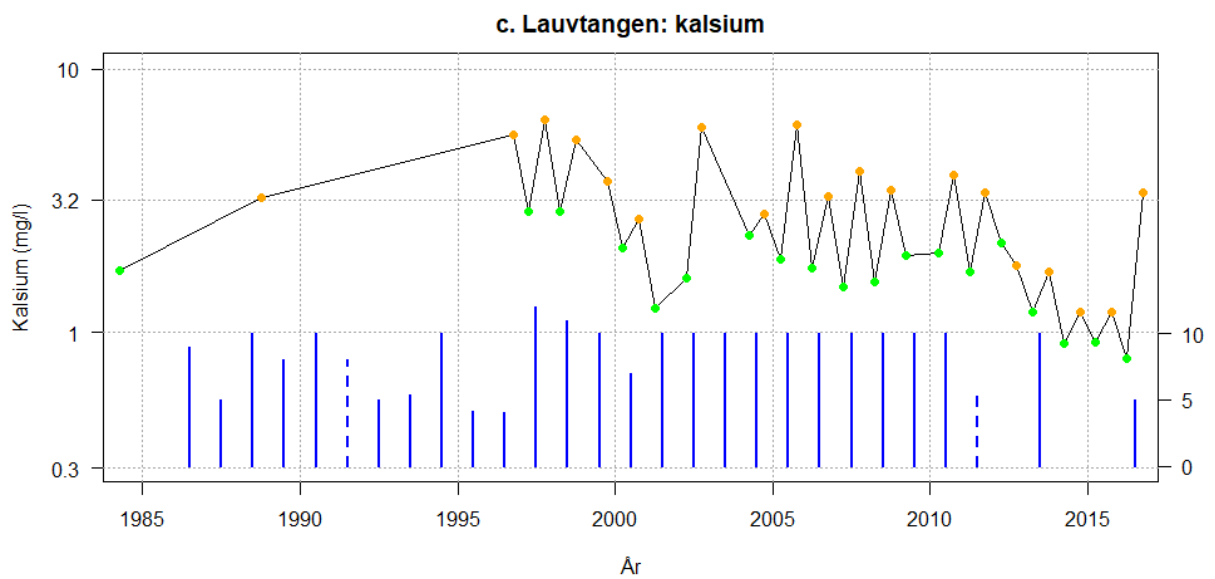
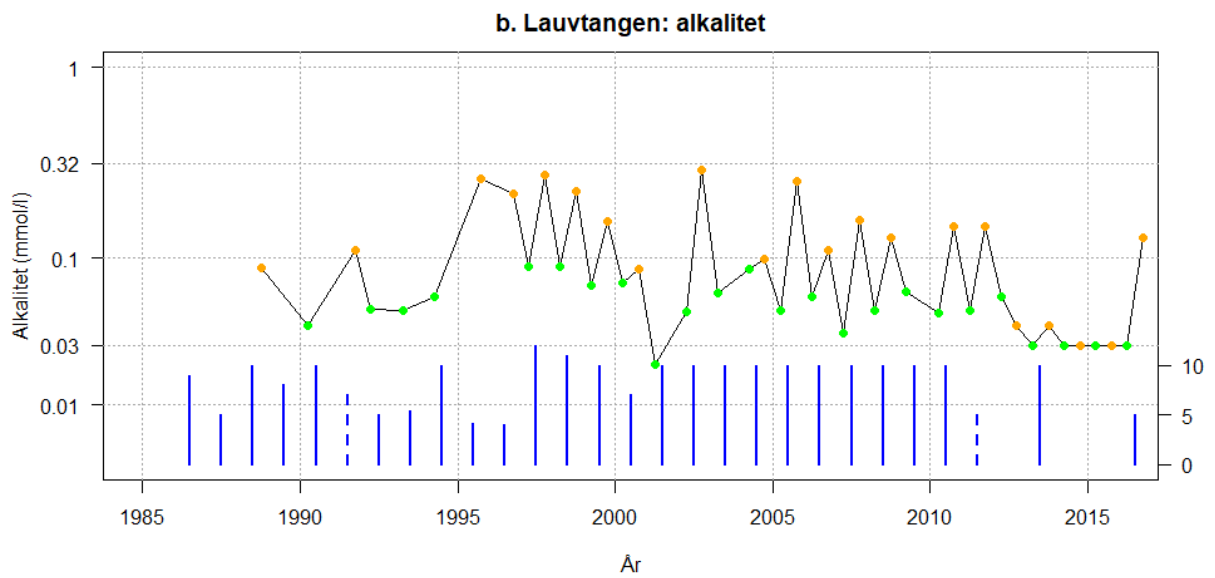
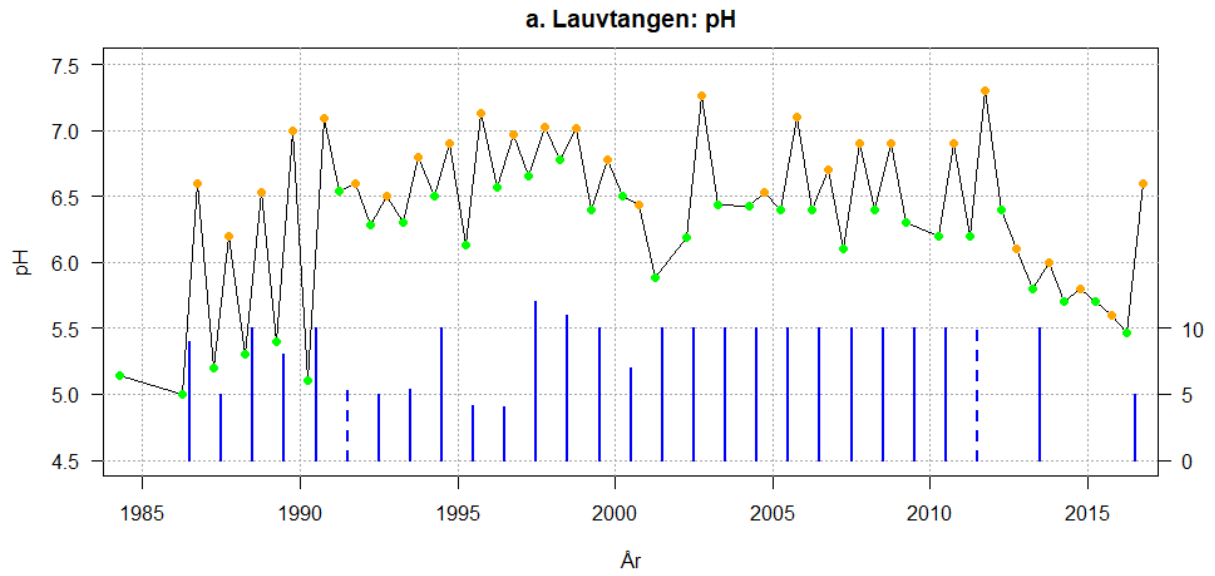


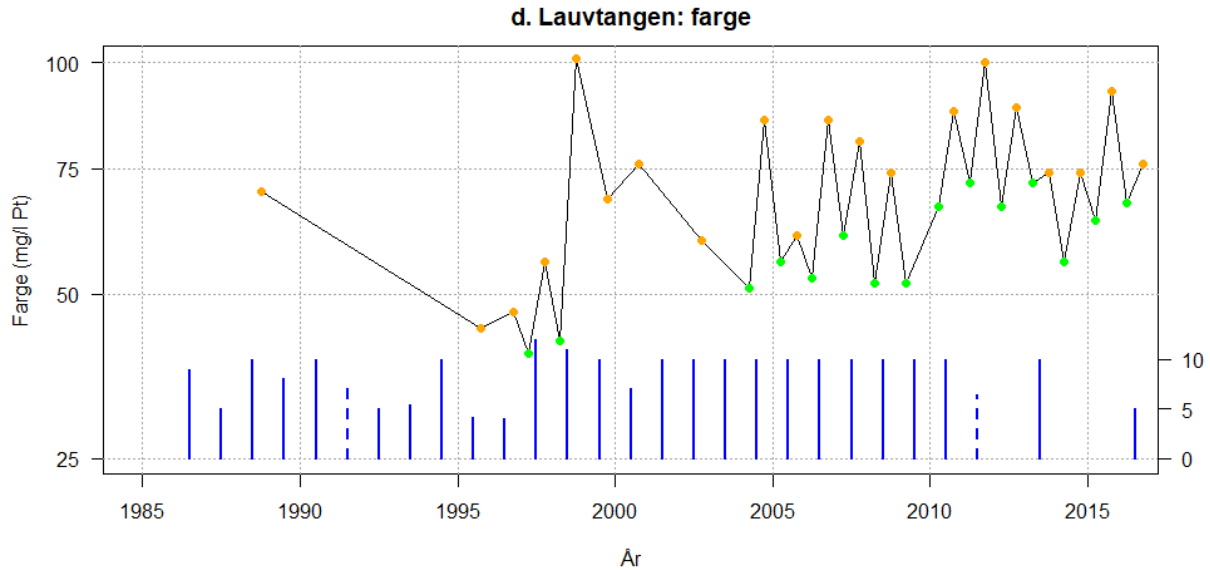
Figur 3. Lauvtangen i Romeriksåsene. Denne innsjøen får vann fra Vrången/Toreren, som igjen får vann fra Søndre Tvekjeller, Piperen m.fl. Lauvtangen drenerer til Damsortungen. Markøren viser hvor vannprøvene er tatt. Kartet er hentet fra Vannmiljø⁽⁹⁾.

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.

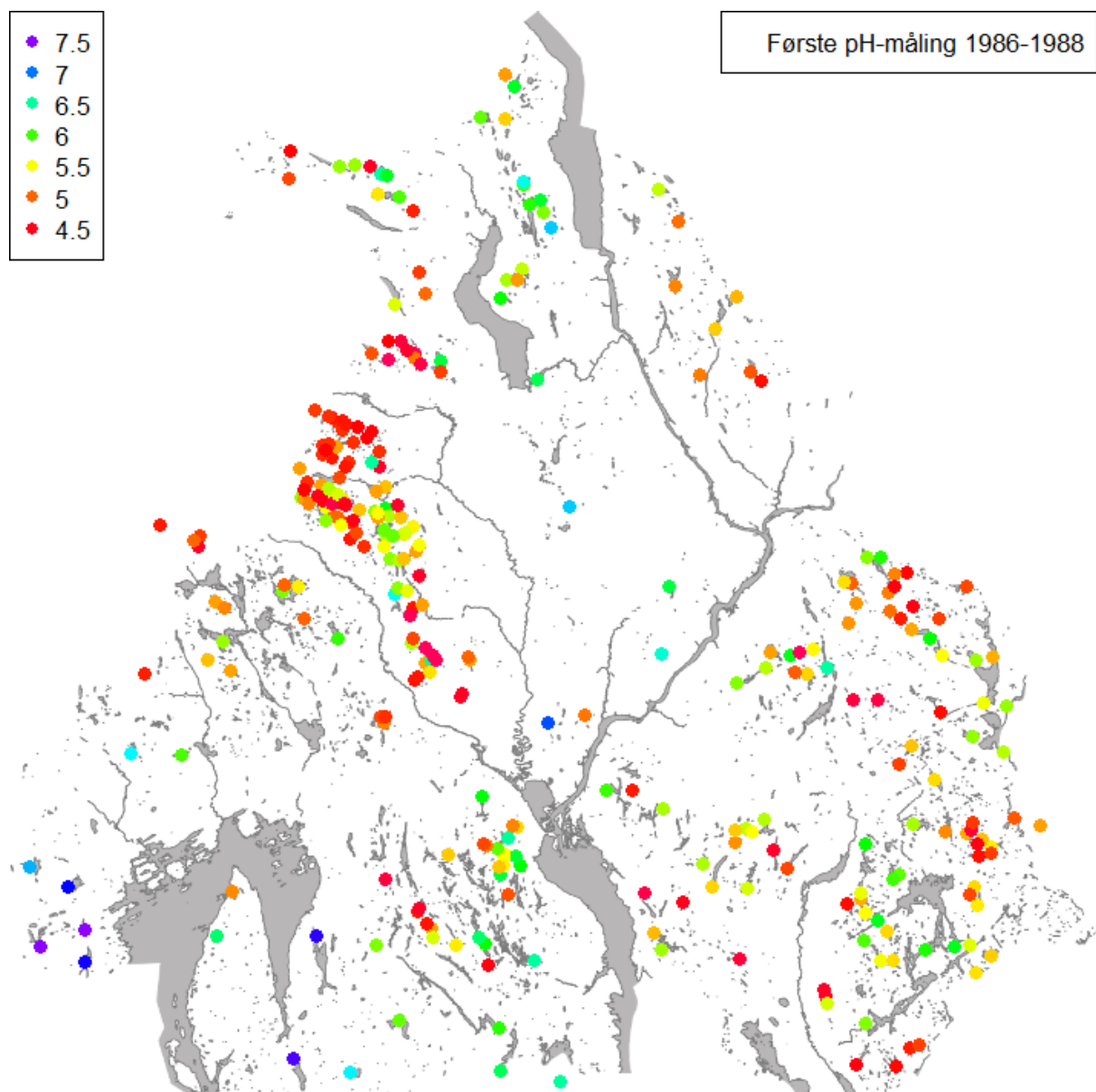
I tillegg er det lagd kartvideoer som viser utviklingen i parametrene i hver enkelt lokalitet (se vedlagte videoer). Tidsutviklingen i de enkelte vannene kan sees på vannmiljo.miljodirektoratet.no ved at man

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

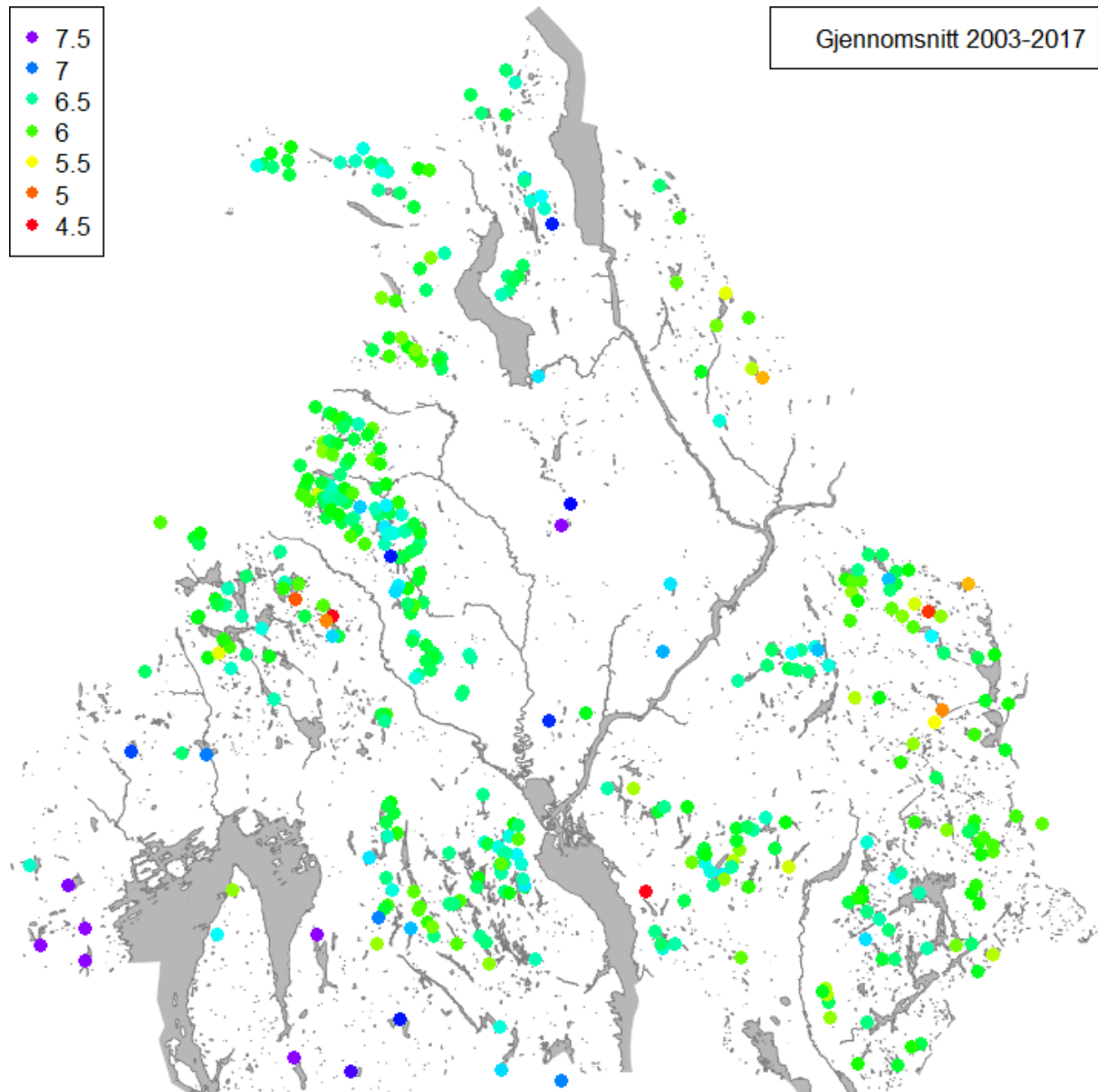
Datamaterialet inneholder rundt 12000 pH-verdier. For 1986 og 1987 finnes det verdier for en del lokaliteter, og i 1988 ble det målt svært mange steder. For 1989–1994 finnes det data for Romeriks-åsene og enkelte andre lokaliteter. For 1995–2017 er det data for omtrent alle lokaliteter hvert år, med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



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

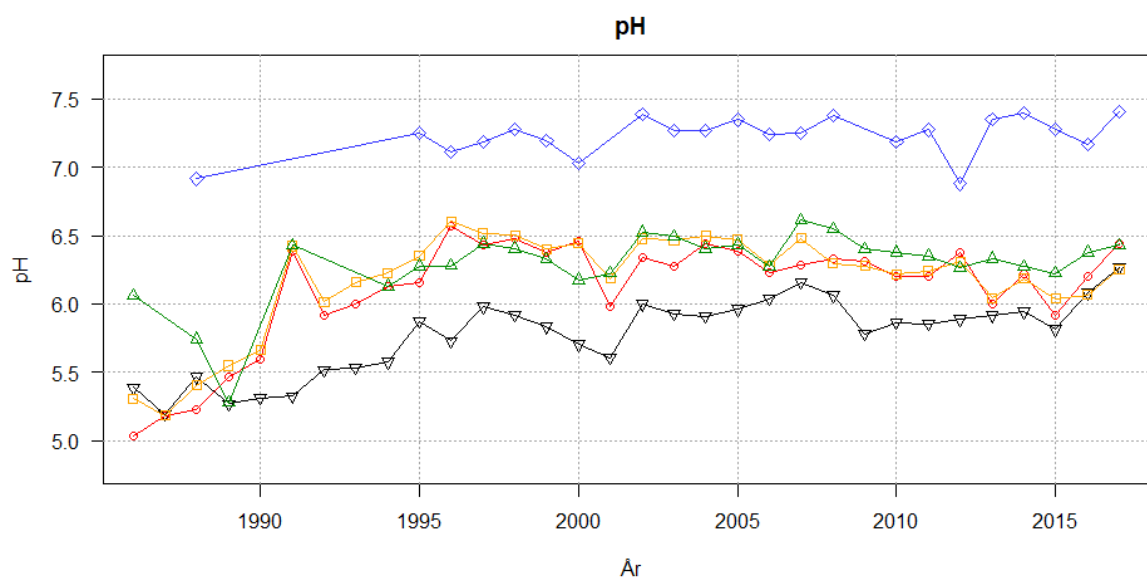
Situasjonen før kalking kan derfor ha vært enda mer kritisk enn det som går fram av kartet i figur 5. Fra 2003 har pH-verdiene ligget nokså stabilt, og nivået er mye høyere enn det var midt på 1980-tallet (figur 6).



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 Romeriksåsene 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-endring | 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.

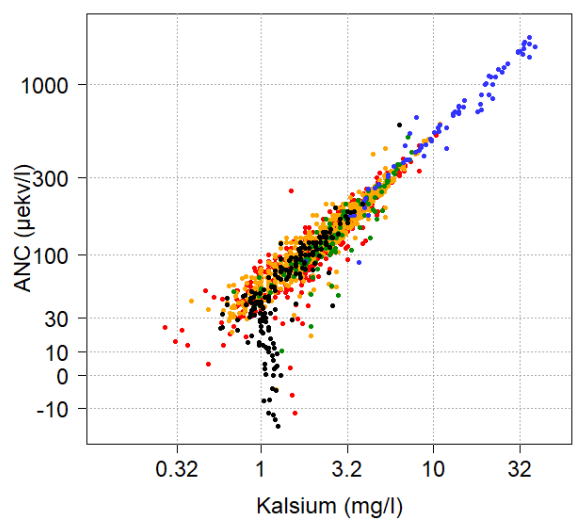
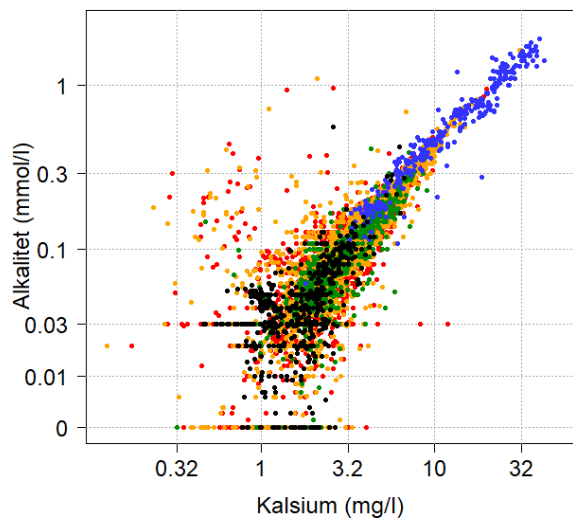
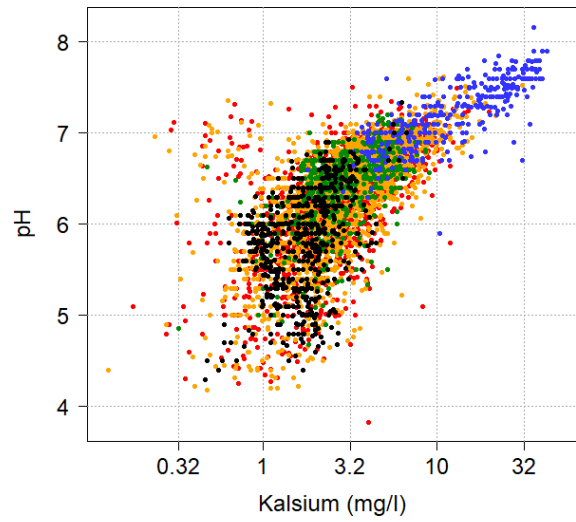
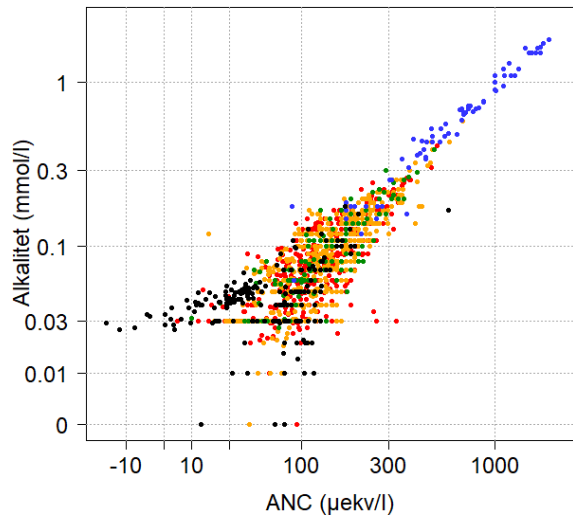
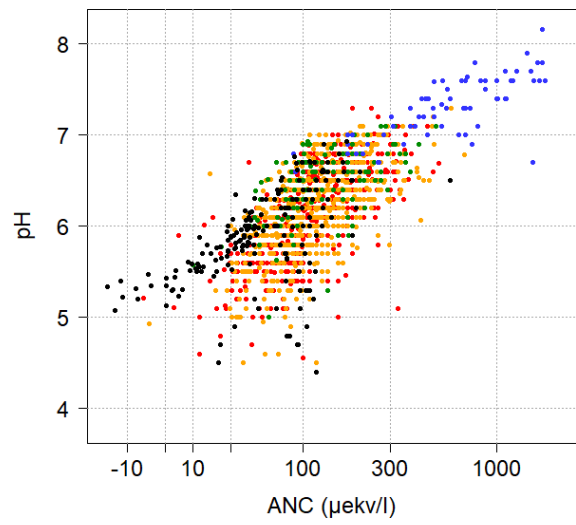
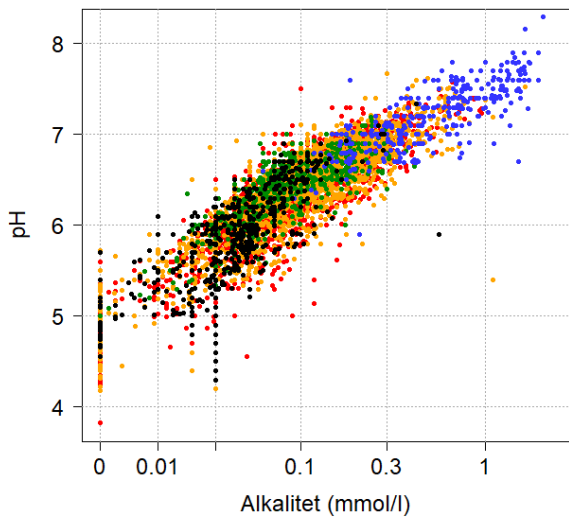
For kalsium inneholder datamaterialet rundt 9000 målinger. I 1986 ble det gjort noen målinger, og i 1988 og fra og med 1995 er det gjort målinger over hele området.

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 alkalitetverdiene (figur 8a) ser man tre søyler med punkter, som er verdier satt til null (søyle lengst til venstre) eller lik deteksjonsgrensen (søyler lenger til høyre). Dette viser at de virkelige verdiene i disse prøvene ikke er kjent.

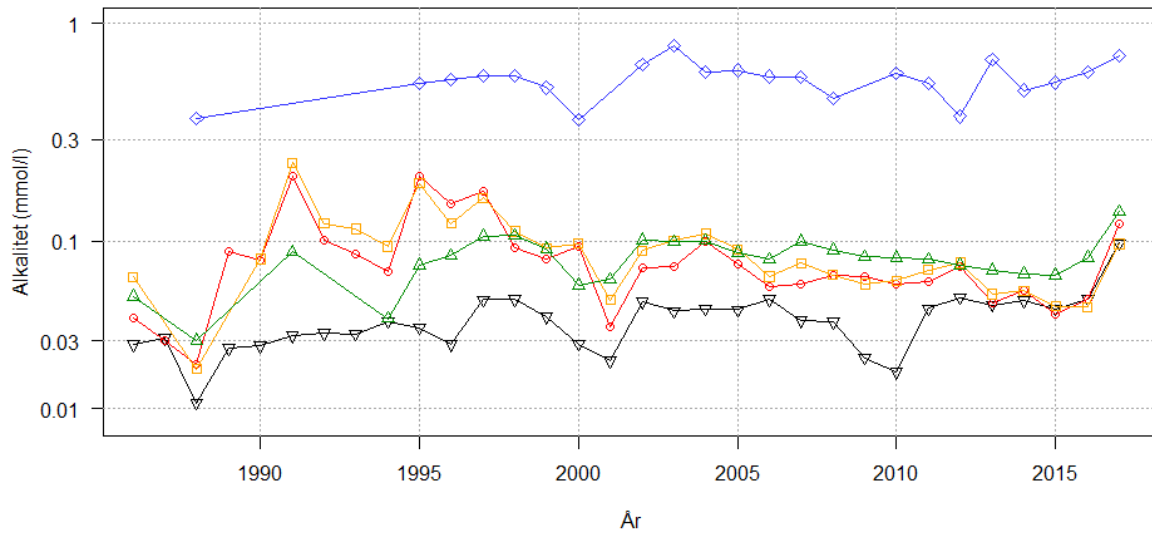
Tidsutviklingen i alkalitet (figur 9a) viser en økning fra begynnelsen til slutten av perioden, men den er mindre tydelig enn for pH. For ANC (figur 9b) er det for lite data til at man kan trekke slutninger, bortsett fra for de to ukalkede vannene Langvatn og Store Lyseren, som har hatt en jevn økning 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.

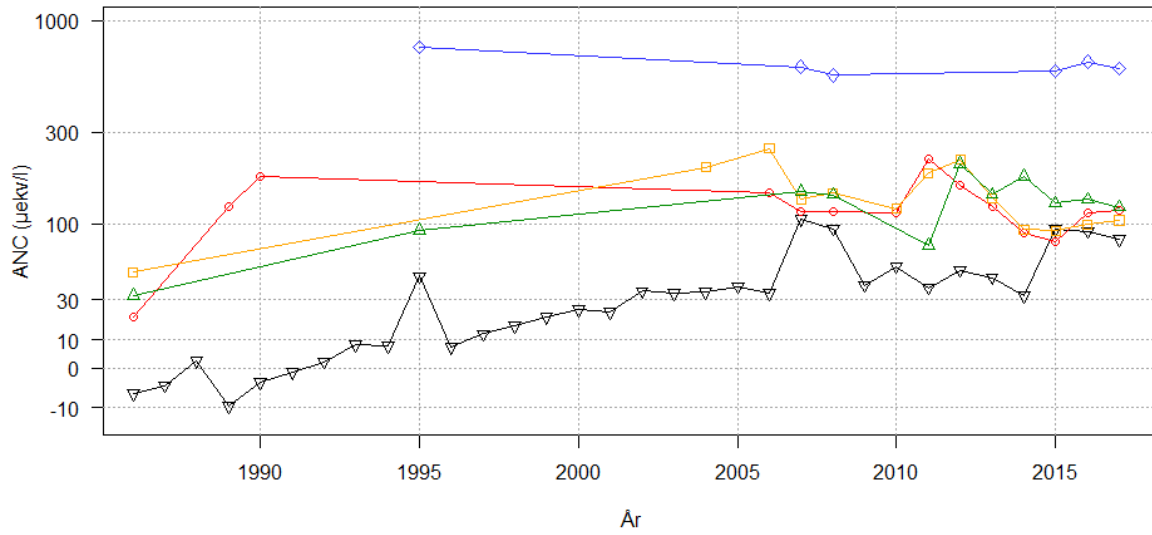
Figur 9. Utvikling i alkalitet (a), ANC (b) og kalsium (c). Fargekoden er som i figur 2. Lite data fram til 1995 gjør at enkeltmålinger kan gi store utslag. For alkalitet og kalsium ble det bare brukt lokaliteter som hadde data i begge periodene 1986–1989 og 2003–2017 (som for pH).



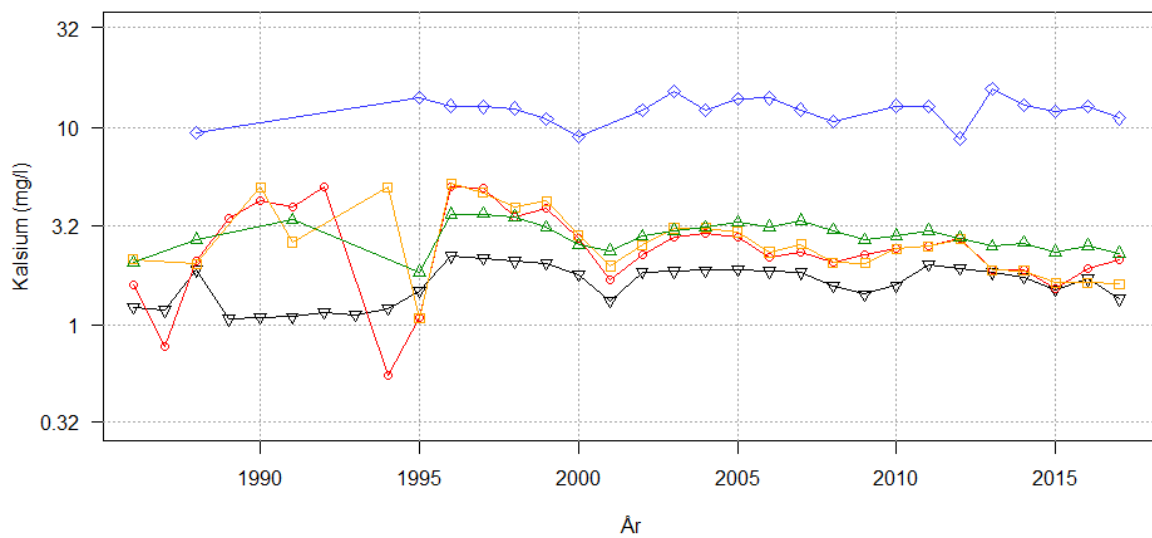
a. Alkalitet



b. ANC



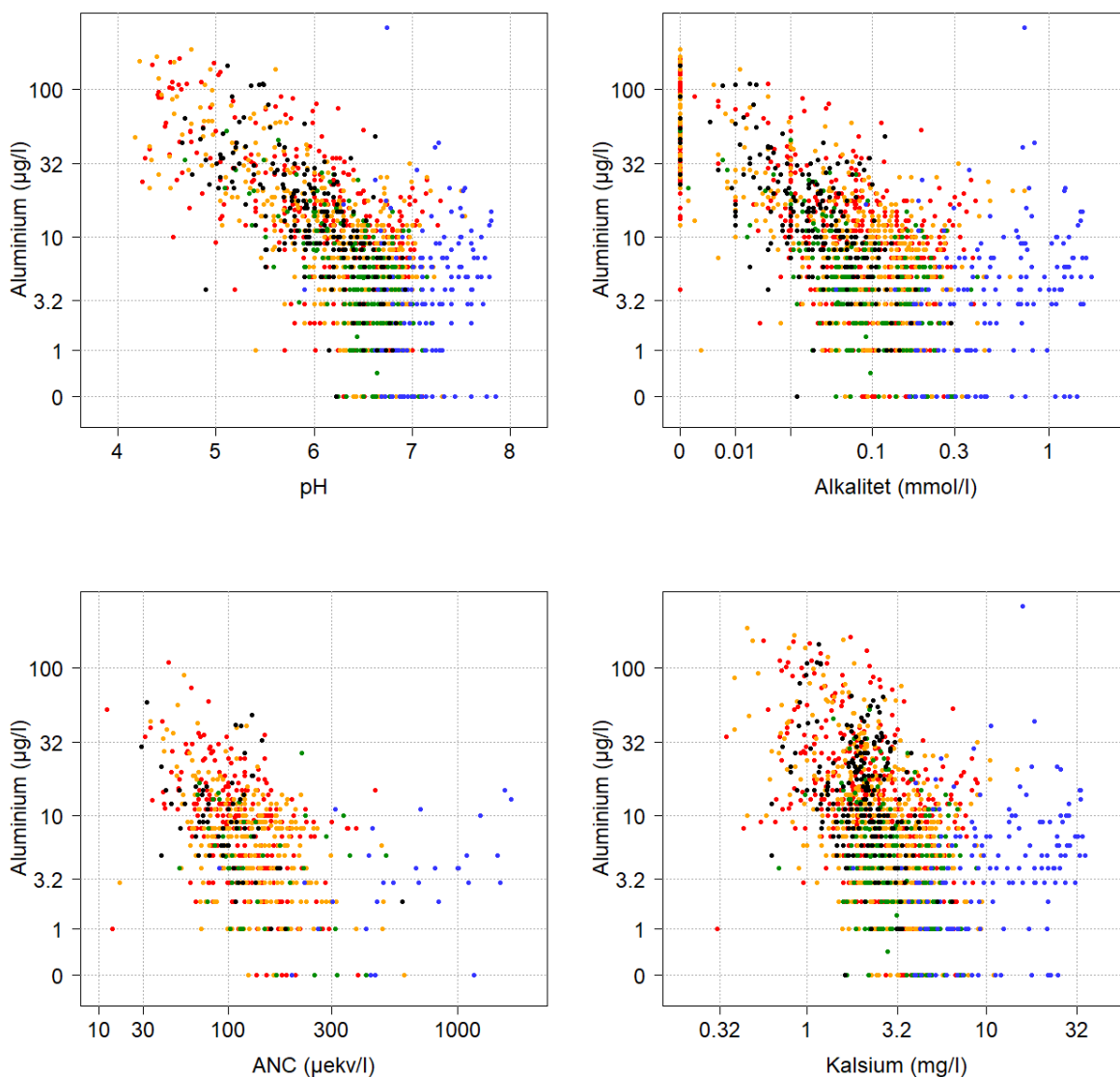
c. Kalsium



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).

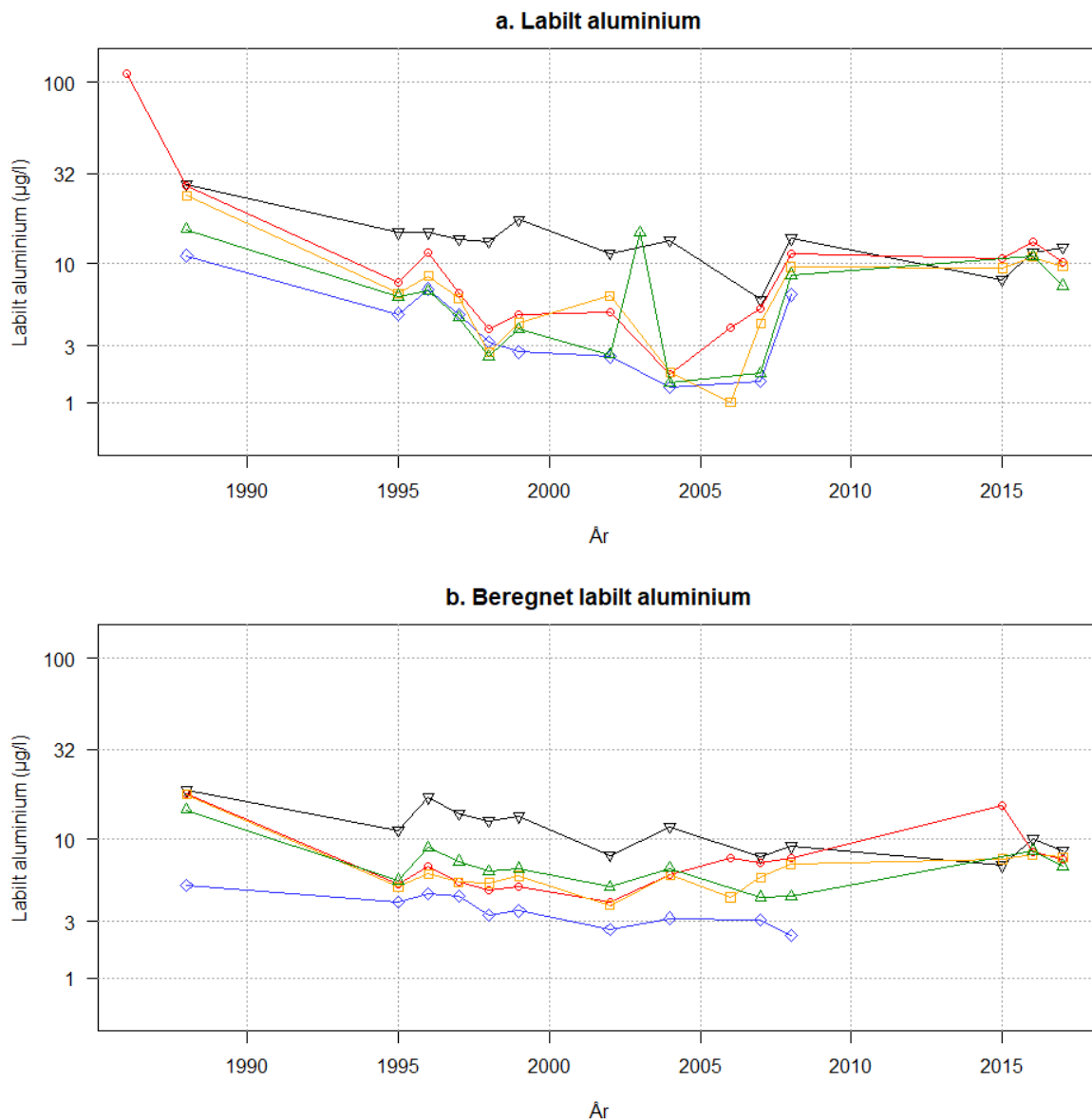


Figur 10. Målinger av labilt aluminium plottet mot målinger av pH, alkalitet, ANC og kalsium (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.

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 måle-

usikkerhet, 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.⁴

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.

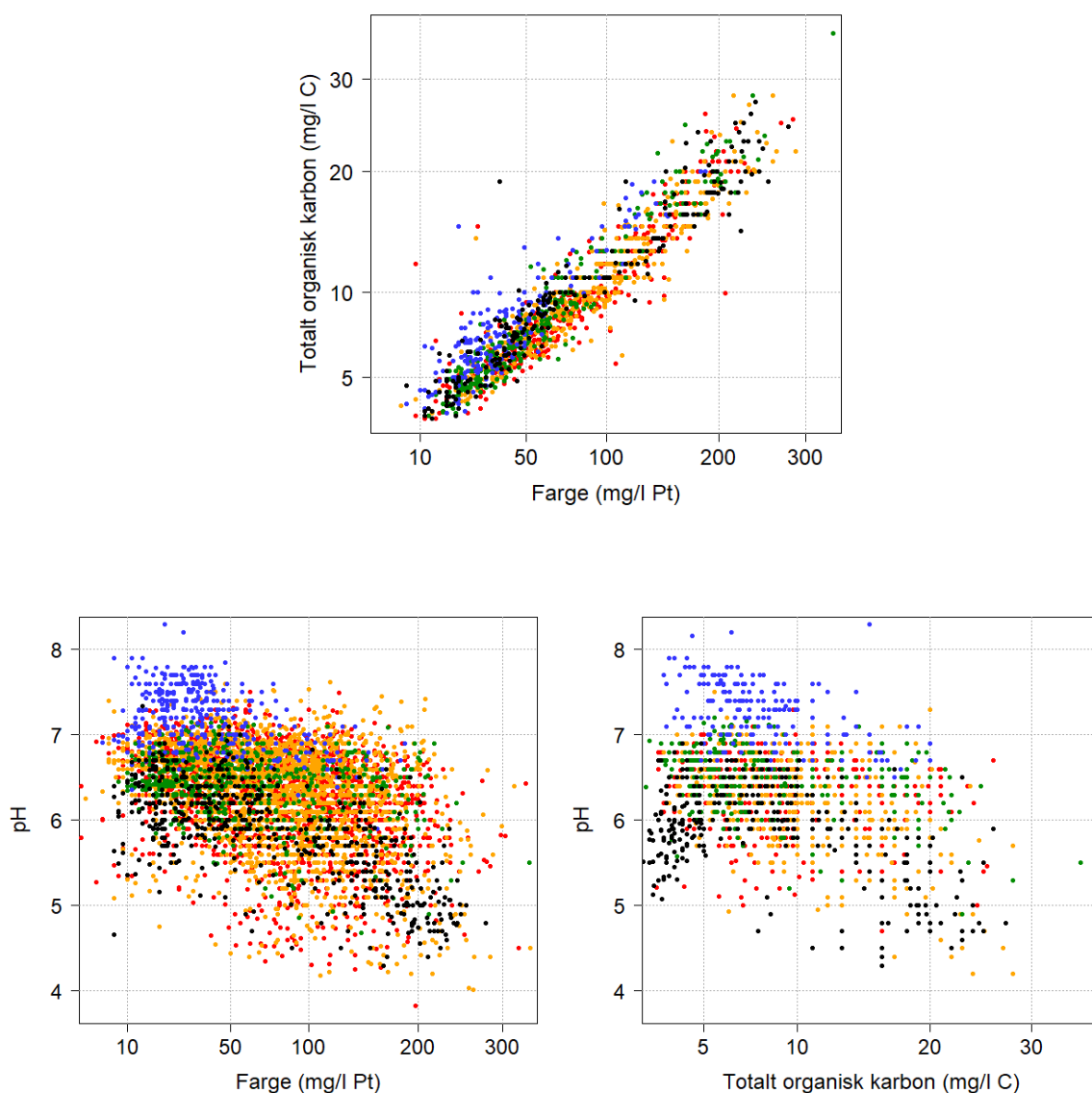
⁴ Laboratoriets erfaring (Vestfoldlab)

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.

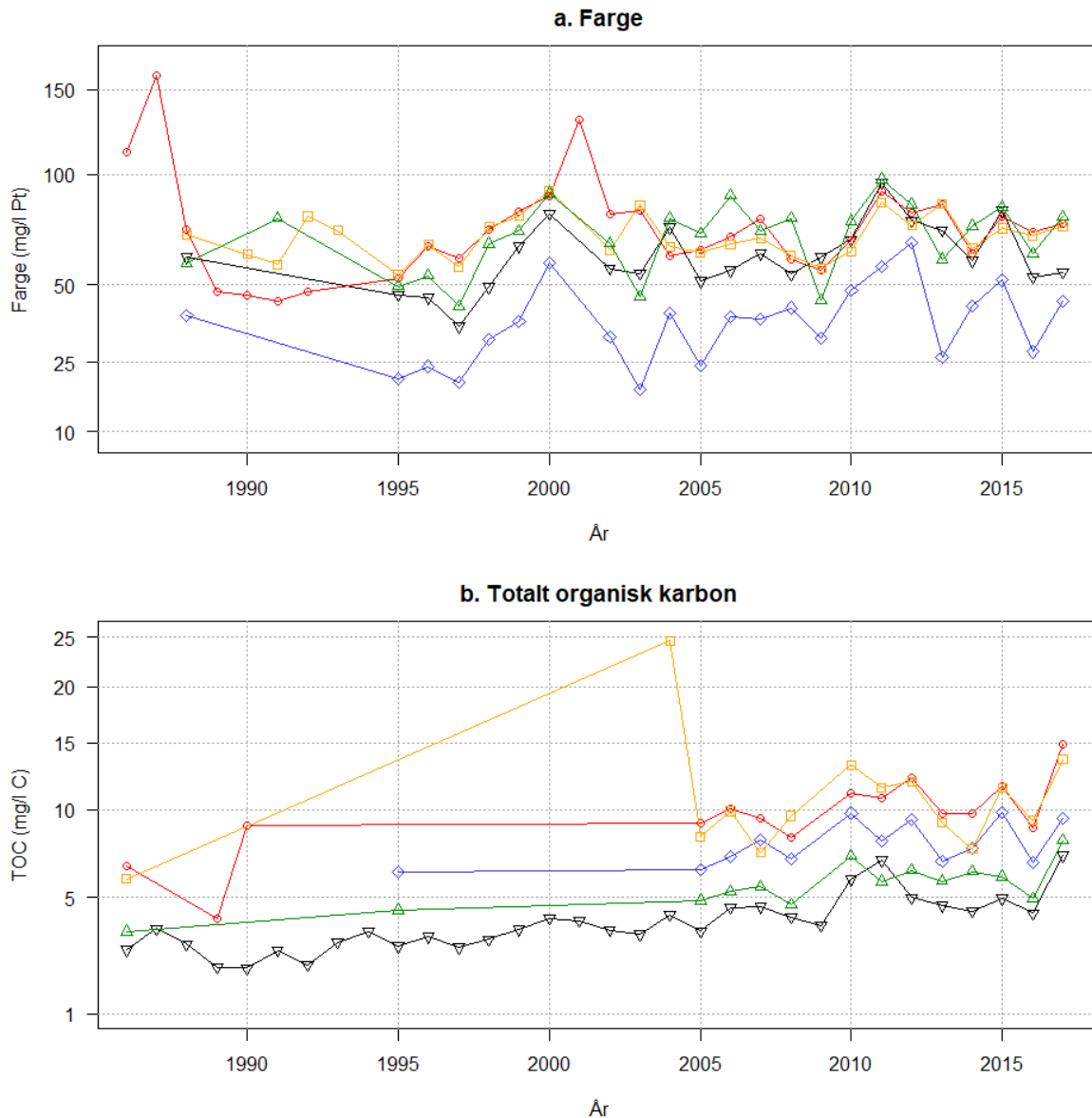
Det ble funnet en sterk, positiv korrelasjon mellom farge og totalt organisk karbon, og mye svakere, negativ korrelasjon mellom dem og pH (figur 12). Det ble ikke funnet noen tydelig korrelasjon med de andre parametrene (se vedlegget).



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.

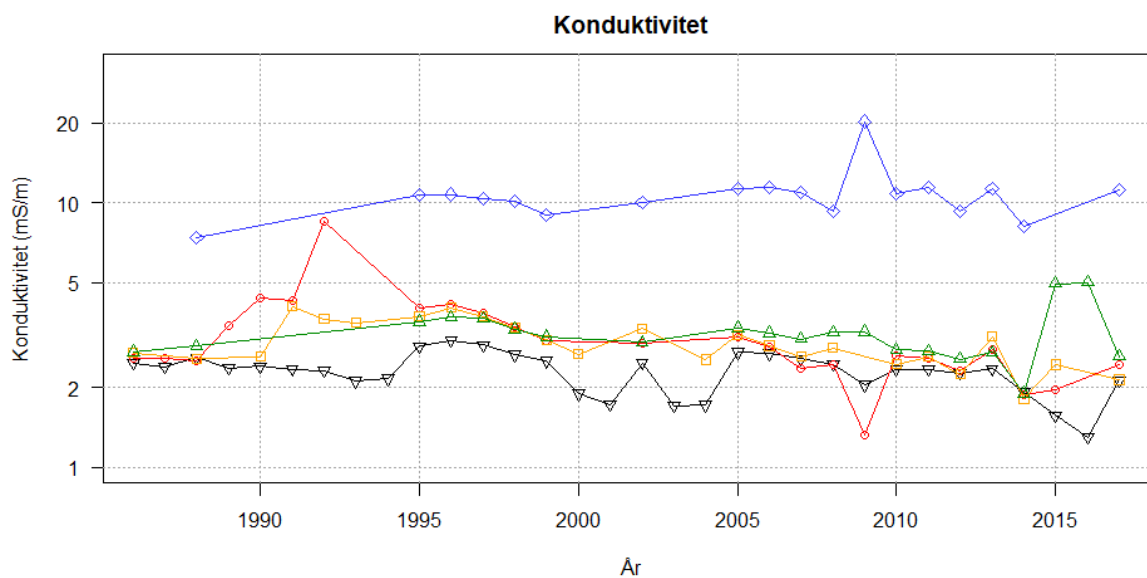


Figur 13. Utviklingen i farge (a) og totalt organisk karbon (b). Fargekoden er som i figur 2. Det ble bare brukt lokaliteter som har data i begge periodene 1986–1989 og 2003–2017, unntatt for TOC for kalkrike vann (blått).

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).

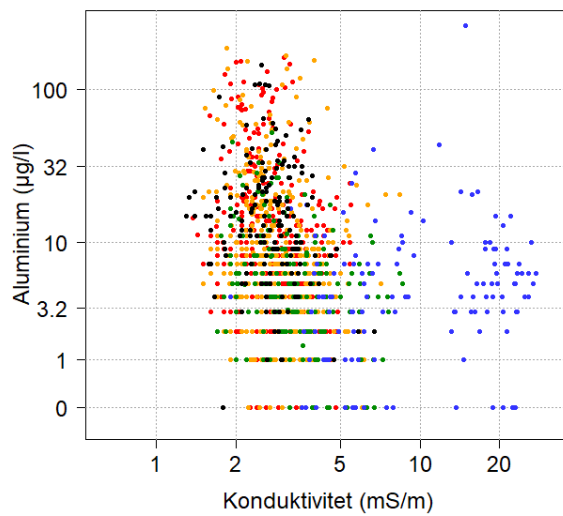
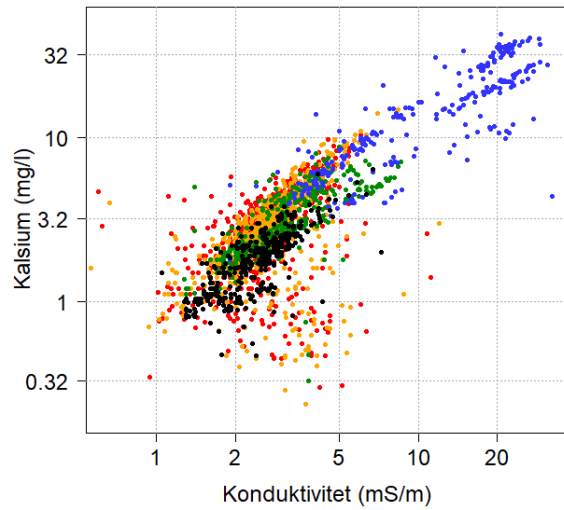
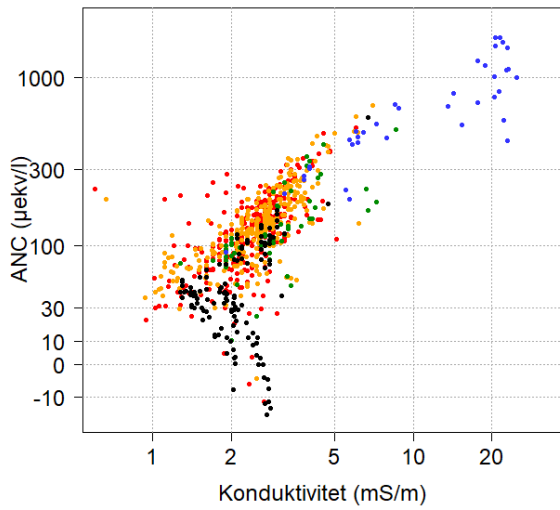
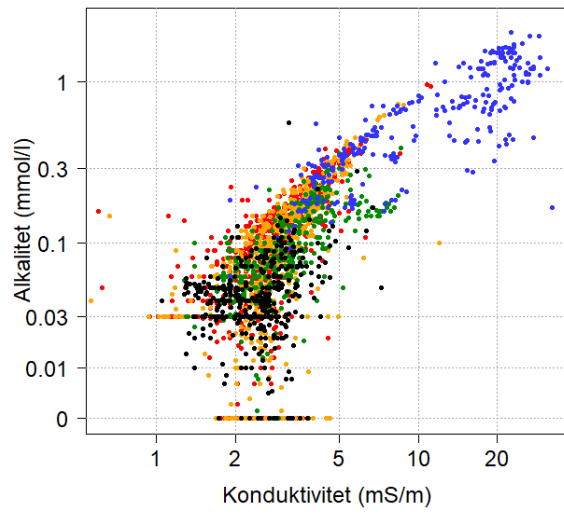
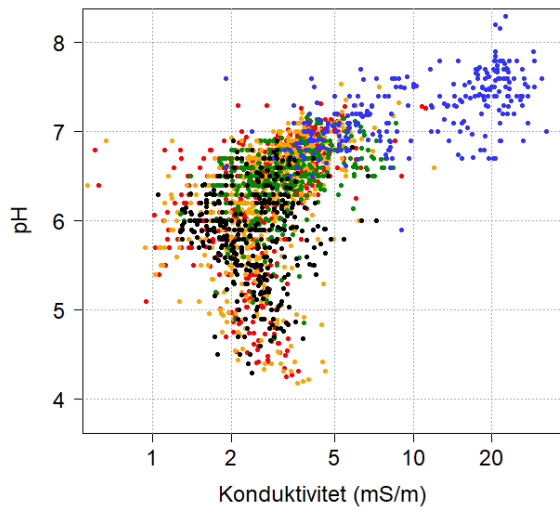


Figur 14. Utviklingen i konduktivitet. Fargekoden er som i figur 2.

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.

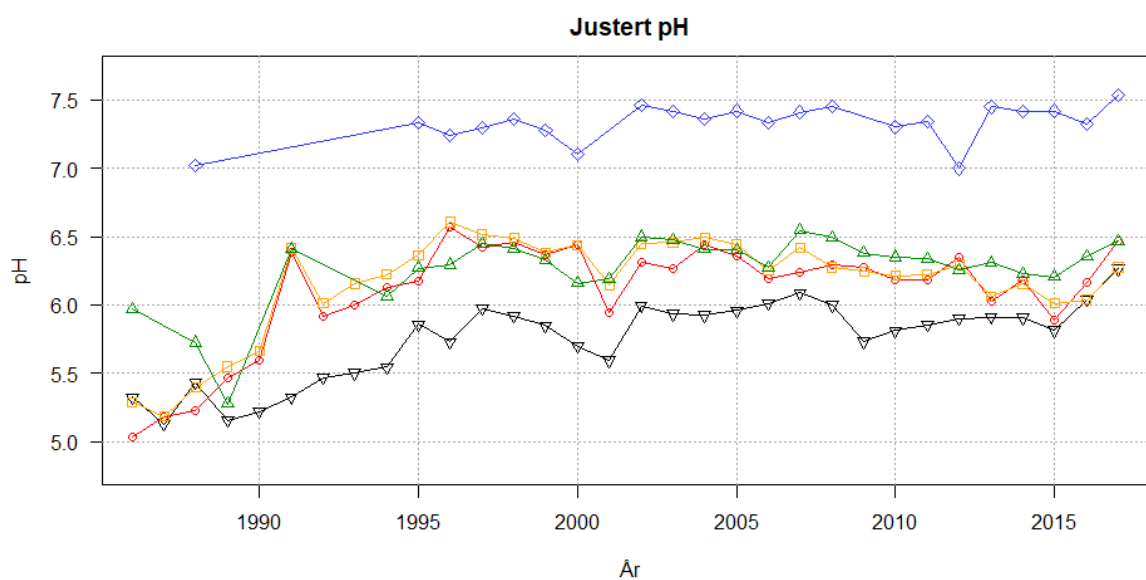
Figur 15. Målinger av konduktivitet plottet mot pH, alkalitet, ANC, kalsium og labilt aluminium (hvert punkt tilsvarer en vannprøve). Fargekoden er som i figur 2.



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

I de vannkjemiske dataene, som i alle måledata, 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⁽⁸⁾. 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 CO₂ 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 modell⁵ 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 frihetsgrader⁶ 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.

⁵ 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.

⁶ 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.⁷

| | Modell uten farge | | Modell med farge | |
|---|---------------------------|--------------|------------------|--------------|
| | beregnet verdi | standardfeil | beregnet verdi | standardfeil |
| 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 · tid [†] | 0,003 | -0,013 · tid | 0,002 |
| reduksjon første vår etter kalking | -0,005 · tid | 0,001 | -0,018 · tid | 0,002 |
| reduksjon andre høst etter kalking | -0,005 · tid | 0,002 | i.s.‡ | i.s. |
| reduksjon andre vår etter kalking | -0,005 · tid | 0,001 | i.s. | i.s. |
| effekt av farge på pH | | | -0,072 | 0,003 |

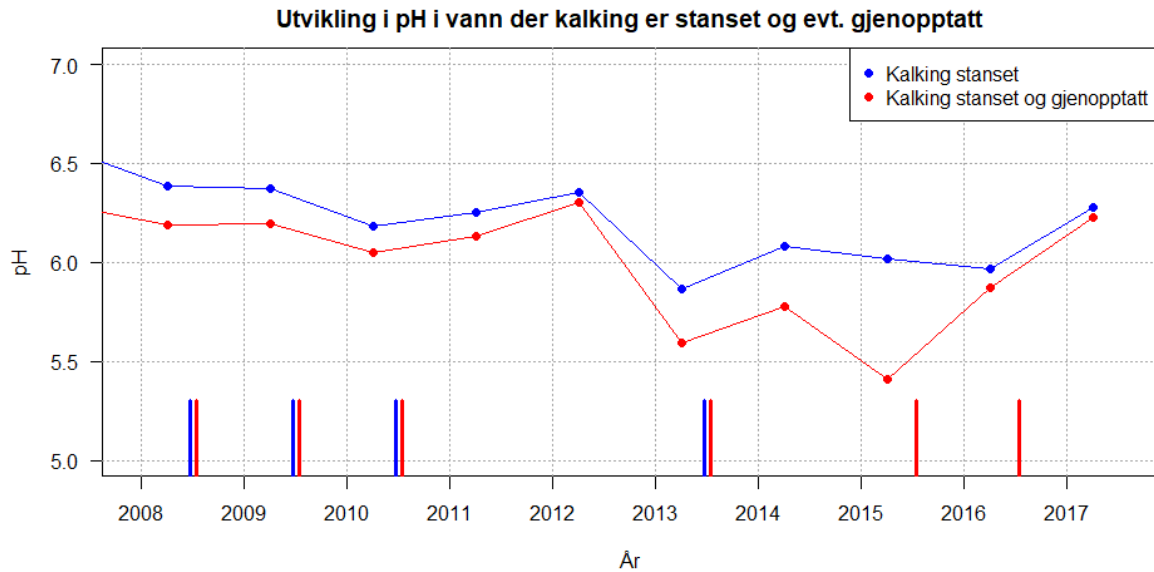
* For å finne gjennomsnittlig pH ved start der farge er med i modellen, må man ta med fargeverdien ved start, som var omtrent 64 mg/l Pt. I modellen er farge oppgitt på kvadratroskala, dvs. 8, så man får at pH ved start var $5,764 - 0,072 \cdot 8 = 5,2$.

† 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.

⁷ 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

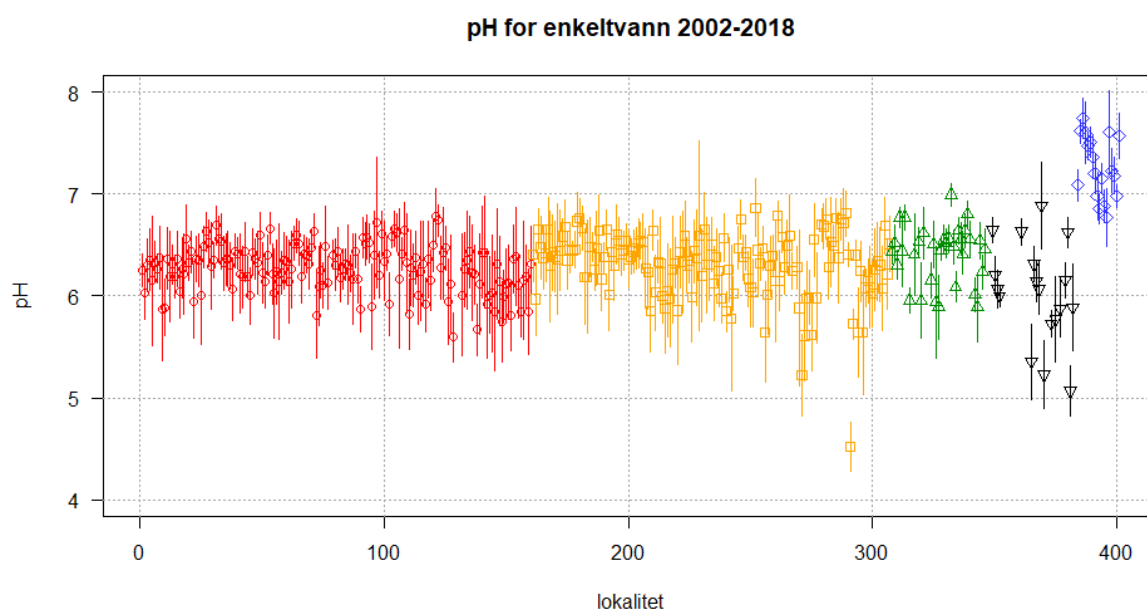
Utviklingen i vannkvaliteten i et vann etter at kalking har opphørt, kan være vanskelig å forutsi. Den gode vannkvaliteten kan fortsette, eller den kan bli dårligere. Fortsatt overvåking er nødvendig hvis man skal fange opp en eventuell refsoring og gjenoppta kalking. Imidlertid vil det også være naturlig 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 tidsskorrelasjon⁸ (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

⁸ 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.

etter to år, og i 72 % av tilfellene etter tre år ved bruk av pH-målinger. Resultatene er en slags middelverdi for alle lokalitetene. I de lokalitetene som har liten variasjon fra år til år, vil metodens evne til å avdekke refsoring 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 refsoring. Tallene viser sannsynligheten for at testen viser refsoring, gitt en reell årlig senkning i pH med 0,2. Utregningene 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 refsoring. Man kan finne et balansepunkt ved å veie kostnaden ved refsoring 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 refsoring. 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,⁹ noe som gir en dårligere test. Det ble funnet at alkalitet hadde noe mindre stabile verdier enn 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 refsoring 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

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

ioner, som kalsium, natrium, sulfat og nitrat.⁽⁸⁾ ANC er derfor ofte det foretrukkede 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).⁽¹⁶⁾ 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 vannprøven blir varmet opp til romtemperatur og får stå slik før den blir analysert i laboratoriet,⁽¹⁷⁾ 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 er bl.a. 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.⁽¹⁸⁾ 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 forsursingsindikator, og den viste heller ingen tydelig endring gjennom perioden. Det har riktignok vært vist at ionestyrke har en beskyttende virkning på laks⁽¹⁹⁾, men dette er ikke sett hos ørret⁽²⁰⁾.

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.⁽²¹⁾ 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 forsursingsparametrene.

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.⁽²²⁾ 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.⁽²²⁾ 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://vannmiljo.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 vanddirektivet (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 Romeriksåsene 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 formel¹⁰:

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

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

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 Kjøltjern (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.

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

¹⁰ 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

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 sammenheng 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⁺-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.

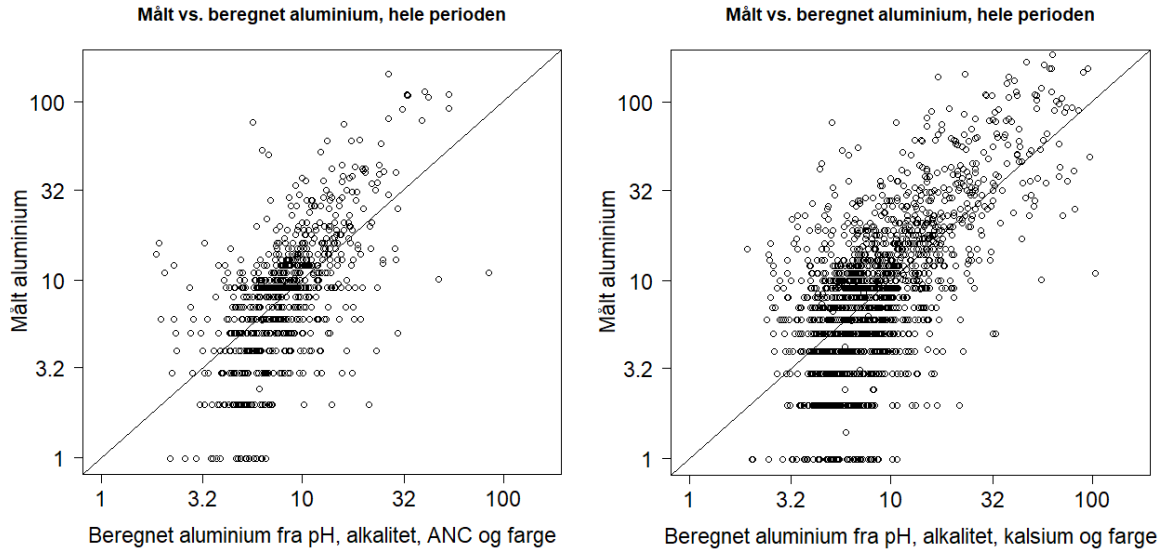
For farge og totalt organisk karbon ble det valgt å transformere vha. kvadratroten.

V.4 Labilt aluminium

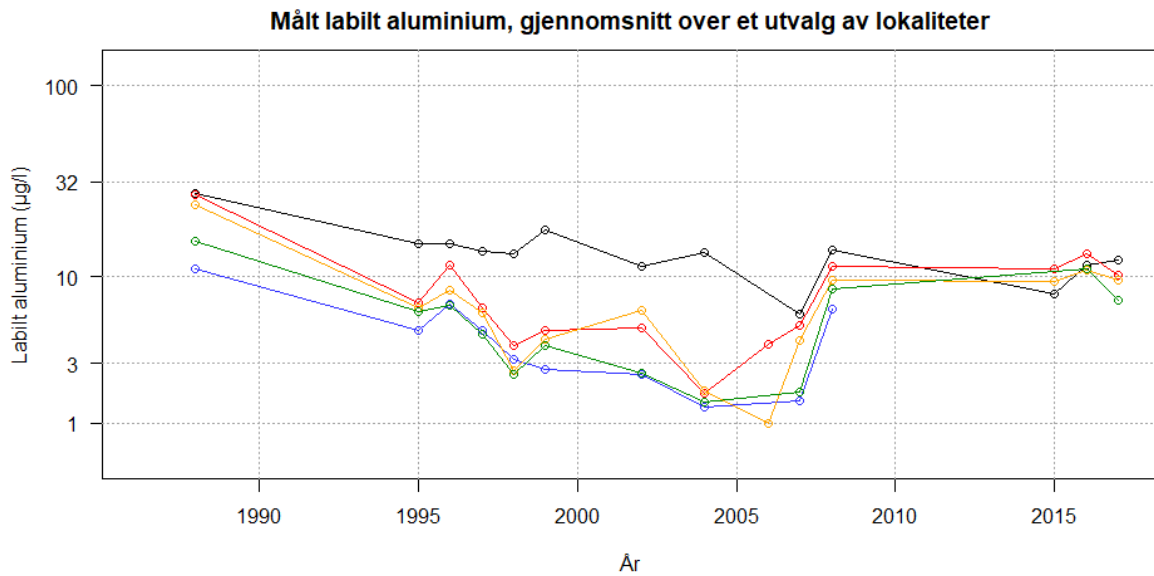
Det ble lagd regresjonsmodeller der labilt aluminium ble forsøkt forklart av de andre parametrene i kombinasjon. Det viste seg imidlertid vanskelig å avgjøre hvilken kombinasjon som forklarte dataene best, da antallet datapunkter som var med i analysen, påvirket hvilken modell som kom best ut (basert 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.

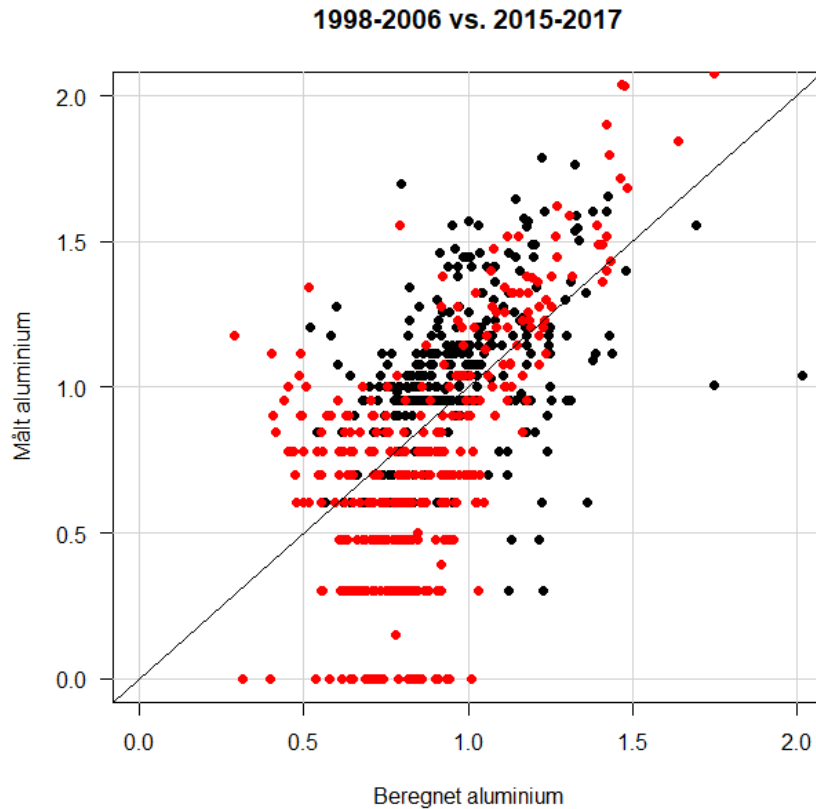
Tidsutviklingen i beregnede verdier (figur 11b i hovedteksten) er basert på et mindre utvalg lokaliteter fordi det ikke alltid fantes data for kalsium og farge. En sammenligning mellom målte og beregnede verdier bør derfor gjøres med det samme utvalget lokaliteter. Tidsutviklingen i målte verdier i det 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 oftest var lavere enn de beregnede verdiene, mens målingene gjort i 2015–2017 oftest var høyere. (Modellen er basert på alle dataene, og beregningene er derfor en middelvei 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 korrigerer 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).



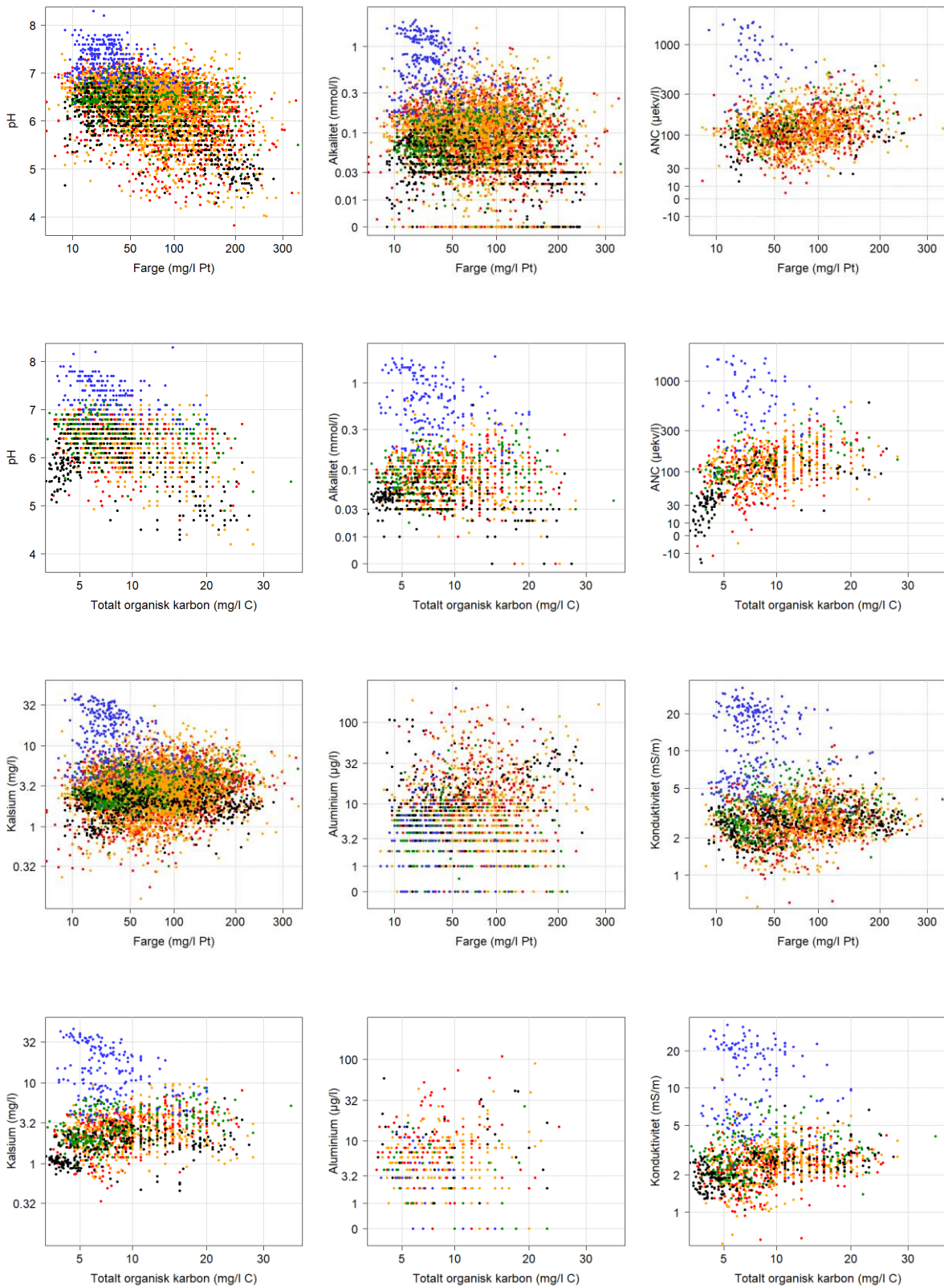
Figur V.3. Målinger av labilt aluminium plottet mot beregnede verdier basert på pH, alkalitet, kalsium og farge, for 1998–2006 (røde punkter) og 2015–2017 (sorte punkter). De målingene som er høyere enn beregnet verdi, vises med punkter over diagonalen, mens de målingene er lavere, vises med punkter 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 tilsvarer en vannprøve). Fargekode som i figur 2.

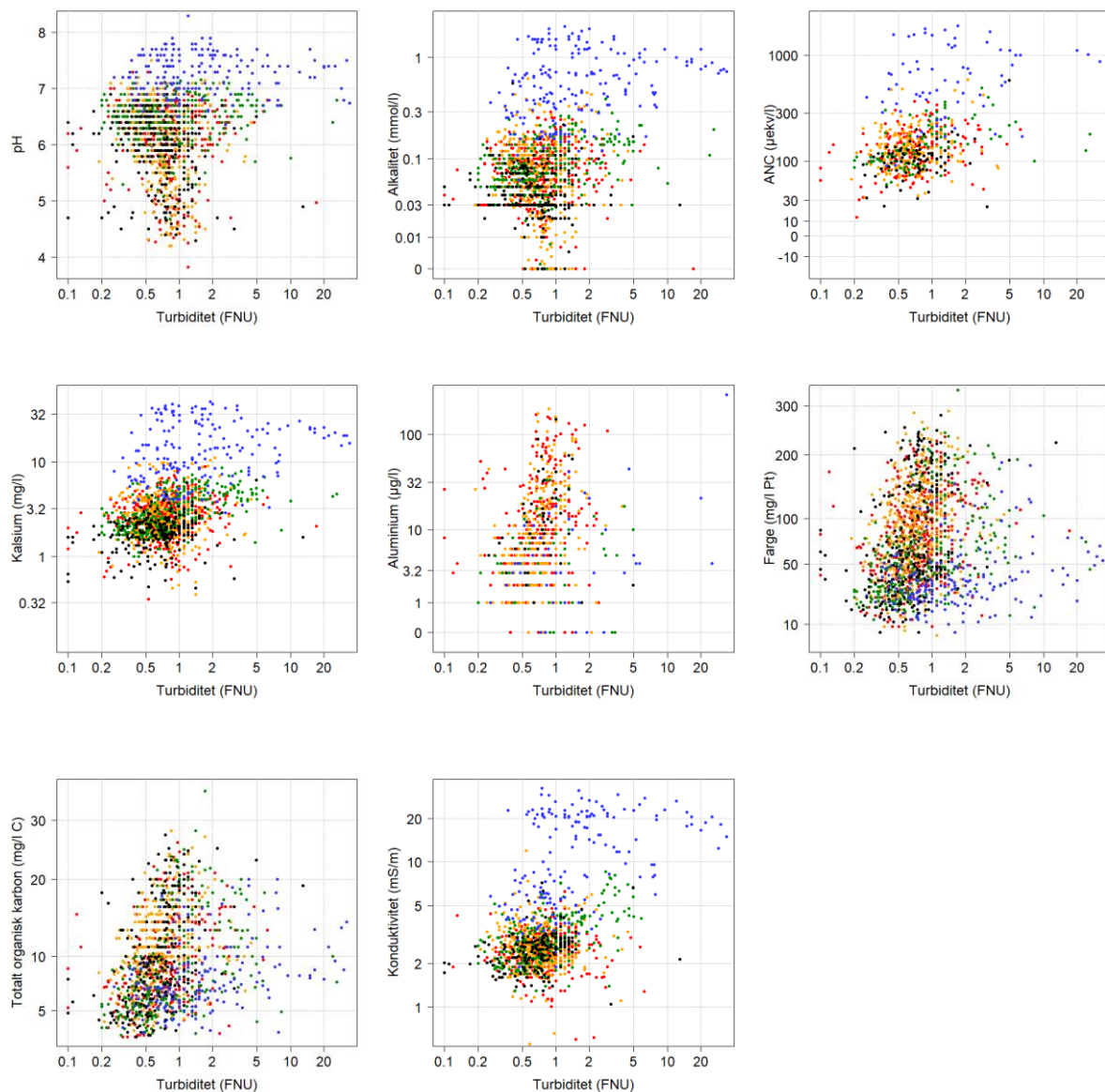
Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus



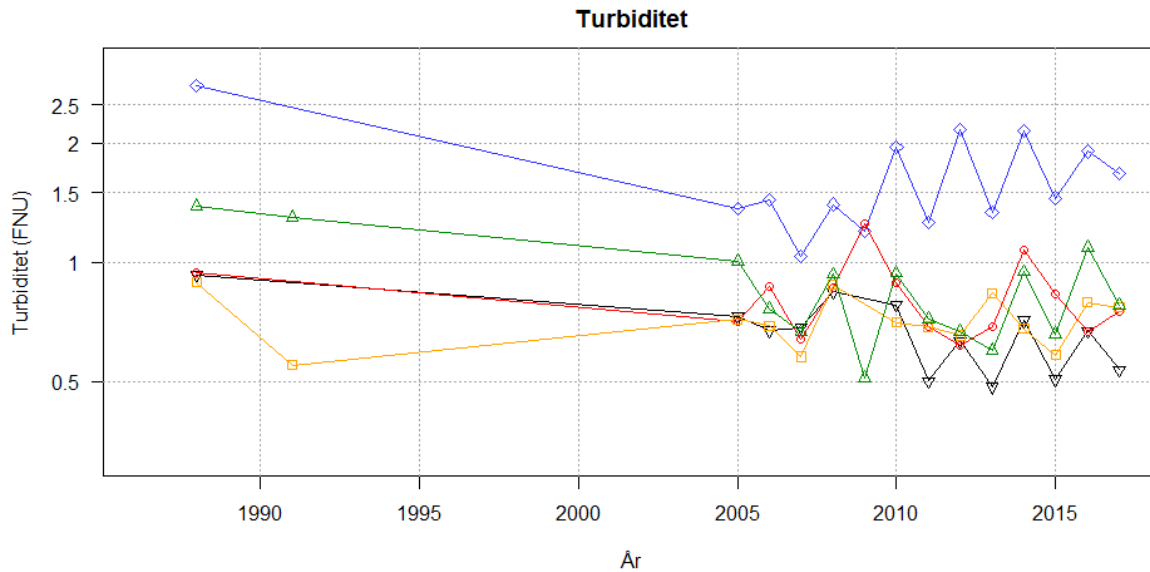
V.6 Turbiditet

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 nedbørmengde 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.



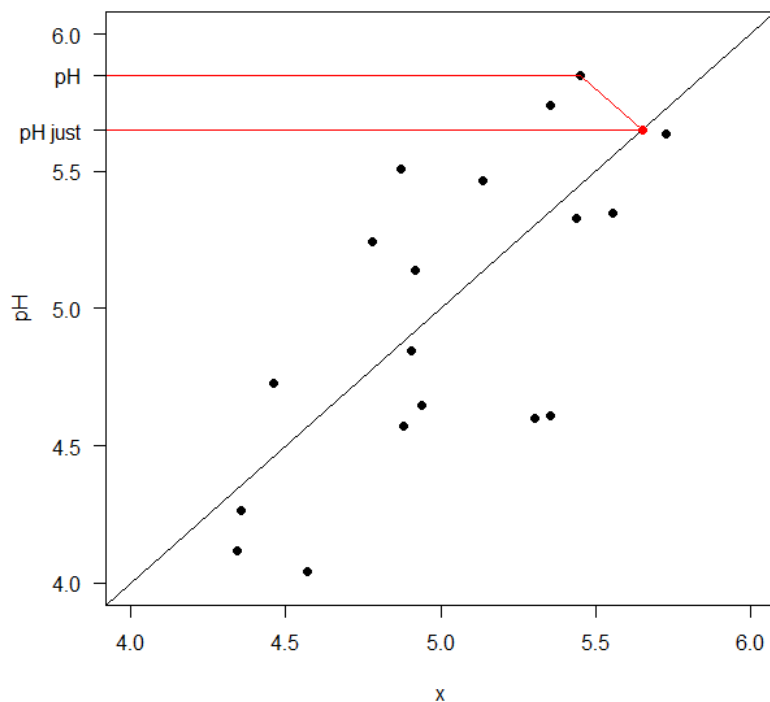
Figur V.6 Utviklingen i turbiditet. Fargekoden er som i figur 2.

V.7 PCA

Prinsipalkomponentanalyse (PCA) er en geometrisk metode for å beskrive variasjonen i et datamateriale 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 prinsipalkomponent. 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 prinsipalkomponent). Så projiseres alle punktene ned på denne linjen. Disse nye punktene kan sees på som verdier av en ny forsøringsparameter 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 | Standardavvik | 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 | Åsnessetertjern utløp | Aurskog-Høland | 5,74 | 0,39 | 0,36 | 5,10 | 5,21 | 5,29 |
| 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 | Twillingtjern 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 | Skjeberg tjerna 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 | Svarttjern 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 | Aurkyltetjern 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/Ørnkollen | Aurskog-Høland | 5,64 | 0,61 | 0,42 | 4,64 | 4,83 | 4,96 |
| 001-42247 | Halstjerna midtre utløp v/Ørnkollen | 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 |

Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

| | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 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 | Bøllertjern 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 |
| 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 | Abbottjern 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 | Fåtjern 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 | Glasbergjern 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 | Kålputten 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 |

Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

| | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-----------|------|------|-------|------|------|------|
| 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 |
| 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 | Sølvbjerg 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 | Tollestjern 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 | Gørrtjern 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 | Gørrtjern 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 | Aborttjern 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 | Falltjernet 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 |

Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

| | | | | | | | | |
|-----------|---|----------------|------|------|-------|------|------|------|
| 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 Rygge vann | 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 | Øyungen 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 |
| 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 | Nesetertjern 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 |

Sammenstilling av vannkvalitetsovervåking i Oslo og Akershus

| | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| 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 |
| 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 | Østervann 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 | Daltjennn 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 | Blekkstjernbekken | 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 |