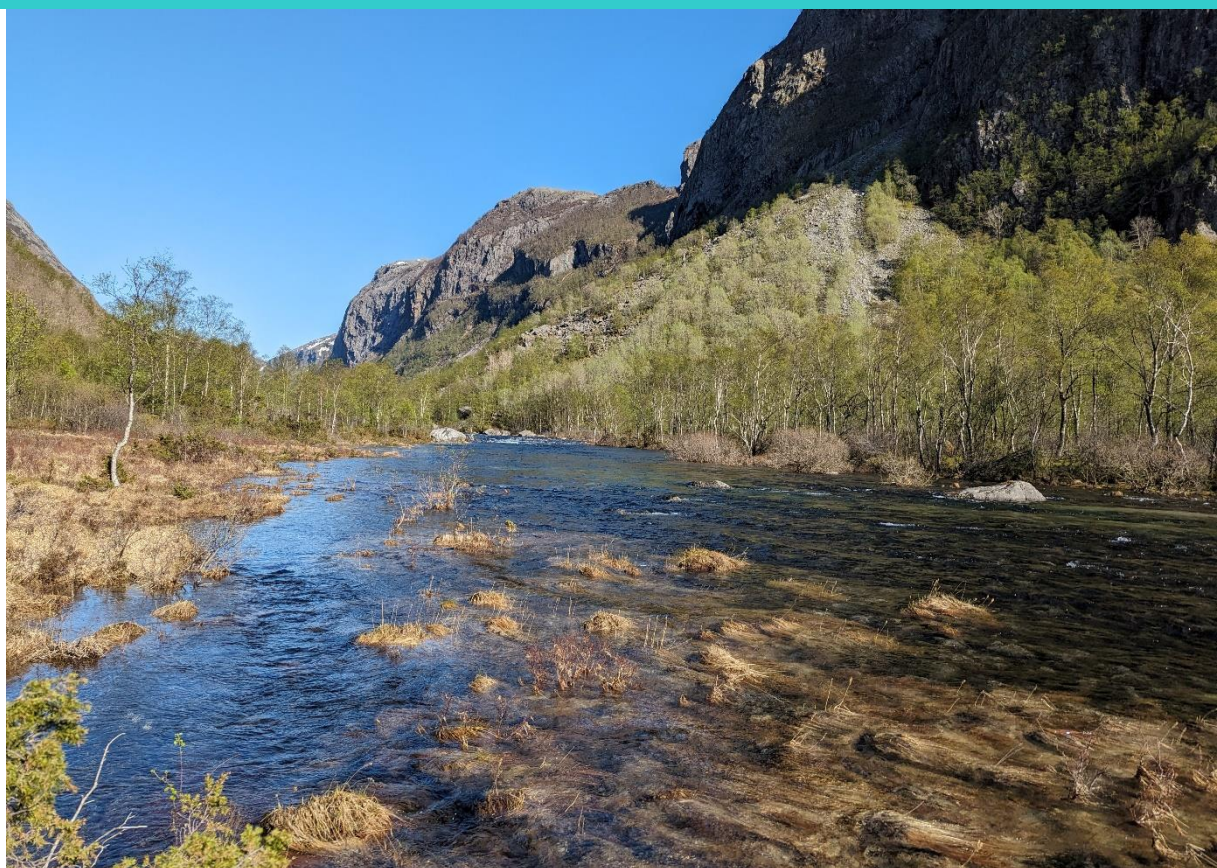


Gjellealuminium på smolt i Agder, Rogaland og Vestland våren 2024



Bjart Are Hellen og
Thomas Tveit
Furset
19.12.2024

Biota Naturkompetanse AS

Edvard Griegs vei 3A, 5059 Bergen

Foretaksnummer 929 669 789

www.biota.no

Rapport

Tittel Gjellealuminium på smolt i Agder, Rogaland og Vestland våren 2024	Rapportnr. 57	Dato 19.12.2024
Forfattere Bjart Are Hellen og Thomas Tveit Furset	Antall sider 29	ISBN nr. 978-82-94075-34-8
Oppdragsgiver Miljødirektoratet	Oppdrag gitt (dato) 02.04.2024	

Kvalitetssikring		
Navn og stilling Linn Eilertsen, daglig leder	Dato 19.12.2024	Signatur 

Emneord	
Labilt aluminium	Gjerstadvassdraget
DGT	Vegårdsvassdraget
Gjellealuminium	Storelva
TOC	Espedalselva
Vannkjemi	Yndesdalsvassdraget
Kalking	Eksingedalsvassdraget

Forsidebilde: Øverste stasjon i Espedalselva 2. mai 2024. Foto: Bjart Are Hellen

FORORD

Biota Naturkompetanse AS har på oppdrag fra Miljødirektoratet undersøkt vannkvalitet, mengde av gjellealuminium og målt aluminium i vannet med passive prøvetakere (DGT) på tre stasjoner i fem vassdrag, to i Agder, ett i Rogaland og tre i Vestland.

Feltundersøkelsene ble utført i perioden 22. april til 11. mai 2024. Bjart Are Hellen, som er cand. scient. i ferskvannsøkologi, hadde ansvaret for feltarbeidet sammen med MSc. Thomas Tveit Furset. Hellen og Furset har utarbeidet rapporten.

Biota Naturkompetanse takker Werner Grov, Bjørn Kåre Løland og Årstein Løland for god assistanse i forbindelse med feltarbeidet.

Takk også til Martin Hagen Ring, Ørjan Simonsen, Knut Erik Møster, Tom-Rune Daae og Sigurd Espedal for tilrettelegging og informasjon i forbindelse med feltarbeidet og om vassdragene, og takk til elveeierlagene i de fem vassdragene som gav tillatelse til å gjennomføre disse undersøkelsene.

Miljødirektoratet ønsker å styrke kunnskapsgrunnlaget knyttet til vannkvalitet og forsurestilstand og påvirkning på laks. Denne rapporten er den del av et analyseprogram som inkluderer gjellealuminium og vannprøver i utvalgte laksevassdrag våren 2024. Undersøkelsene vil kunne brukes som en indikator på tilstanden og underlag i vurderingene av status i laksevassdraget og vurdering av evt. nedjustering/avslutning av kalking.

Vannprøvene og de passive prøvetakerne ble analysert av Eurofins, analysene av gjellene ble utført av NIVA.

Vi takker Miljødirektoratet ved Helge Tjøstheim for oppdraget.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	1
Sammendrag	2
Lokalitetene	4
Metode	6
Resultater	8
Vannkjemi	8
Gjelleprøver	11
Passiv prøvetaker (DGT)	15
Sammenheng mellom pH og aluminium	16
Sammenheng mellom labilt aluminium og gjellealuminium	17
Tilstandsvurdering basert på labilt aluminium og gjellealuminium	17
Sammenheng mellom pH og gjellealuminium	18
Sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-Al	19
Sammenheng mellom labilt aluminium og DGT-Al	20
Diskusjon/Oppsummering	21
Referanser	24
Vedlegg	25

SAMMENDRAG

Hellen BA & Furset TT. 2024. Gjellealuminium på smolt i Agder, Rogaland og Vestland våren 2024. Biota rapport nr. 57. 29 sider. ISBN 978-82-94075-34-8

I dette oppdraget ble vannkjemiske forhold knyttet til forsurening og mengdene av aluminium på fiskegjeller undersøkt en gang i april og en gang i mai 2024 i fem vassdrag: Gjerstadvassdraget og Vegårdvassdraget (Storelva) i Agder, Espedalselva i Rogaland og Eksingedalsvassdraget (Ekso) og Yndesdalsvassdraget i Vestland. Konsentrasjonen av aluminium ble også registrert med en passiv prøvetaker mellom de to måletidspunktene. Totalt ble tre lokaliteter i hvert vassdrag undersøkt. Med unntak av Gjerstadvassdraget er vassdragene avsyret med kalk. I de kalkete vassdragene lå en av stasjonene i hver elv oppstrøms kalkdosereren, eller i ukalket sideelv, og fungerte som referansestasjon.

Det er satt et pH-mål på 6,4 i undersøkelsesperioden i de fire kalkete vassdragene. pH-målet var nådd på alle de kalkete stasjonene med unntak av i Storelva i april da pH var 0,1 enhet under målet. De to elvene i Agder hadde et innhold av totalt organisk karbon (TOC) på mellom 5 og 7 mg/l, konsentrasjonen i Espedalselva og Ekso var mellom 0,3 og 1,4 mg/l, mens det i Yndesdalsvassdraget var mellom 2,3 og 3,5 mg/l.

Resultatene fra de kalkete vassdragene viste markert høyere pH på de avsyrede stasjonene enn referansestasjonene. Konsentrasjonen av labilt aluminium (LAI) viste et mer blandet bilde. I Storelva var det en reduksjon fra referansestasjonen til kalkete stasjoner i mai, men ikke i april. I Ekso og Espedalselva var nivået av LAI svært lavt og likt på alle stasjonene, mens det var en reduksjon i konsentrasjon i LAI fra referansestasjonen til de kalkete stasjonene i Yndesdalsvassdraget. Mengden av gjellealuminium gikk ned fra referansestasjonen til de kalkete stasjonene i alle de kalkete vassdragene. I forhold til klassifiseringsveilederen lå verdiene i tilstandsklasse «moderat» og «dårlig» på referansestasjonene, men var «god» på de kalkpåvirkete stasjonene. DGT-aluminium var også høyest på referansestasjonene i Storelva, Espedalselva og i Yndesdalsvassdraget, mens det i Ekso ble registrert mest DGT-aluminium på en av de kalkete stasjonene.

Det var en svak positiv korrelasjon mellom LAI og mengden gjellealuminium for Vestlandet, mens det ikke var noen sammenheng i Agder og for hele materialet samlet. Det var imidlertid en moderat sammenheng mellom pH og gjellealuminium for Vestlandselvene og hele materialet samlet, mens sammenhengen var svak for Agder. Basert på dette resultatet er pH en bedre måleparameter for å utrykke mengden gjellealuminium i elvene enn LAI.

Det var heller ikke noen sammenheng mellom målte verdier av gjellealuminium og mengden reaktivt aluminium målt med passiv prøvetaker (DGT-aluminium) for alle prøvepunktene samlet. Heller ikke for Agder var det noen sammenheng. For Vestlandselvene var det imidlertid en god sammenheng mellom DGT-aluminium og gjellealuminium. Sammenhengen bæres imidlertid av en høy verdi på referanselokaliteten i Yndesdalsvassdraget, som hadde betydelig mer gjellealuminium enn noen annen lokalitet i denne undersøkelsen.

INNLEDNING

Mange vassdrag i Sør-Norge har vært utsatt for forsuring, men siden 1990-tallet har forsuringssituasjonen bedret seg. Forvaltningen ved Miljødirektoratet og Statsforvalteren arbeider systematisk med optimalisering, planlegging og gjennomføring av kalkingsprosjekter for å motvirke forsuring i innsjøer og laksevassdrag. De siste årene har kalkingen på sommeren/høsten blitt gradvis redusert eller har opphørt i flere av laksevassdragene i Vestland og Rogaland. Nivåene av labilt (giftig) aluminium i enkelte av vassdragene i disse to fylkene har i flere år vært så lave at man i tillegg har redusert pH-målet (Sægrov mfl. 2024). Det har de siste årene vært en betydelig reduksjon i kalkforbruket i mange av laksevassdragene i Norge. I forbindelse med nedtrappingen av kalkingen og en eventuell ytterligere nedtrapping eller stans i kalkingen er det et ønske om å øke kontrollen av de biologiske effektene av en slik reduksjon og det har derfor blitt gjennomført overvåking av mengden av aluminium på fiskegjellene til presmolt i kalkete vassdrag de siste årene.

Analyse av aluminium på gjeller hos fisk ble innført og var en viktig støtteparameter i forskningsvirksomheten knyttet til forsuringsproblematikk på 1990-tallet, metoden ble særlig benyttet i forsøk, men det foreligger også en god del målinger fra vassdrag (Rosseland mfl. 1992, Kvellestad & Larsen 1999, Poléo mfl. 2002, Kroglund og Rosseland 2004, Teien mfl. 2006). Studier har vist at det er en sammenheng mellom mengden gjellealuminium hos smolten og overlevelsen i sjø (Kroglund mfl. 2007). Det er relevant å inkludere gjellealuminium i overvåkingen for å få en bedre vurdering av om aluminium i vannet fremdeles er giftig for fisken.

Analyse av gjellealuminium innebærer fangst av fisk og avliving av denne før prøvetaking. Det er et mål om å redusere bruk av levende dyr i forsøk. Bruk av passive prøvetakere for å registrere aluminium (Diffusive gradient thin films (DGT)) kan være en alternativ metode som er enklere, reduserer bruk av levende dyr og som eliminerer noen usikkerheter knyttet til analyse av gjellealuminium. Metoden ble inkludert i dette prøveprogrammet i 2023 og viste god sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-aluminium ved høye konsentrasjoner av labilt aluminium (Hellen 2024, Kålås mfl. 2024), men at det var ønskelig med flere prøvepunkter for å kunne konkludere i hvilken grad metoden er egnet til å erstatte gjellealuminium.

Det er også ønskelig å få svar på om kalkingen i de undersøkte vassdragene er tilstrekkelig, eller om annen optimalisering er nødvendig, evt. om kalkingen kan avsluttes.

LOKALITETENE

Det ble utført undersøkelser i fem vassdrag, to i Agder ett i Rogaland og to i Vestland. Rogaland og Vestland blir i denne rapporten i flere sammenhenger benevnt sammen som Vestlandet. I hvert vassdrag ble det gjort undersøkelser på tre stasjoner (**Tabell 1**). Med unntak av Gjerstadvassdraget i Agder pågår det kalking i alle vassdrag. I vassdragene med kalking ble det samlet inn prøver tatt fra én stasjon i hvert vassdrag som ikke var påvirket av kalkingen (referansestasjon), samt to stasjoner på avsytet strekning, fortrinnsvis midt i vassdraget og i nedre del.

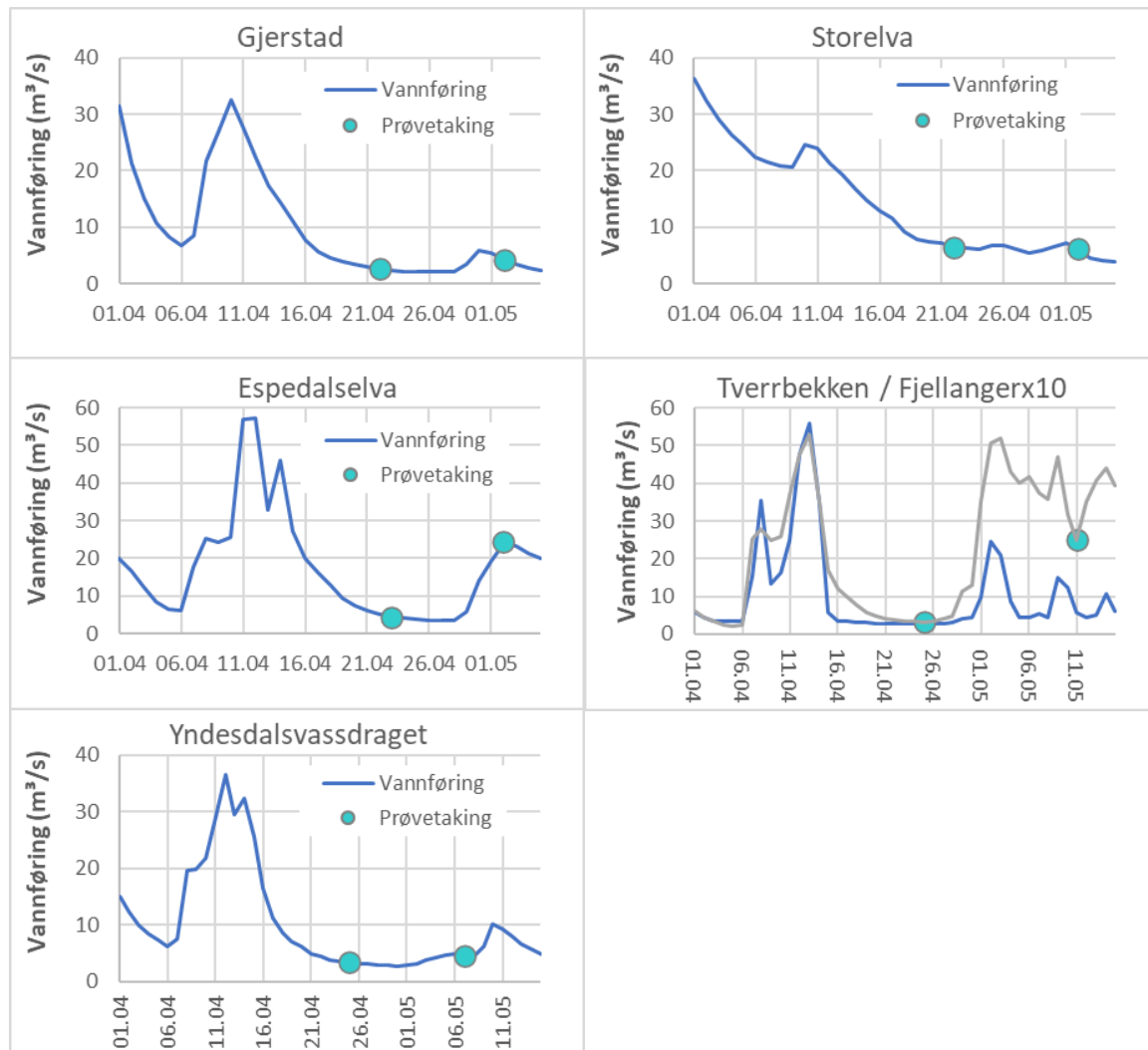
Kalkingsmålet i undersøkelsesperioden for de fire kalkete vassdragene var pH 6,4.

Tabell 1. Lokalteter der det ble samlet inn gjelleprøver. Vassdrag, lokalitetsnavn, Vannlokalitets ID (fra vannmiljø.no), UTM koordinater i sonebelte 32 V, og dato for 1. og 2. prøvetakingsrunde.

Vassdrag (navn og nr.)	Lokalitetsnavn	Vann lok ID	UTM X	UTM Y	Dato 1. runde	Dato 2. runde
Gjerstadvassdraget 018.2Z	Oppe	018-118565	505082	6516589	22. april	1. mai
	Midt (Haugelva)	018-46483	504857	6516617	22. april	1. mai
	Nede	018-118564	504893	6514214	22. april	1. mai
Storelva Vegårdvassdraget 018.Z	Oppe	018-55799	491633	6510652	22. april	2. mai
	Midt	018-59718	491266	6500584	22. april	2. mai
	Nede	018-59721	494627	6500181	22. april	2. mai
Espedalselva 030.4Z	Oppe	030-59816	345073	6534385	23. april	2. mai
	Midt	030-59818	343409	6534320	23. april	2. mai
	Nede	030-59823	335906	6528405	23. april	2. mai
Ekso 063.Z	Oppe	063-79634	328929	6742535	25. april	11. mai
	Midt	063-79593	326560	6739356	25. april	11. mai
	Nede	063-79636	325691	6737885	25. april	11. mai
Yndesdalsvassdraget 067.6Z	Oppe (Tangedal)	067-79588	295630	6755784	25. april	7. mai
	Midt	067-79582	294289	6754576	25. april	7. mai
	Nede	067-58825	294180	6753892	25. april	7. mai

Vannføring

I de to vassdragene i Agder var snøsmeltingen over før prøvetakingen startet opp, og vannføringen på innsamlingstidspunktene og mellom dem var omtrent som gjennomsnittsvannføringen for vassdraget. I Espedalselva var det normalvannføring ved første prøvetaking, mens det var høy vannføring på det andre prøvetakingstidspunktet da DTG-ene ble samlet inn. I Ekso er det ikke vannføringsmålinger tilgjengelig fra hovedelven, og vannføringen i vassdraget er representert med to sideelver. Vannføringskurvene viser en betydelig snøsmelting mellom første og andre prøvetakingrunde. I Yndesdalsvassdraget var snøsmeltingen over før prøvetakingen startet, og vannføringen var relativt stabil og litt under gjennomsnittsvannføringen for vassdraget (**Figur 1**).



Figur 1. Vannføring med markert prøvetakingstidspunkt i de undersøkte vassdragene. Oppe til venstre: Vannføring i Gjerstavassdraget, data fra NVE-målestasjon: Gjerstad (18.10.0). Oppe til høyre: Vannføring i Storelva, data fra NVE-målestasjon: Lundevann (18.4.0). Midten til venstre: Vannføring i Espedalselva, ved kalkdosereren i Løland. Midten til høyre: Vannføring på to målestasjoner i Eksingedalsvassdraget som begge representerer sidebekker, data fra Tverrbekken er fra kalkingsovervåkingen, mens data fra Fjellanger er fra NVE-målestasjon: Fjellanger (63.12.0). Nede til venstre: Vannføring i Yndesdalsvassdraget, ved kalkdosereren i Lågefossen/Ostavatnet.

METODE

Vannprøver

Ved hvert besøk på prøvetakingsstasjonene ble det tatt vannprøver. Prøvene ble oppbevart mørkt og kjølig fram til de bli levert inn til det akkrediterte laboratoriet Eurofins og analysert for pH, turbiditet, magnesium, natrium, kalsium, kalium, klorid, sulfat, nitrat, total reaktiv aluminium (TRAL), ikke-labilt aluminium (ILAL), total alkalinitet (ALK), Pt-farge og TOC. Der konsentrasjonen var lavere enn kvantifiseringsgrensen er det i databehandlingen satt en verdi som er under kvantifiseringsgrensen, for blant annet å kunne illustrere resultatet i figurer. Alle resultater er presentert i **Vedlegg 1**, og her fremgår det også hvilke analyser som var under kvantifiseringsgrensen. Basert på analyseresultatene ble labilt aluminium (LAI) og ANC og ANC_{TOC} beregnet.

Gjelleprøver

Det ble samlet inn gjeller fra 5 laks eller ørret på tre stasjoner i hvert vassdrag ved to anledninger (**Tabell 1**). Det ble primært fanget fisk som var i ferd med å smoltifisere, men på enkelte stasjoner som lå oppstrøms anadromt vandringshinder var det bekkeørret som ble samlet inn. For å ha referanser til disse ørretene, ble det også fanget enkelte ørret på anadrome stasjoner. Det ble gjort en test på om det var forskjell i konsentrasjonen av aluminium på laks og ørret som var fanget på de samme stasjonene. For å gjøre testen sikrere ble data fra tilsvarende undersøkelse utført i 13 vassdrag i Vestland, to i Rogaland og to i Agder inkludert i datagrunnlaget, totalt 112 stasjoner (Hellen & Eilertsen 2024, Hellen & Furset 2024 under utarbeidelse, Hellen 2024). Siden konsentrasjonen av aluminium på gjellene ikke var normalfordelt ble det gjort en test med en Linear mixed model tilpasset REML i statistikkprogrammet R. Testen viste at det ikke var noen forskjell i mengden av aluminium på gjellene hos laks og ørret ($p=0,52$). Både laks og ørret ble derfor brukt samlet i den videre dataanalysen.



Figur 2. Laksesmolt fra stasjonen midt i Ekso den 11. mai 2024.

All fisk som ble fanget ble avlivet, lengdemålt og artsbestemt i felt. Andre gjellebue på høyre side fra hver av fiskene ble dissekert ut i felt og lagt i emballasje, fryst ned og sendt til NIVA sitt laboratorium i Oslo for analyse. Alle fiskene ble tatt med for videre analyse på laboratoriet, her ble fisken veid og kjønn og kjønnsmodningsgrad ble fastsatt. Alderen på fiskene ble avlest ved bruk av otolitter.

På laboratoriet ble gjellene frysetørket og oppløst i syre, og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe) og kobber (Cu) bestemt ved ICP-OES (Induktivt kopla plasma emisjons-spektroskopi). Konsentrasjonen av Al, Fe og Cu på gjellene er oppgitt i μg per gram tørr gjelle, og resultatene for enkeltfisker er vist i **Vedlegg 3**.

Passiv prøvetaker (DGT)

De passive prøvetakerne ble hengt ut på de samme stasjonene hvor det ble samlet inn fisk og tatt vannprøver. I prøvetakerne er det gel som er diffusjonsbarriere for ioner. Ionene fanges opp av en adsorbent (Chelex ionebytter) som har evne til å fange opp metallioner. Opptaket i en DGT styres av konsentrasjonsforskjellen i vannet på utsiden av membranen og en adsorbent (ionebytter i gel) på innsiden.

Prøvetakerne ble hengende fra første til andre prøvetakingsrunde, og prøvetakingsperioden varierte fra 9 til 16 dager. Etter innsamling ble prøvene oppbevart kjølig og mørkt og sendt til NIVA sitt laboratorium i Oslo for analyse. Av ulike grunner ble prøvene videresendt til Eurofins sitt analyselaboratorium i Oslo og analysert der.

Etter eksponering ble metallene løst ut fra adsorbenten og ble bestemt med klassisk ICPMS (ICP-Plasma-MasseSpektrometri). Middelkonsentrasjonen over prøvetakingstiden ble beregnet ut fra den mengde som ble fanget opp, hvor lenge prøvetakere hadde hengt ute og temperatur i prøvetakingsperioden.



Figur 3. Venstre: Laksesmolt nede i Dirdalselva i 2023, klar for å få dissekert ut en gjellebue. Høyre: Nett med passiv prøvetaker i Ekso i 2024. Prøvetakeren ligger i det øverste «rommet» i nettet, i det nederste «rommet» er det et lodd som sørger for at nettet hele tiden ligger under vann. Nettet er festet i en vaier på land som sørger for at prøvetakeren ikke legger seg ned på bunnen.

Tilstandsklasser

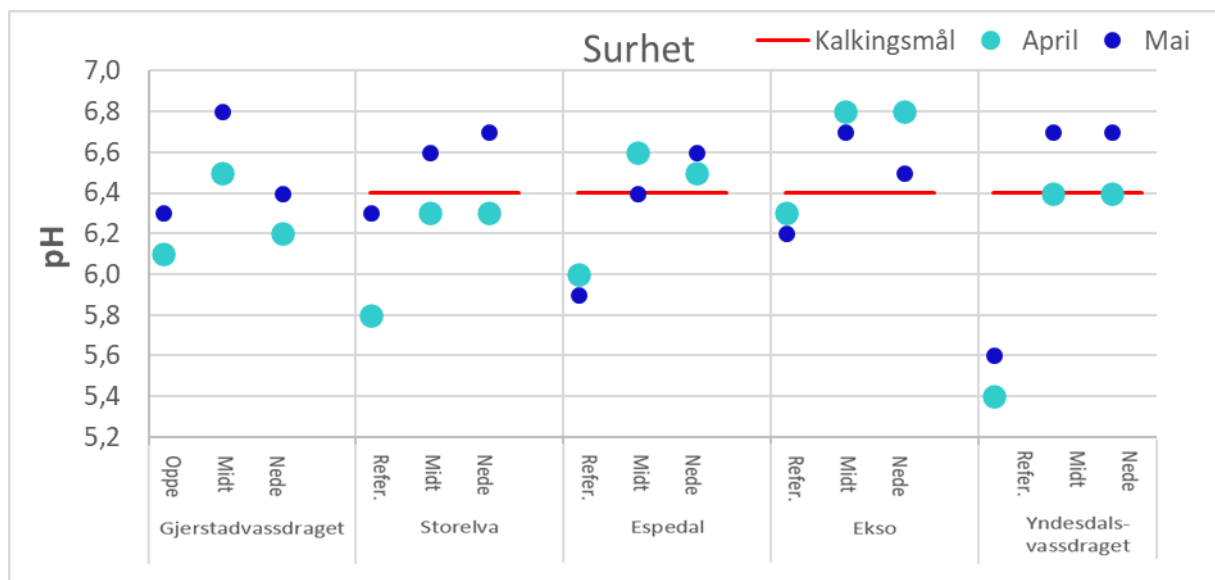
Vurderinger av tilstandsklasser for labilt aluminium og gjellealuminium er gjort i henhold til grenser fastsatt for smolt i veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Dersom ikke annet er angitt er verdier for gjellealuminium som overstiger intervallet for beste tilstandsklasse angitt som tilstandsklasse «god».

RESULTATER

Vannkjemi

På referansestasjonene varierte pH mellom 5,4 og 6,3, klart lavest pH var det på referansestasjonen i Yndesdalsvassdraget som ligger i Tangedalselva (**Figur 4**). På stasjonene som er kalket var pH mellom 6,3 og 6,8, det var i Ekso det ble målt høyest pH. I Gjerstadvassdraget, der det ikke er kalking, var pH mellom 6,1 og 6,8, her var pH høyest på den midterste stasjonen som er i sideelven Haugelva.

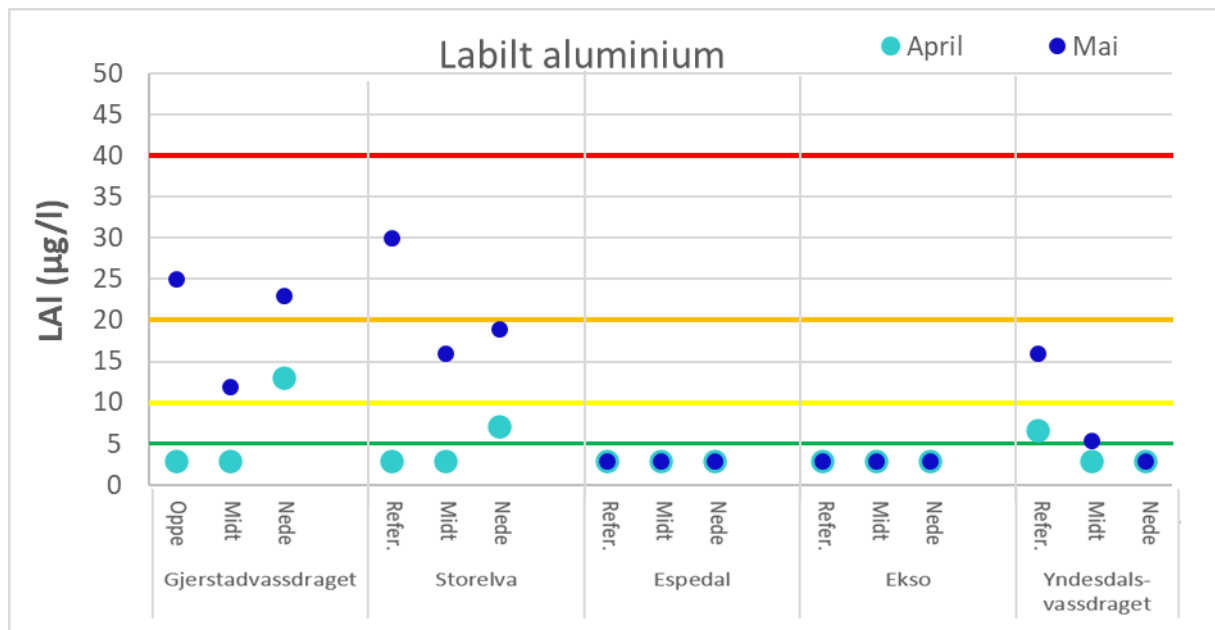
Det var relativt liten variasjon i pH mellom de to prøvetidspunktene, størst avvik var 0,3 pH-enheter, med unntak av i Storelva der pH var hhv. 0,5 og 0,4 pH-enheter høyere i begynnelsen av mai sammenlignet med i april. I Gjerstadvassdraget, Storelva og i Yndesdalsvassdraget var pH høyere på alle stasjonene i mai sammenlignet med i april, mens det stort sett var motsatt i Espedalselva og i Ekso (**Figur 4**). I alle de kalkete vassdragene var det markert lavere pH-verdier ved samme prøvetakingstidspunkt på referansestasjonene sammenlignet med stasjonene som var kalket. På alle de kalkete stasjonene var pH-målet nådd med unntak av i Storelva i april da pH var 0,1 enhet under målet.



Figur 4. Surhet (pH) på de undersøkte stasjonene i april og mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**. Kalkingsmålet er vist med røde linjer.

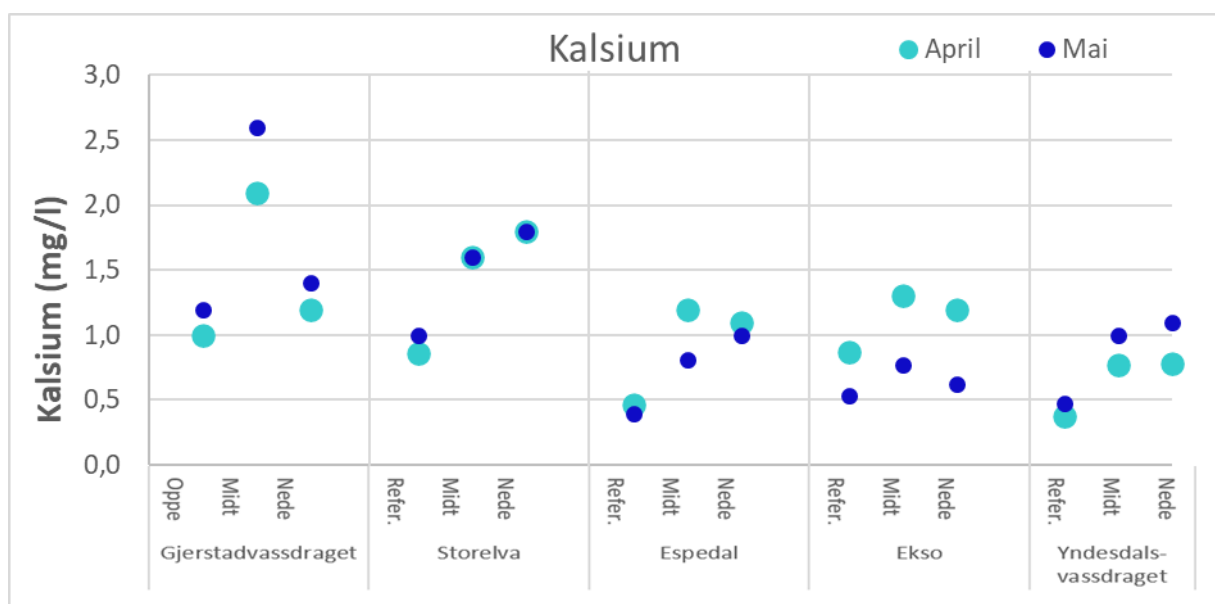
Det var i de to elvene i Agder det var størst forskjell konsentrasjon i labilt aluminium mellom april og mai. I Gjerstadvassdraget var det høyere konsentrasjoner av labilt aluminium i mai sammenlignet med i april, med verdier i mai på mellom 12 og 25 µg/l, og for de to stasjonene i hovedelven tilsvarer dette tilstandsklasse «dårlig». Også i Storelva var det høyest konsentrasjoner av labilt aluminium i mai, og høyest konsentrasjon var det på referansestasjonen med 30 µg/l, som også er den høyeste målte konsentrasjonen i denne undersøkelsen. I april var det markert lavere konsentrasjoner av LAI i begge disse vassdragene.

I Ekso og i Espedalselva var det svært lite labilt aluminium på alle stasjonene både i april og mai. Mengden totalt aluminium i disse to vassdragene var fra 34 til 64 mg/l, mens konsentrasjonen av reaktivt aluminium var mellom 3 og 15 mg/l i Espedalselva, og aldri mer enn 7 mg/l i Ekso (**Vedlegg 1**). Yndesdalsvassdraget hadde også høyere konsentrasjoner av labilt aluminium i mai sammenlignet med i april, men på de to kalkete stasjonene var forskjellene mellom de to tidspunktene små. På referansestasjonen ble det målt 16 µg/l i mai, noe som tilsvarer tilstandsklasse «moderat» (**Figur 5**).



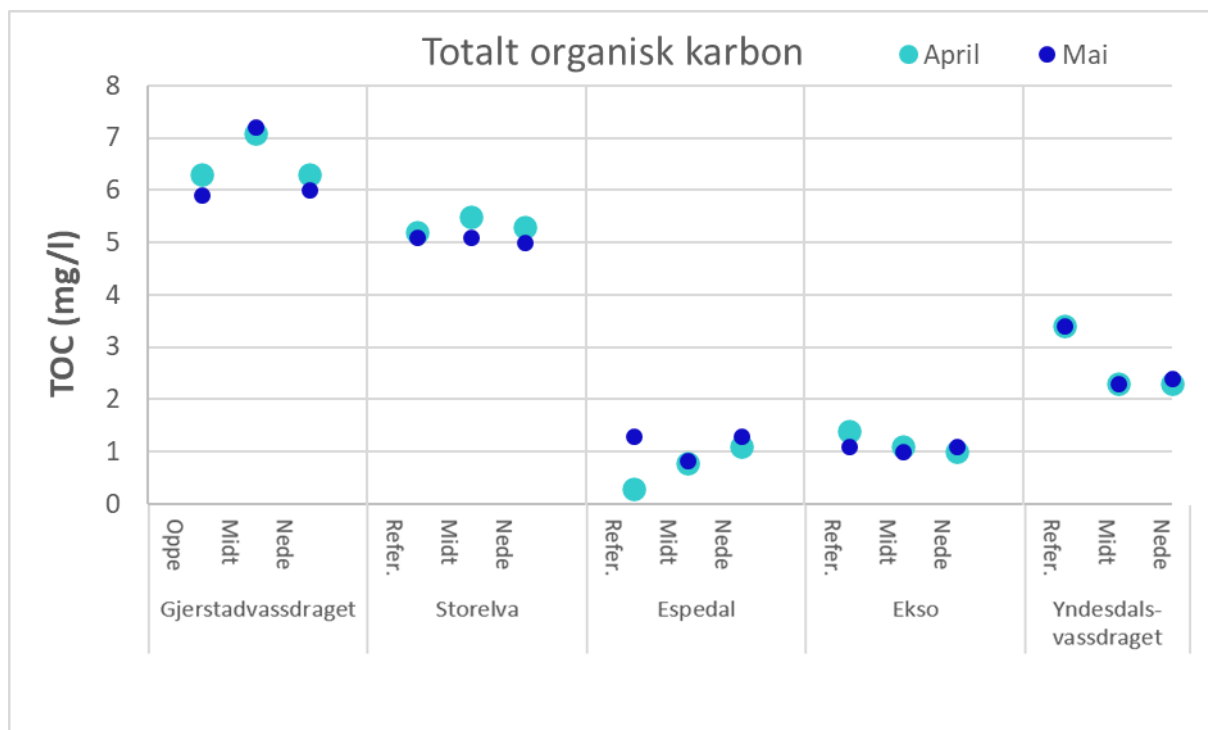
Figur 5. Konsentrasjon (µg/l) av labilt aluminium på de undersøkte stasjonene i april og mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er tilstandsklasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er tilstandsklasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig». For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

Høyest kalsiumkonsentrasjon ble målt i Haugelva (stasjon midt) i Gjerstadvassdraget, her var det i april og mai hhv. 2,1 og 2,6 mg/l, i hovedelven var konsentrasjonene fra 1,0 til 1,4 mg/l. I de fire andre vassdragene var det markert høyere konsentrasjon av kalsium på de kalkete stasjonene sammenlignet med referansestasjonene. I Storelva var konsentrasjonene på referansestasjonen rundt 1 mg/l, mens den var mellom 1,6 og 1,8 mg/l på de kalkete stasjonene. I de tre andre kalkingselvene var kalsiumkonsentrasjonen stort sett rundt 0,5 på referansestasjonene, og fra 0,6 til 1,3 mg på kalkete stasjoner.



Figur 6. Kalsiumkonsentrasjonen (mg/l) på de undersøkte stasjonene i april og mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

Innholdet av TOC (totalt organisk karbon) var betydelig høyere i Agder enn på Vestlandet (**Figur 7**). I Agder lå konsentrasjonen mellom 5 og 7,2 mg/l, mens TOC i Espedalselva og i Ekso var mellom 0,3 og 1,4 mg/l. Yndesdalsvassdraget lå litt høyere enn de to andre Vestlandsvassdragene og her var konsentrasjonen av TOC mellom 2,3 og 3,4. Det er generelt veldig liten forskjell i TOC mellom de ulike prøvetidspunktene for hver enkelt stasjon.



Figur 7. Konsentrasjon totalt organisk karbon (mg TOC/l) på de undersøkte stasjonene i april og mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

Gjelleprøver

De høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonene av aluminium på gjellene ble målt på referansestasjonen (Tangedalselva) i Yndesdalsvassdraget. Både i april og mai var det høyere nivå av gjellealuminium på referansestasjonene sammenlignet med de kalkete stasjonene i alle vassdragene. Det var imidlertid små forskjeller i Ekso, det var det også i mai i Espedalselva. Gjennomsnittlig mengde av gjellealuminium for april og mai gav tilstandsklasse «moderat» på referansestasjonene i Storelva i Agder og Espedal i Rogaland. I Ekso tilsvarte mengden gjellealuminium i april tilstandsklasse «moderat» på referansestasjonen og nede i vassdraget, mens den var «god» på den midterste stasjonen, noe den også var på alle stasjonene i Ekso i mai. I Yndesdalsvassdraget i Vestland var tilstanden «dårlig» på referansestasjonen, mens den var god på de kalkete stasjonene. Det er en enkeltfisk med svært høye verdier av gjellealuminium referansestasjonen i Ekso i mai, denne uteliggeren er utelatt i vurderingen av resultatene. Det var noe variasjon i konsentrasjonene av gjellealuminium mellom enkeltfisk

I Gjerstadvassdraget, der det ikke er kalking, var gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene fra 19 til 30 µg Al/g gjelle i april og mellom 8 og 18 µg/g gjelle i mai. For den nederste stasjonen gir dette tilstandsklasse «moderat» i april og «god» i mai, mens de andre målepunktene kommer i tilstandsklasse «god» både i april og mai.

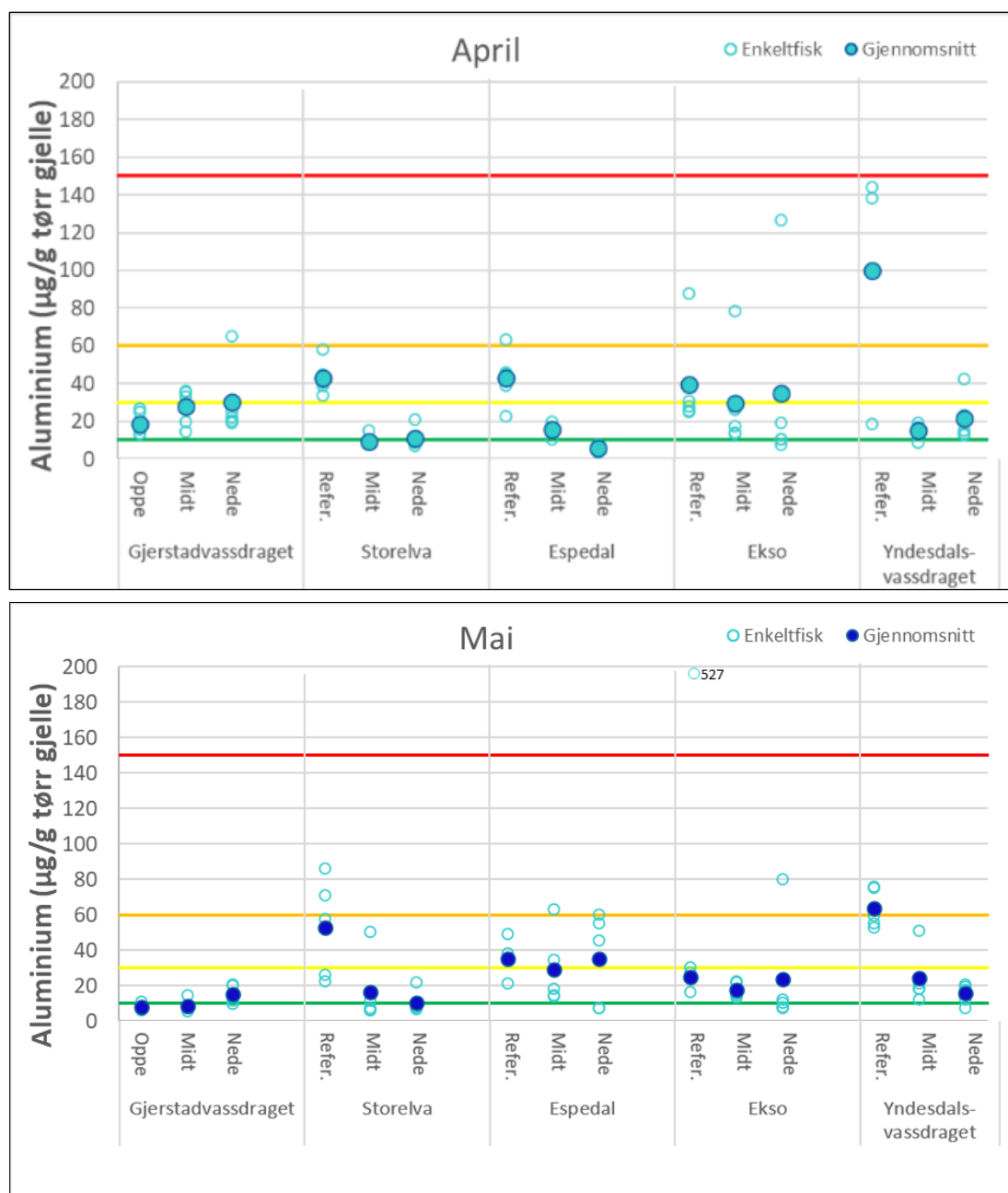
Storelva var det i gjennomsnitt hhv. 43 og 53 µg Al/g gjelle oppe i vassdraget, mens gjennomsnittsverdiene på kalket strekning var fra 10-17 µg Al/g gjelle. Dette gir tilstandsklasse «moderat» oppe og tilstandsklasse «god» på de to andre stasjonene for begge måletidspunktene (**Figur 8**).

I Espedalselva var det «moderat» tilstand på referansestasjonen både i april og mai, det var det også på den nederste stasjonen i mai, på de andre målingene var det «god» tilstand.

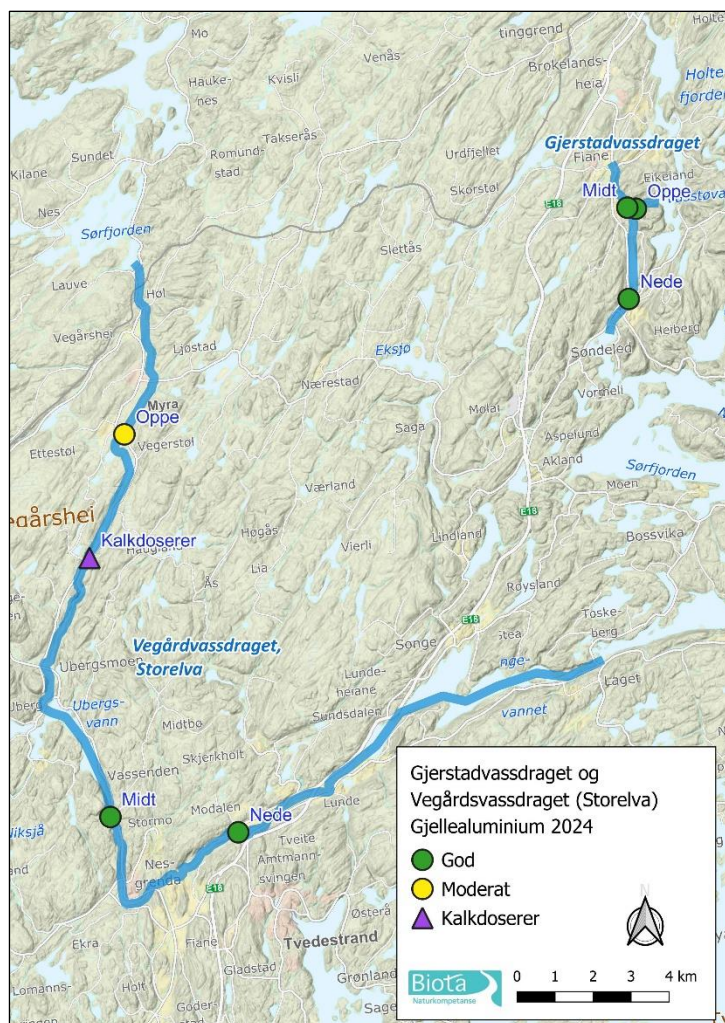
I Ekso var det i gjennomsnitt hhv. 39 og 25 µg Al/g gjelle på referansestasjonen oppe i vassdraget, som tilsvarer tilstandsklasse «moderat» og «god». I mai ble det målt 527 µg Al/g gjelle på en fisk på referansestasjonen, mens de andre fiskene hadde mellom 17 og 30 µg Al/g gjelle, dersom fisken med avvikende resultat hadde blitt tatt med, ville resultatet i mai blitt 125 µg Al/g gjelle. I april var gjennomsnittsverdien av gjellealuminium like under 30 på den midterste stasjonen og like over 30 µg Al/g på den nederste stasjonen, noe som tilsvarer hhv. tilstandsklasse «god» og «moderat». I mai var det «god» tilstand på begge de kalkete stasjonene i Ekso.

i Yndesdalsvassdraget hadde referansestasjonen i april og mai i gjennomsnitt hhv. 100 og 63 µgAl/g gjelle, begge målingene gir tilstandsklasse «dårlig». Snitt for april og mai var 82 µgAl/g, noe som er det høyeste snittet i denne undersøkelsen. På de to kalkete stasjonene lå gjennomsnittsverdiene mellom 16 og 24 µgAl/g, verdier som tilsvarer tilstandsklassen «god».

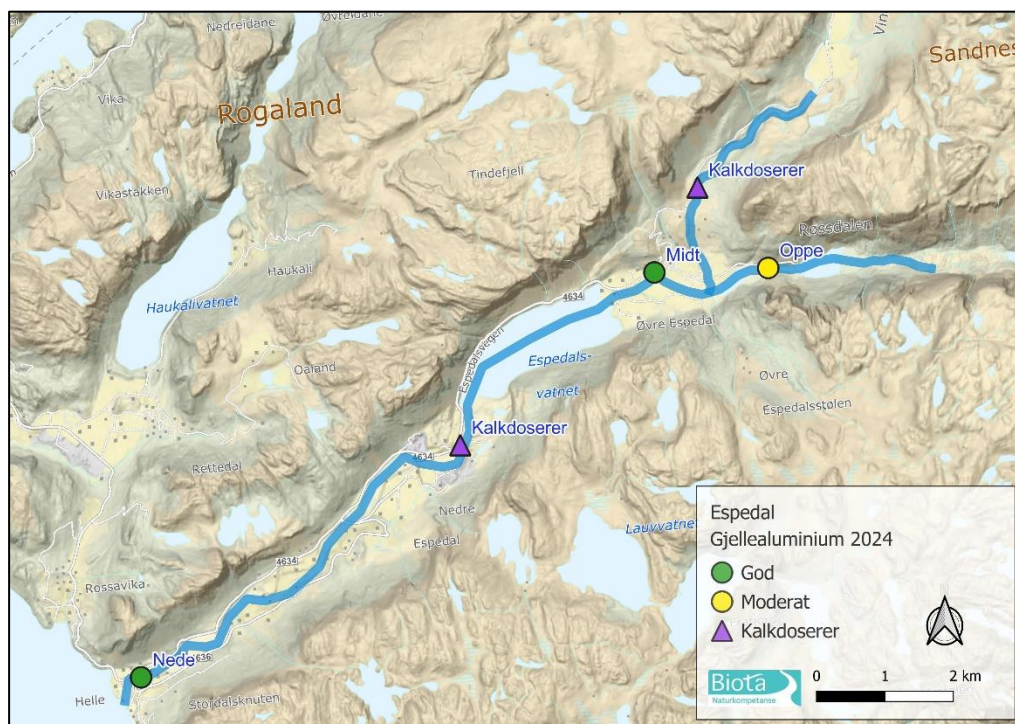
Tilstandsklasse basert på gjennomsnittlig konsentrasjon av gjellealuminium for prøvetakingen i april og mai for enkeltstasjoner i hvert av de fem vassdragene er vist i **Figur 9** til **Figur 11**. på hver stasjon, men variasjonen avtok når konsentrasjonen gikk ned (**Figur 8**).



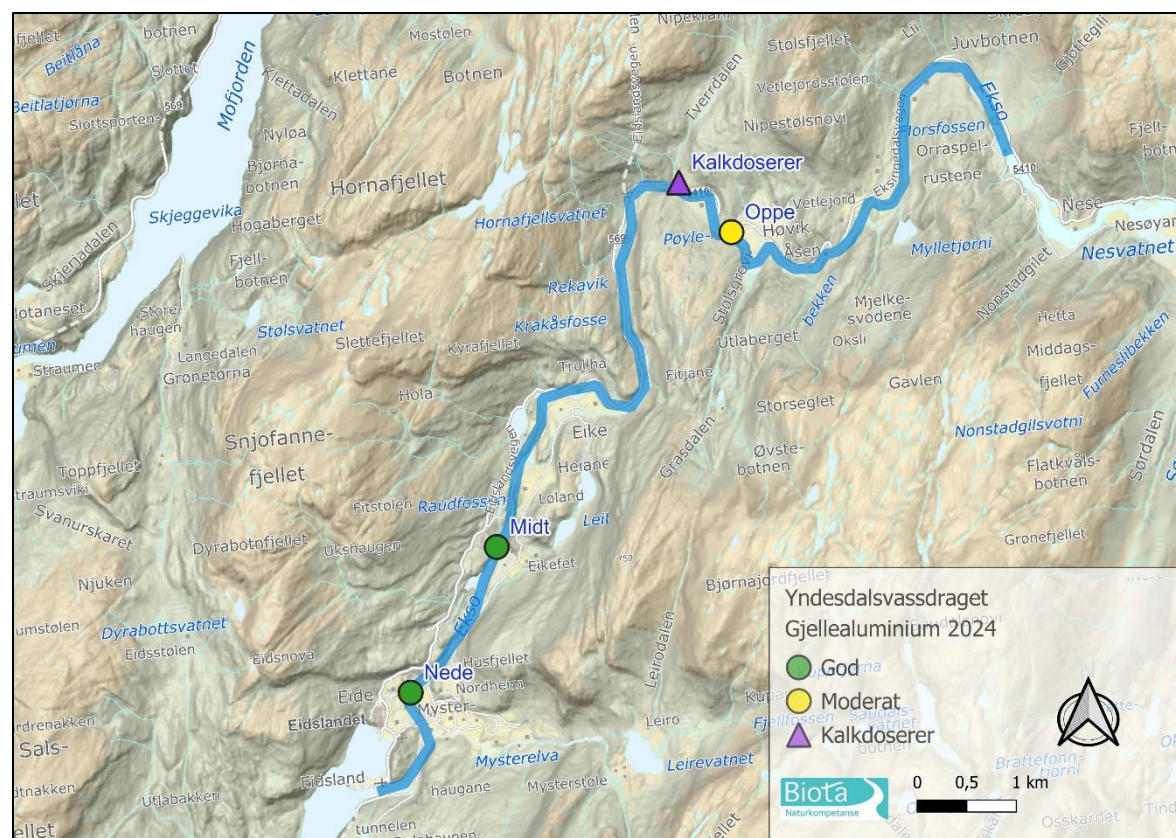
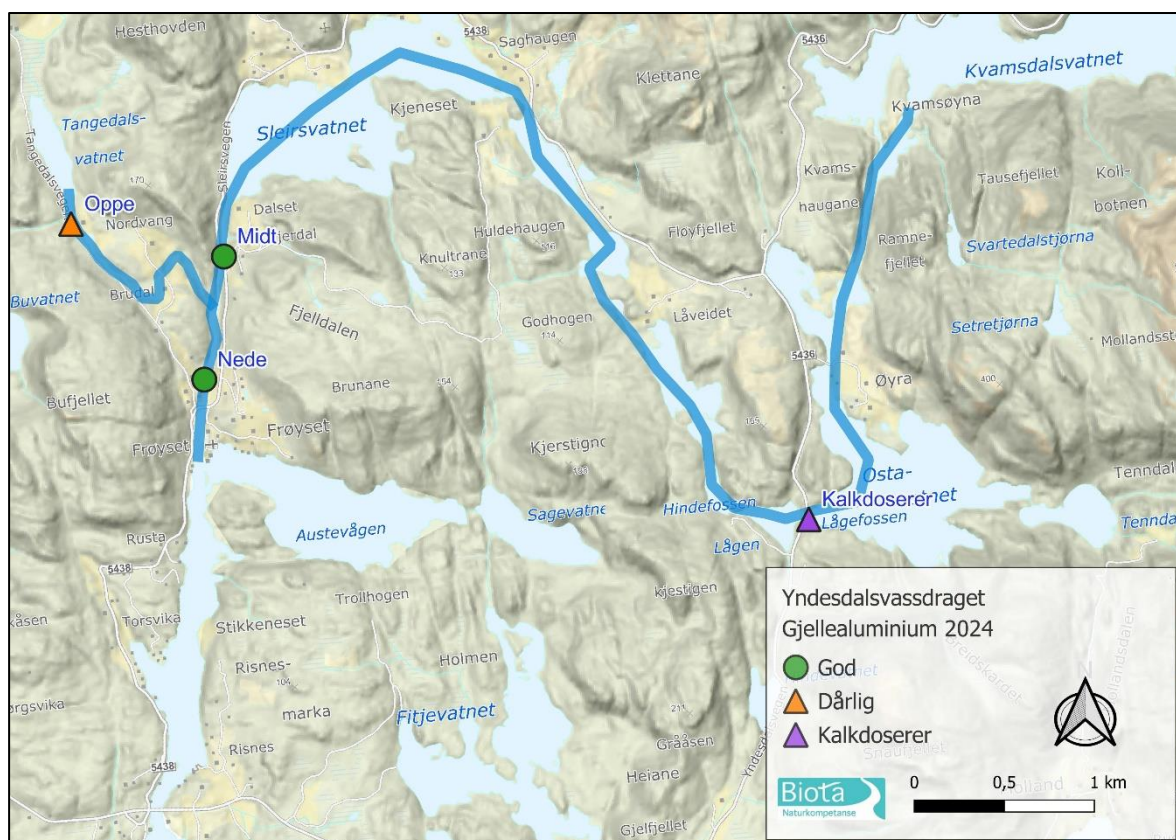
Figur 8. Mengde av aluminium på gjellene til undersøkt fisk i to vassdrag i Agder, ett i Rogaland og to i Vestland i april og mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er tilstandsklasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er tilstandsklasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig». For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**. Gjennomsnittsverdi for referansestasjon i Ekso i mai er beregnet uten «uteligger» på 527 $\mu\text{g/l}$.



Figur 9. Gjerstad- og Vegårdvassdraget (Storelva) med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i april og mai 2024. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.



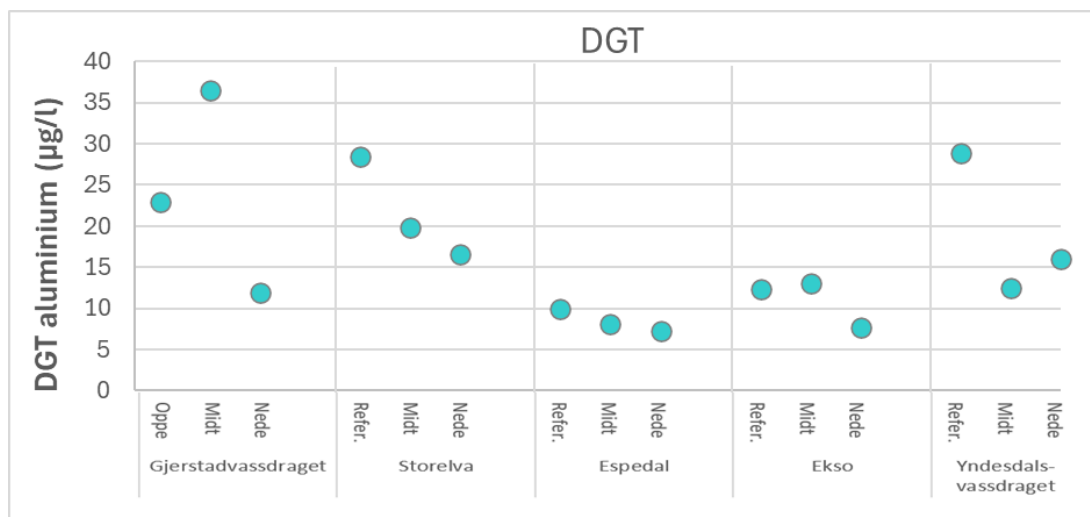
Figur 10. Espedalselva med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i april og mai 2024. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.



Figur 11. Ekso (oppe) og Yndesdalsvassdraget med plassering av stasjoner for gjelleprøvetaking i april og mai 2024. Tilstandsklasse iht. veileder 02:2018 basert på gjellealuminium, som et gjennomsnitt av verdiene målt i april og mai er vist i kartet.

Passiv prøvetaker (DGT)

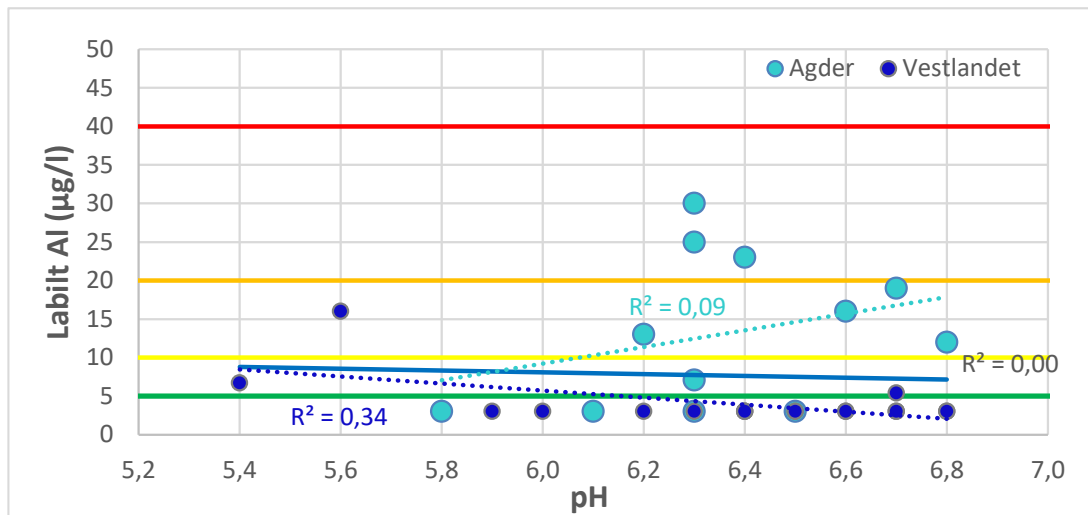
De passive prøvetakerne viste relativt stor variasjon mellom de ulike stasjonene. De høyeste verdiene ble målt i den midterste lokaliteten i Gjerstadvassdraget, og på referansestasjonene i Storelva og i Yndesdalsvassdraget. Det var også relativt høye verdier av DGT-aluminium på den øverste stasjonen i Gjerstadvassdraget. I Espedalselva og i Ekso var det lave verdier av DGT-aluminium på alle stasjonene (Figur 12). I de kalkete vassdragene var det, med unntak av den midtre stasjonen i Ekso, lavere verdier av DGT -aluminium på de avsyrede strekningene sammenlignet med referansestasjonene, men i Ekso og Espedalselva var forskjellene små.



Figur 12. Reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al) i to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet fra slutten av april til begynnelsen av mai 2024. For detaljer om innsamlingstidspunkt og lokalitetene se **Tabell 1**.

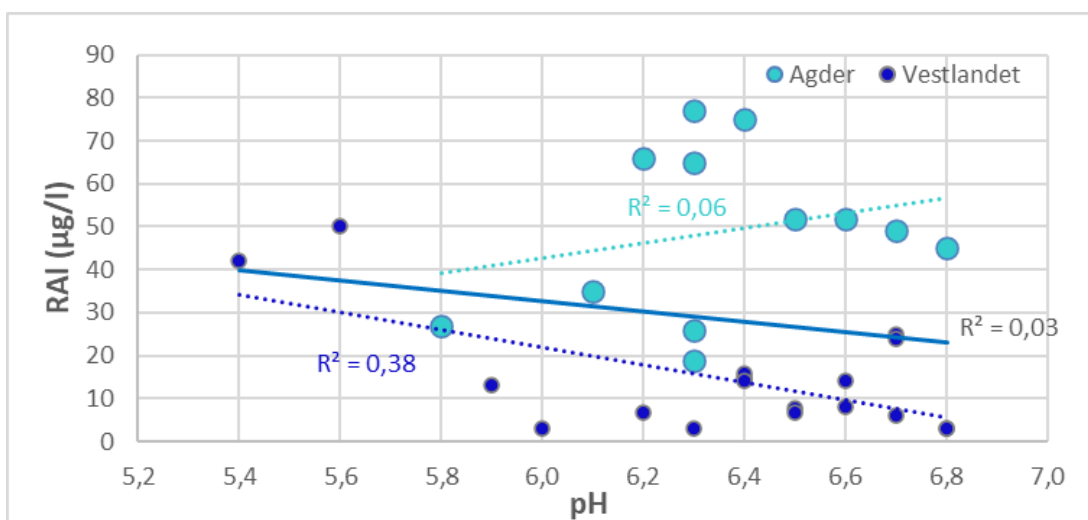
Sammenheng mellom pH og aluminium

For hele materialet samlet er det ingen korrelasjon mellom pH og konsentrasjonen av labilt aluminium ($r^2=0,00$), heller ikke for de 12 målepunktene i Agder er det noen sammenheng ($r^2=0,09$). For målingene fra de tre elvene på Vestlandet er det en svak negativ sammenheng ($r^2=0,34$) (**Figur 13**). Konsentrasjonen av labilt aluminium er markert høyere i de to Agdervassdragene enn i de tre elvene på Vestlandet ved de samme pH-verdiene.



Figur 13. Sammenheng mellom pH og konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra april og mai 2024 på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

Det er en sterk sammenheng mellom reaktivt aluminium (RAI) og labilt aluminium for begge de to geografiske områdene og for hele materialet samlet ($r^2=0,72$). Sammenhengen mellom pH og konsentrasjonen av RAI blir følgelig også svært dårlig. For hele materialet er korrelasjonskoeffisienten (r^2) lik 0,03, mens den er 0,06 for Agder. For Vestlandet er det en svak negativ sammenheng ($r^2=0,38$) (**Figur 14**).

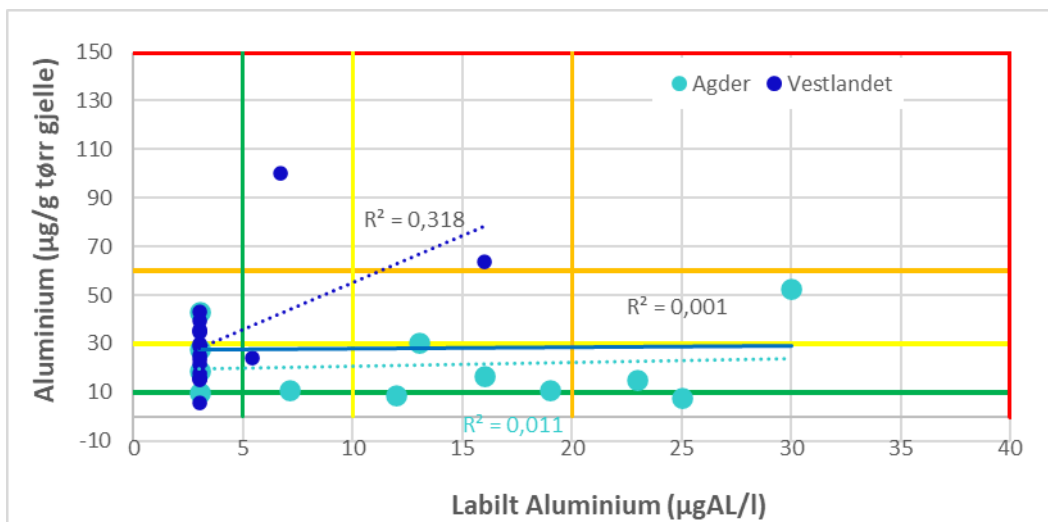


Figur 14. Sammenheng mellom surhet (pH) og konsentrasjon av reaktivt aluminium (RAI) i vannprøvene fra april og mai 2024 på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet.

Sammenheng mellom labilt aluminium og gjellealuminium

For hele det innsamlede materialet var det ingen korrelasjon mellom konsentrasjonen av labilt aluminium i de vannkjemiske prøvene og mengden aluminium på gjellene fra de samme stasjonene ($r^2=0,001$) (**Figur 15**). Det var heller ikke noen sammenheng mellom konsentrasjonen av labilt aluminium i de vannkjemiske prøvene og mengden gjellealuminium i Agder ($r^2=0,01$). For Vestlandet var det imidlertid en svak sammenheng ($r^2=0,32$).

Resultatene viser at stasjoner med like konsentrasjoner av labilt aluminium gir mer gjellealuminium i Vestlandselvene sammenlignet med i Agderelvene.



Figur 15. Sammenheng mellom labilt aluminium i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet i slutten av april og i begynnelsen av mai 2024. Under eller til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

Tilstandsvurdering basert på labilt aluminium og gjellealuminium

I forhold til vanndirektivets klassegrenser ble vannkvaliteten med hensyn på labilt aluminium vurdert som «svært god» på 19 stasjoner, tre stasjoner kom i kategorien «god», mens fem og tre stasjoner kom hhv. i tilstandsklasse «moderat» og «dårlig» (**Tabell 2**). Når en vurderte tilstandsklassene for de samme stasjonene med hensyn på mengden gjellealuminium kom fire i kategorien «referanseverdi», mens 16 kom i kategorien «god», mens hhv. 8 og 2 stasjoner kom i kategoriene «moderat» og «dårlig».

Tilstanden ble vurdert likt for fem av målepunktene med de to tilnærmingene, mens klassifiseringen kom i bedre kategori i 19 tilfeller om en brukte labilt aluminium i vannprøvene som måleparameter sammenlignet med om en brukte gjellealuminium, 16 av disse var i Vestlandselvene. For seks tilfeller ble klassifiseringen dårligere med labilt aluminium som klassifiseringsparameter enn med gjellealuminium som utgangspunkt, alle disse var fra mai i Agder (**Tabell 2**).

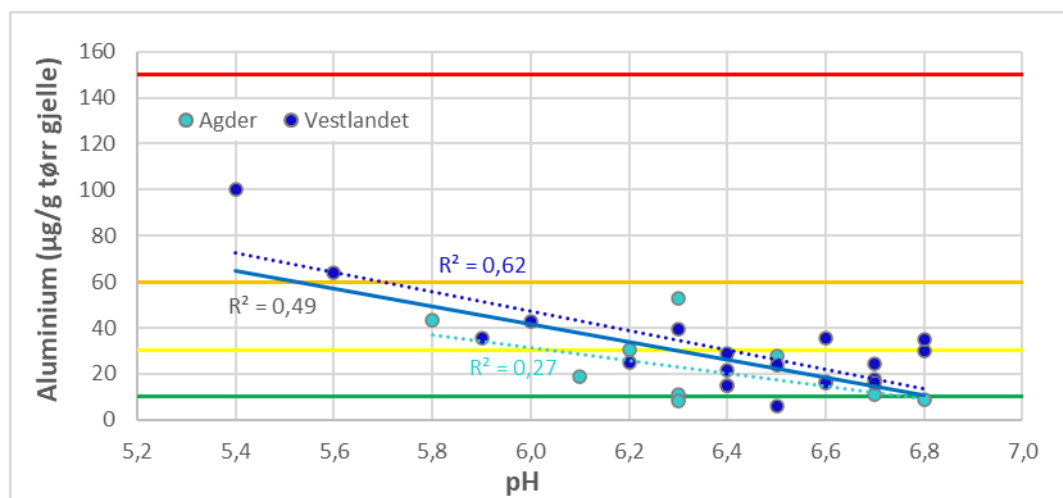
Tabell 2. Tilstandsklasse basert på labilt aluminium i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g}$ tørr gjelle) etter Veileder 02:2018 på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet i slutten av april og i begynnelsen av mai 2024, totalt 30 målepunkt. Samlet for alle målepunktene er vist i svart, mens det i parentes er ført opp registreringer i Agder i lyseblått og Rogaland i mørkeblått.

Labilt Al ($\mu\text{g Al/l}$)	Gjellealuminium ($\mu\text{g Al/ g tørr gjelle}$)					Totalt
	Referanse	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Svært god	2 (1 - 1)	11 (2 - 9)	6 (1 - 5)			19 (4 - 15)
God		2 (1 - 1)		1 (0 - 1)		3 (1 - 2)
Moderat	1 (1 - 0)	2 (2 - 0)	1 (1 - 0)	1 (0 - 1)		5 (4 - 1)
Dårlig	1 (1 - 0)	1 (1 - 0)	1 (1 - 0)			3 (3 - 0)
Svært dårlig						0 (0 - 0)
Totalt	4 (3 - 1)	16 (6 - 10)	8 (3 - 5)	2 (0 - 2)	0 (0 - 0)	30 (12 - 18)

Det var særlig for målepunktene som kom i tilstandsklasse «svært god», basert på mengden av labilt aluminium i vannprøvene, at det var stort avvik fra tilstandsklasse basert på mengden av gjellealuminium. Av de 19 prøvepunktene med «svært god» tilstand basert på LAI kom 11 i tilstandsklasse «god» basert på gjellealuminium, mens seks fikk tilstandsklasse «moderat» (Tabell 2).

Sammenheng mellom pH og gjellealuminium

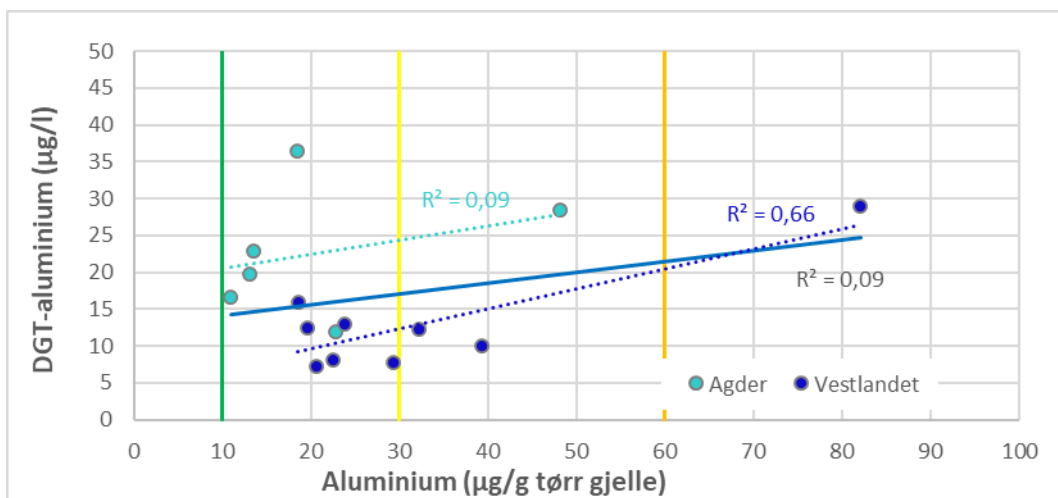
Det er en svak til moderat negativ korrelasjon mellom pH og mengden av aluminium på gjellene for hele det undersøkte materialet ($r^2=0,49$). For Agder er det en svært svak negativ korrelasjon mellom de to parameterne ($r^2=0,27$). For Vestlandet er det også en moderat negativ korrelasjon mellom pH og mengden aluminium som ble målt på gjellene ($r^2=0,62$).



Figur 16. Sammenheng mellom pH i vannprøvene og mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g}$ tørr gjelle) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre på Vestlandet i slutten av april og i begynnelsen av mai 2024. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød er klasse «svært dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

Sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-Al

For hele det innsamlede materialet er det ingen korrelasjon mellom gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene i april og mai og DGT aluminium på de samme stasjonene ($r^2=0,09$). Heller ikke for Agderelvene er det noen sammenheng mellom mengden gjellealuminium og DGT-aluminium ($r^2=0,09$). Lokaliteten i Haugelva i Gjerstadvassdraget var den stasjonen i Agder med høyest pH og minst labilt aluminium, og det var overraskende at denne stasjonen hadde de høyeste verdiene av DGT-aluminium. For Vestlandselvene er det en relativt god sammenheng mellom gjellealuminium og DGT-aluminium ($r^2=0,66$). For Vestlandet bæres imidlertid hele sammenhengen av referanselokaliteten i Yndesdalsvassdraget, som hadde betydelig mer gjellealuminium enn noen annen lokalitet i denne undersøkelsen (**Figur 17**). Når en ser bort fra stasjoner med mer enn 40 $\mu\text{g Al}$ per g tørr gjelle er det ingen korrelasjon mellom de to måleparameterne.



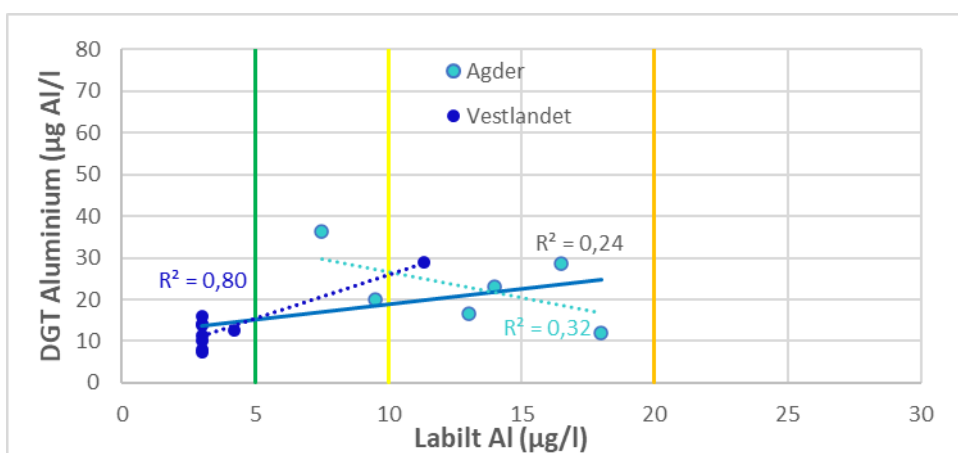
Figur 17. Sammenheng mellom gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) og reaktivt aluminium målt med passiv prøvetaker DGT (DGT-Al ($\mu\text{g Al/l}$)) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre i Rogaland fra slutten av april til begynnelsen av mai 2024. Til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», til høyre for oransje linje er klasse «dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

Sammenheng mellom labilt aluminium og DGT-Al

Det var en svært dårlig korrelasjon ($r^2=0,24$) mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium målt på hver stasjon i april og mai og DGT-aluminium (**Figur 18**).

Om en ser på Agder og Vestlandselvne separat, er det en svak negativ korrelasjon mellom målt konsentrasjon av labilt aluminium og DGT-aluminium i de to Agderelvene. For Vestland er det derimot en sterk positiv sammenheng mellom gjennomsnittlig labilt aluminium og DGT-aluminium, men også denne sammenhengen bæres av referansestasjonen i Yndesdalsvassdraget (**Figur 18**).

Det blir svært små endringer i korrelasjonen om en benytter konsentrasjonene av labilt aluminium i april og mai separat opp mot DGT-Al.



Figur 18. Sammenheng mellom gjennomsnittlig konsentrasjon av labilt aluminium i vannprøvene fra april og mai og reaktivt aluminium målt med DGT (DGT-Al ($\mu\text{g Al/l}$)) på femten stasjoner fra to vassdrag i Agder og tre fra Vestlandet fra slutten av april til begynnelsen av mai 2024. Til venstre for grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat» og til høyre for oransje linje er klasse «dårlig» iht. til Veileder 2:2018. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

DISKUSJON/OPPSUMMERING

Fire av de de undersøkte vassdragene har et pH-styrt kalkingsmål, dette er Storelva, Espedalselva, Ekso og Yndesdalsvassdraget. Kalkingsmålet varierer gjennom året, men er høyest i perioden før og i smoltutvandningsperioden, i alle de fire vassdragene var pH-målet 6,4 i undersøkelsesperioden. Kalkingsmålet var nådd i alle elvene med unntak av i Storelva i april, da pH var 0,1 enhet under målsetningen. På referansestasjonene oppstrøms kalkingen var pH fra 0,4 til 1,1 enheter lavere.

Det er stor forskjell i innholdet av TOC i de to Agderelvene sammenlignet med Espedalselva og Ekso i Vestland, mens Yndesdalsvassdraget har et TOC nivå litt mer midt mellom disse. TOC i vannet kan binde opp labilt aluminium og gjøre dette mindre fritt tilgjengelig i vannet (Gensemer & Playle 1999). Det har derfor i de fleste sammenhenger som er gjennomgått i denne undersøkelsen, vært skilt mellom de to elvene i Agder og de tre elvene på Vestlandet (Rogaland og Vestland). Konsentrasjonen av TOC har økt i mange vassdrag de siste 20-30 årene (Garmo & Skancke 2021), og er et forhold en bør ta i betraktning når en skal vurdere sammenhenger som inkluderer aluminium i fremtiden.

I Agdervassdraget var konsentrasjonen av labilt aluminium (LAI) fra mellom mindre enn 5 til 13 µg/l i april, mens det var mellom 12 og 30 µg/l i mai. I Gjerstadvassdraget var dette fra «svært god» til «moderat» tilstand i april og fra «moderat» til «dårlig» tilstand i mai. I Storelva var det «svært god» tilstand på referansestasjonen og på den midterste stasjonen i april, mens det var «god» tilstand nede. I mai var det «dårlig» tilstand på referansestasjonen og «moderat» tilstand på de to kalkete stasjonene. Det er normalt en relativt god sammenheng mellom pH og labilt aluminium, men det er også erfart at det kan være vanskelig å måle riktig mengde labilt aluminium når pH er mellom 6,0 og 6,4 i kalkete vassdrag (Hindar mfl. 2015). Det ble målt relativt høye verdier av labilt aluminium i april i Storelva, samtidig som det ble målt høye verdier av pH, mens det ble målt lave verdier av LAI i mai med relativt lav pH, det kan ikke utelukkes at disse verdiene avviker fra faktiske verdier i vassdraget.

I Vestlandselvene var det med unntak av i Tangedalselva i Yndesdalsvassdraget fra 5 µg/l og mindre labilt aluminium på målepunktene. I Tangedalselva som er referansestasjon i Yndesdalsvassdraget var det i april og mai hhv. 7 og 16 µg/l. Dette er LAI-verdier som tilsvarer «svært god» tilstand på alle stasjonene med unntak av på referansestasjonen i Tangedalselva der det var verdier som tilsvarer fra «god» til «moderat» tilstand. Det er relativt lave verdiene av LAI i forhold til pH i Vestlandselvene, men samtidig er det lave nivåer av reaktivt aluminium, og dette virker derfor som relativt plausibelt.

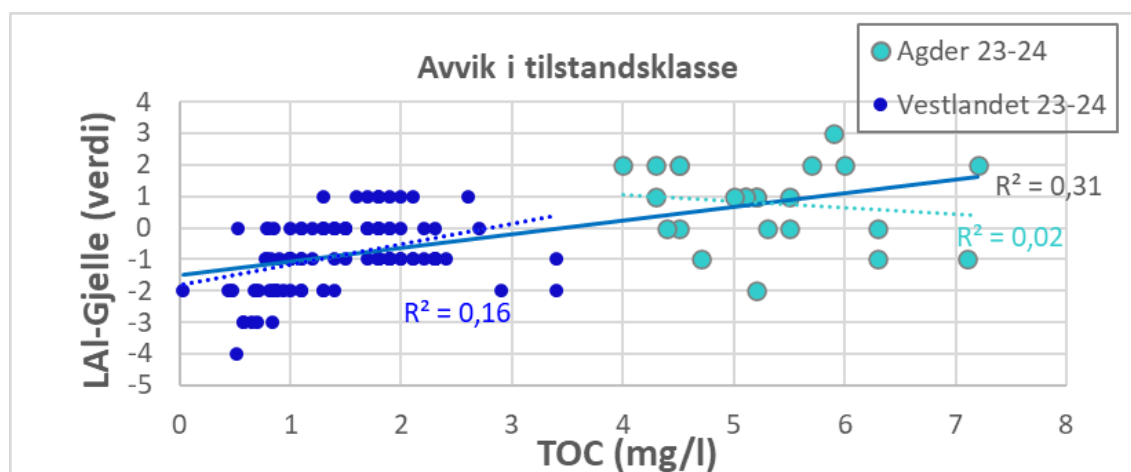
Det var dårlig sammenheng mellom pH og konsentrasjonen av labilt aluminium, og selv om det var tydelig effekt av kalkingen på pH i de kalkete vassdragene, viste ikke resultatene fra målingene av labilt aluminium i vannprøvene den forventete effekten av pH-økningen.

Gjelleprøvene viste en lavere mengde med gjellealuminium på de kalkete stasjonene sammenlignet med referansestasjonene, men forskjellene er relativt små i Ekso og i Espedalselva. Det var ingen eller dårlig sammenheng mellom konsentrasjonen av labilt aluminium og mengden av gjellealuminium. Mellom pH og gjellealuminium var det derimot moderat negativ sammenheng. Resultatene indikerer at de vannkjemiske prøvene ikke klarer å fange opp de faktiske verdiene av labilt aluminium i vannet. At det er bedre sammenheng mellom målte verdier av gjellealuminium og pH enn mellom gjellealuminium og labilt aluminium ble også vist i et annet studie av gjellealuminium i Vestland i 2024, selv om forskjellene her var mindre tydelige (Hellen & Furset 2024 under utarbeidelse).

Basert på gjennomsnittlig verdi av gjellealuminium gikk tilstandsklassen i Storelva, Espedalselva og i Ekso fra «moderat» på referansestasjonen til «god» på de kalkete stasjonene. I Yndesdalsvassdraget var tilstanden «dårlig» på referansestasjonen, mens den var god på de kalkete stasjonene.

I de to Agderelvene gav tilstandsklassifisering basert på analysene av labilt aluminium et dårligere inntrykk av tilstanden enn det mengden av aluminium på gjellene tilsa. Av totalt 12 målepunkt i Gjerstadvassdraget og i Storelva kom 6 i en dårligere tilstandsklasse om en gjorde vurderingen basert på LAL-konsentrasjonen sammenlignet med mengden gjellealuminium. For Vestlandselvene var det også avvik mellom tilstandsklassifisering basert på de to målemetodene. Av 18 målepunkt kom 14 i bedre tilstandsklasse basert på LAL enn basert på gjellealuminium. Av de 32 målepunktene var det bare fem som kom i samme tilstandsklasse basert på de to tilnærmingene.

Fra lignende undersøkelse utført i perioden 2020 til 2024 er det en trend at jo lavere TOC-konsentrasjon desto dårligere blir tilstandsklassifisering basert på gjellealuminium i forhold til tilstandsklassifisering basert på LAL (Hellen & Eilertsen 2024, Kålås & Hellen 2021, Kålås mfl. 2024). En sammenstilling av 124 målepunkter med gjellealuminium, LAL og TOC fra ulike undersøkelser i Vestland, Rogaland og Agder i 2023 og 2024 er vist i **Figur 19**. I tillegg til data fra denne rapporten er det hentet data fra Hellen & Eilertsen (2024), Kålås mfl. 2024, Hellen & Furset (2024, 2025 under utarbeidelse).



Figur 19. Tilstandsklasse basert på LAL minus tilstandsklasse basert på gjellealuminium i forhold til konsentrasjonen av TOC. Tilstandsklasse «svært god» er tildelt verdien 1, tilstandsklasse «god» har fått verdien 2 også videre til tilstandsklasse «svært dårlig» som har fått verdien 5. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestlandet (stiplet mørkeblå).

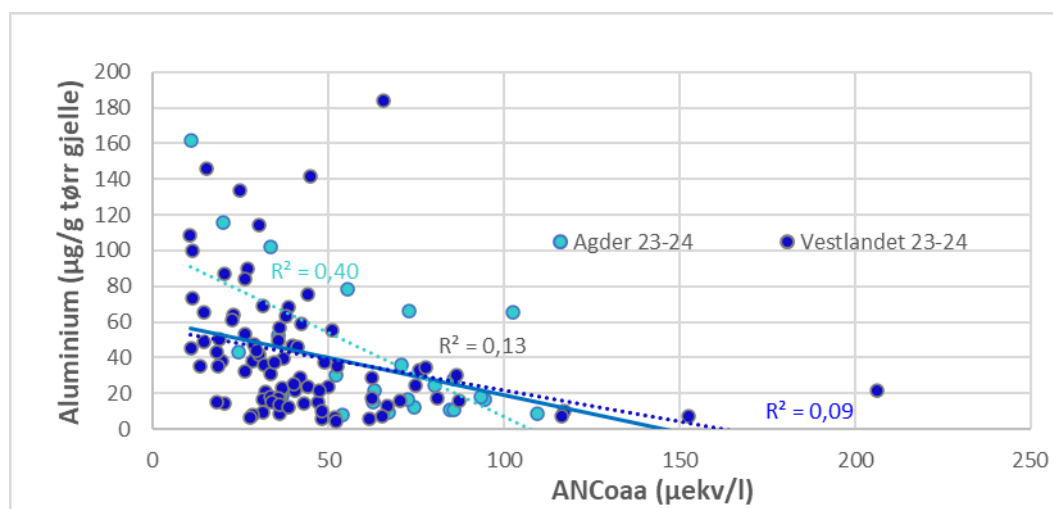
Det var en dårlig sammenheng mellom mengden aluminium målt på gjellene med gjelleprøver og DGT-aluminium registrert med de passive prøvetakerne. Lokalitetene i Agder hadde et markert høyere nivå av DGT-aluminium i forhold til gjellealuminium. Særlig den midterste stasjonen i Gjerstadvassdraget skiller seg ut, denne stasjonen hadde de høyeste verdiene av pH og minst labilt aluminium, men hadde likevel den høyeste mengden av DGT-aluminium.

I en studie fra tre elver med 10 målepunkter i Vestland i 2023 ble det lagt ut to til tre DGT-sensorer på hvert målepunkt, disse viste stort sett relativt godt samsvar mellom de ulike DTG-sensorene. På to av målepunktene med tre sensorer var det imidlertid 3-4 ganger så høye verdier registrert i den sensoren som målte mest i forhold til den som målte minst DGT-aluminium (Kålås mfl. 2024). En skal ikke utelukke at f.eks. den høye målingen i Gjerstadvassdraget ikke helt ut gir et riktig inntrykk av mengden aluminium i elven.

I to undersøkelser av DGT-aluminium i Rogaland og Agder og i Vestland i 2023 var det en relativt god sammenheng mellom gjellealuminium og DGT aluminium (Hellen 2024, Kålås mfl. 2024). Både gjellealuminium og DGT-aluminium har vist relativt stor variasjon for de enkelte målepunktene og det er heftet en god del usikkerhet ved begge metodene. I dette studiet har det blitt brukt én DGT-sensor på hver stasjon, med den relativt store variasjonen som er vist mellom sensorer fra samme stasjon (Kålås mfl. 2024), er det sannsynlig at dette har vært med på å øke usikkerheten rundt DGT-resultatene. Særlig siden det er få målepunkter vil enkeltmålinger med stort tilfeldig avvik kunne få stor påvirkning på sammenhenger.

Dette studiet og tilsvarende studier fra 2023 har vist at det ofte er relativt dårlige sammenhenger mellom LAL og gjellealuminium og DGT-aluminium (Hellen 2024, Kålås mfl. 2024). At det ofte er en bedre sammenheng mellom pH og gjellealuminium og DGT-aluminium indikerer at målingene av LAL ikke er gode nok til å fange opp den reelle variasjonen i elvene. Hindar (2015) påpeker også de store problemene med å måle riktige verdier av LAI i kalkete elver når pH er mellom 6,0 og 6,4 og anbefaler heller å bruke pH som måleparameter.

Det vurderes å ta inn ANC_{00a} som indikator for surhet i det norske klassifiseringssystemet. ANC_{00a} er en modifisert utregning av ANC som tar hensyn til TOC-nivået. Det er her gjort en sammenstilling av mengden av gjellealuminium mot ANC_{00a} for undersøkelser utført Vestland, Rogaland og Agder i 2023 og 2024. I tillegg til data fra denne rapporten er det hentet data fra Hellen & Eilertsen (2024), Hellen & Furset (2024, 2025 under utarbeidelse). Resultatene viser at det for hele materialet ikke er noen sammenheng mellom mengden gjellealuminium og ANC_{00a} . ($r^2=0,13$) (**Figur 20**). For Agder er det en svak negativ sammenheng ($r^2=0,40$), mens det ikke er en slik sammenheng for Vestlandet ($r^2=0,09$).



Figur 20. Sammenheng mellom ANC_{00a} og gjennomsnittlig mengde av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g tørr gjelle}$) på 110 målepunkter fra fire vassdrag i Agder, fire vassdrag i Rogaland og 20 vassdrag i Vestland i 2023 og 2024. De blå linjene viser beste lineære tilpasning for hele materialet (sammenhengende blå), for Agder (stiplet lyseblå) og for Vestland (stiplet mørkeblå).

REFERANSER

- Garmo Ø & Skancke L B 2021. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2020. Miljødirektoratet rapport M-2102 – 2021.
- Gensemer R W & Playle R C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(4), 315-450.
- Hellen BA 2024. Gjellealuminium på smolt i Agder og Rogaland våren 2023. Biota rapport nr. 28. 27 sider. ISBN 978-82-94075-09-6.
- Hellen BA & Eilertsen L 2024. Gjellealuminium på smolt i PO3 og PO4 våren 2023. Biota rapport 29. 10 sider. 978-82-94075-09-6.
- Hellen BA & Furset TT 2024. Gjellealuminium på smolt i PO3 og PO4 våren 2024. Biota rapport under utarbeidelse 15 sider.
- Hellen BA & Furset TT 2025. Gjellealuminium på smolt i tre elver i Vestland våren 2024. Biota rapport under utarbeidelse.
- Hindar A, Garmo Ø & Teien H-C. 2004. Sammenhengen mellom labilt aluminium og pH i kalkede laksevassdrag., NIVA Rapport LNR 6872-2015, 31 pp., ISBN 978-82-577-6607-8.
- Kroglund F & Rosseland B O. 2004. Effekter av forsurede episoder på parr- og smoltkvalitet til laks., NIVA Rapport LNR 4797-2004, 45 pp., ISBN 82-577-4475-1.
- Kroglund F, Finstad B, Stefansson S O, Nilsen T O, Kristensen T, Rosseland B O, Teien H C & Salbu B 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*. 273: 360-373.
- Kvellestad A & Larsen B M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller fra fisk som del av overvåking av ungfiskbestandar i lakseførende vassdrag. - NINA Fagrapport 36: 1-76.
- Kållås S, Furset T T & Sægrov H. 2024. Undersøkning av gjellealuminium på laksesmolt i tre vassdrag i Vestland fylke i 2023 - inkludert utprøving av DGT som alternativ metode. Rådgivende Biologer AS, rapport 4130, 36 sider, ISBN 978-82-349-0106-5.
- Kållås S. & Hellen B A. 2021. Gjellealuminium på smolt i fem vassdrag i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3487, 26 sider.
- Kållås S. & Hellen B A. 2022. Gjellealuminium på smolt i Uskedalselva i Kvinnherad og Storelva i Samnanger i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3727, 16 sider, ISBN 978-82-8308-954-7.
- Poléo A B S, Schjolden J & Hytterød S. 2002 Effekter av ulike vannkvaliteter i Suldalsvassdraget på presmolt og smolt av laks (*Salmo salar*). Suldalslågen – Miljørapport nr. 18
- Rosseland B O, Blakar I A, Bulger A, Kroglund F, Kvellstad A, Lydersen E, Oughton D H, Salbu B, Staurnes M & Vogt R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids, *Environ. Pollut.*, 78(1-3), 3-8, 1992.
- Sægrov H, Kållås S, Kaste Ø, Eikland KA, Velle G, Saksgård R og Lungrin E. 2024. Kalking i forsurede laksevassdrag i Norge – status og trender per 2023. I Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør -Tiltaksovervåking i 2023. M-2850
- Teien, H C, Kroglund F, Salbu B & Rosseland B O. 2006 Gill reactivity of aluminium-species following liming, *Sci. Total Environ.*, 358(1-3), 206-220.
- Veileder 02:2018. Direktoratgruppen vanndirektivet 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann.

VEDLEGG

Vedlegg 1. Vannkjemiske analyseresultater.

Elv	Mnd	Stasjon	pH	Farge (mg)	TOC (mg/l)	Turbiditet (FNU)	Aluminium (µg/l)	Reaktivt Al (µg/l)	Illabilt Al (µg/l)	Labilt Al (µg/l)	Alkalitet (mmol/l)	ANC (µekv/l)	ANC(TOC) (µekv/l)	Kalium (K) (mg/l)	Kalsium (Ca) (mg/l)	Klorid (Cl) (mg/l)	Magnesium (Mg) (mg/l)	Natrium (Na) (mg/l)	Nitrat (NO3 N) (µg/l)	Sulfat (SO4) (mg/l)
Gjerstadvassdraget	April	Oppe	6,1	56	6,3	0,57	250	35	33	3	0,021	57,85	36,93	0,25	1	1,9	0,27	1,6	110	1,37
	April	Midt	6,5	64	7,1	0,59	240	52	51	3	0,056	108,65	85,70	0,4	2,1	5,96	0,5	4,1	170	2,15
	April	Nede	6,2	57	6,3	0,6	280	66	53	13	0,026	73,01	52,14	0,3	1,2	2,16	0,32	1,8	120	1,41
	Mai	Oppe	6,3	47	5,9	0,82	210	77	51	25	0,026	73,53	54,00	0,26	1,2	1,95	0,29	1,7	130	1,26
	Mai	Midt	6,8	54	7,2	0,76	170	45	32	12	0,072	132,20	109,41	0,48	2,6	9,22	0,58	6,1	200	2,27
	Mai	Nede	6,4	48	6	1,1	210	75	52	23	0,035	82,41	62,63	0,31	1,4	2,49	0,32	2	140	1,35
Storelva	April	Oppe	5,8	37	5,2	0,39	200	27	26	3	0,014	41,83	24,61	0,23	0,86	1,69	0,24	1,3	110	1,32
	April	Midt	6,3	44	5,5	0,45	220	19	18	3	0,047	85,18	66,98	0,26	1,6	2,22	0,27	1,7	90	1,35
	April	Nede	6,3	43	5,3	0,56	210	26	19	7,1	0,056	102,05	84,67	0,3	1,8	2,67	0,35	2,1	130	1,47
	Mai	Oppe	6,3	35	5,1	0,55	170	65	35	30	0,02	52,64	35,78	0,24	1	1,78	0,26	1,4	120	1,28
	Mai	Midt	6,6	38	5,1	0,55	170	52	37	16	0,046	89,44	72,61	0,25	1,6	2,16	0,28	1,7	100	1,22
	Mai	nede	6,7	38	5	0,67	170	49	30	19	0,06	101,98	85,62	0,31	1,8	2,62	0,36	2	140	1,35
Espedalselva	April	Oppe	6	<5,0	<0,30	0,18	36	<5,0	<5,0	3	0,012	18,40	#VERDI!	0,12	0,46	3,86	0,3	2,3	88	0,8
	April	Midt	6,6	9,9	0,79	0,18	50	8	6,9	3	0,048	72,48	70,47	0,17	1,2	3,55	0,33	2,4	90	0,78
	April	Nede	6,5	11	1,1	0,2	58	7,7	5,7	3	0,039	51,05	48,35	0,25	1,1	5,05	0,47	3	190	1,09
	Mai	Oppe	5,9	<5,0	1,3	0,12	34	13	10	3	<0,01	17,20	13,40	0,099	0,4	3,29	0,25	2	88	0,64
	Mai	Midt	6,4	8,2	0,82	0,19	45	15	11	3	0,028	44,05	41,87	0,14	0,81	2,9	0,24	1,9	110	0,59
	Mai	Nede	6,6	9,2	1,3	0,24	51	14	10	3	0,035	56,29	52,70	0,18	1	4,33	0,39	2,7	120	0,79
Ekso	April	Oppe	6,3	7,3	1,4	0,22	62	<5,0	<5,0	3	0,029	41,21	37,14	0,33	0,87	3,99	0,35	2,2	55	0,87
	April	Midt	6,8	7,1	1,1	0,28	64	<5,0	<5,0	3	0,072	89,47	86,41	0,27	1,3	3,93	0,65	2,2	45	0,81
	April	Nede	6,8	7,5	1	0,21	53	<5,0	<5,0	3	0,065	80,33	77,63	0,28	1,2	4,05	0,59	2,3	45	0,83
	Mai	Oppe	6,2	12	1,1	0,41	49	6,7	6,3	3	0,02	43,43	40,01	0,21	0,53	1,92	0,22	1,4	9,5	0,59
	Mai	Midt	6,7	12	1	0,3	46	6,1	6,1	3	0,049	65,51	62,41	0,14	0,77	1,77	0,4	1,2	8,4	0,52
	Mai	Nede	6,5	12	1,1	0,19	45	6,6	6,3	3	0,035	47,63	44,25	0,15	0,62	1,92	0,3	1,3	32	0,56
Yndesdalsvassdr.	April	Oppe	5,4	33	3,4	0,35	140	42	35	6,7	<0,01	22,06	11,36	0,22	0,38	5,54	0,38	3,4	16	1,13
	April	Midt	6,4	23	2,3	0,37	100	16	16	3	0,033	53,84	46,92	0,21	0,77	5,44	0,62	3,1	49	0,87
	April	Nede	6,4	26	2,3	0,33	110	14	12	3	0,034	54,32	47,40	0,22	0,78	5,44	0,62	3,1	47	0,89
	Mai	Oppe	5,6	25	3,4	0,53	180	50	34	16	<0,01	33,68	22,99	0,23	0,47	5,66	0,39	3,6	8,3	1,12
	Mai	Midt	6,7	21	2,3	0,46	110	25	19	5,4	0,05	81,73	74,79	0,22	1	5,28	0,73	3,1	45	0,76
	Mai	Nede	6,7	22	2,4	0,39	140	24	23	3	0,048	94,71	87,43	0,25	1,1	5,32	0,73	3,3	44	0,78

Vedlegg 2. Oversikt over pH, reaktivt og labilt aluminium og mengden gjellealuminium på de 15 stasjonene i april og mai og som gjennomsnitt, samt DGT-aluminium.

Vassdrag (navn og nr.)	Lokalitets navn	Vann lok ID	Dato		pH			Reaktiv AL (µg/l)			Labilt AL (µg/l)			Gjellealuminium (µg/g gjelle)			DGT aluminium µg/l
			April	Mai	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	April	Mai	Snitt	
Gjerstadvassdr. 018.2Z	Oppe	018-118565	22. april	1. mai	6,1	6,3	6,2	35	77	56	<5	25	14	18,8	8,0	13,4	23,0
	Midt (Haugelva)	018-46483	22. april	1. mai	6,5	6,8	6,65	52	45	48,5	<5	12	7,5	27,9	8,8	18,4	36,5
	Nede	018-118564	22. april	1. mai	6,2	6,4	6,3	66	75	70,5	13	23	18	30,5	15,2	22,8	11,9
Storelva Vegårdvassdr. 018.Z	Oppe	018-55799	22. april	2. mai	5,8	6,3	6,05	27	65	46	<5	30	16,5	43,4	52,8	48,1	28,5
	Midt	018-59718	22. april	2. mai	6,3	6,6	6,45	19	52	35,5	<5	16	9,5	9,6	16,5	13,1	19,8
	Nede	018-59721	22. april	2. mai	6,3	6,7	6,5	26	49	37,5	7,1	19	13,05	11,1	10,7	10,9	16,6
Espedalselva 030.4Z	Oppe	030-59816	23. april	2. mai	6	5,9	5,95	<5	13	13	<5	<5	<5	43,0	35,6	39,3	10,0
	Midt	030-59818	23. april	2. mai	6,6	6,4	6,5	8	15	11,5	<5	<5	<5	15,8	29,1	22,4	8,1
	Nede	030-59823	23. april	2. mai	6,5	6,6	6,55	7,7	14	10,85	<5	<5	<5	5,8	35,3	20,6	7,2
Ekso 063.Z	Oppe	063-79634	25. april	11. mai	6,3	6,2	6,25	<5	6,7	6,7	<5	<5	<5	39,5	25,0	32,0	12,3
	Midt	063-79593	25. april	11. mai	6,8	6,7	6,75	<5	6,1	6,1	<5	<5	<5	30,0	17,7	23,8	13,0
	Nede	063-79636	25. april	11. mai	6,8	6,5	6,65	<5	6,6	6,6	<5	<5	<5	34,8	23,8	29,3	7,7
Yndesdalsvassd. 067.6Z	Oppe (Tangedal)	067-79588	25. april	7. mai	5,4	5,6	5,5	42	50	46	6,7	16	11,35	100,2	63,9	82,1	28,9
	Midt	067-79582	25. april	7. mai	6,4	6,7	6,55	16	25	20,5	<5	5,4	4,2	14,9	24,3	19,6	12,5
	Nede	067-58825	25. april	7. mai	6,4	6,7	6,55	14	24	19	<5	<5	<5	21,3	15,8	18,6	16,0

Vedlegg 3. Oversikt over enkeltfisker, fangststed, data, art, lengde og mengden av aluminium, jern og kobber ($\mu\text{g/g}$ gjelle), tabellen fortsetter på de neste sidene.

Fylke	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	22.04.2024	Laks	115	33,22	730,99	4,02
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	22.04.2024	Laks	110	35,57	650,15	2,63
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	22.04.2024	Laks	133	36,04	514,81	3,38
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	22.04.2024	Ørret	143	14,59	548,74	2,38
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	22.04.2024	Laks	112	20,06	765,91	3,24
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	22.04.2024	Ørret	169	24,95	391,13	3,13
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	22.04.2024	Ørret	116	19,41	407,13	2,96
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	22.04.2024	Ørret	170	65,05	651,29	2,07
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	22.04.2024	Ørret	118	22,40	359,90	2,96
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	22.04.2024	Ørret	136	20,64	384,33	2,38
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	22.04.2024	Laks	131	13,61	658,88	2,87
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	22.04.2024	Laks	134	24,81	590,92	2,30
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	22.04.2024	Laks	121	13,21	485,82	2,37
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	22.04.2024	Ørret	123	27,03	555,21	2,38
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	22.04.2024	Ørret	113	15,52	662,13	2,31
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	01.05.2024	Laks	121	8,25	551,59	2,31
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	01.05.2024	Laks	128	5,69	786,02	2,46
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	01.05.2024	Ørret	161	7,75	547,49	2,39
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	01.05.2024	Laks	123	14,84	492,78	2,78
Agder	Gjerstadvassdraget	Midt	018-46483	01.05.2024	Laks	118	7,70	545,08	2,09
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	01.05.2024	Ørret	167	11,62	273,65	2,45
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	01.05.2024	Ørret	156	10,11	315,66	2,15
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	01.05.2024	Ørret	175	13,36	428,76	2,32
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	01.05.2024	Ørret	142	20,02	323,81	2,93
Agder	Gjerstadvassdraget	Nede	018-118564	01.05.2024	Ørret	140	20,66	343,17	1,99
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	01.05.2024	Laks	117	6,30	292,74	2,18
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	01.05.2024	Laks	137	6,77	560,32	2,23
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	01.05.2024	Laks	151	7,09	388,37	2,06
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	01.05.2024	Laks	120	11,25	287,11	28,14
Agder	Gjerstadvassdraget	Oppe	018-118565	01.05.2024	Laks	113	8,71	234,77	1,97
Agder	Storelva	Midt	018-59718	22.04.2024	Laks	145	9,15	509,69	2,08
Agder	Storelva	Midt	018-59718	22.04.2024	Laks	128	8,41	606,97	2,26
Agder	Storelva	Midt	018-59718	22.04.2024	Laks	118	8,11	500,91	2,16
Agder	Storelva	Midt	018-59718	22.04.2024	Ørret	131	14,92	529,41	2,37
Agder	Storelva	Midt	018-59718	22.04.2024	Laks	153	7,57	363,08	1,95
Agder	Storelva	Nede	018-59721	22.04.2024	Laks	114	9,92	464,21	2,16
Agder	Storelva	Nede	018-59721	22.04.2024	Laks	110	9,01	520,75	2,37
Agder	Storelva	Nede	018-59721	22.04.2024	Laks	116	8,56	590,28	2,23
Agder	Storelva	Nede	018-59721	22.04.2024	Laks	116	6,80	460,61	1,91
Agder	Storelva	Nede	018-59721	22.04.2024	Ørret	143	21,24	396,20	2,38
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	22.04.2024	Ørret	123	58,35	410,11	2,00
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	22.04.2024	Ørret	144	34,06	494,44	2,01
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	22.04.2024	Ørret	143	44,64	704,89	2,21
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	22.04.2024	Ørret	141	40,62	323,27	1,84
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	22.04.2024	Ørret	149	39,09	492,63	2,08
Agder	Storelva	Midt	018-59718	02.05.2024	Laks	138	6,61	596,17	1,71
Agder	Storelva	Midt	018-59718	02.05.2024	Laks	134	50,33	555,64	1,92
Agder	Storelva	Midt	018-59718	02.05.2024	Laks	121	7,52	378,30	2,00
Agder	Storelva	Midt	018-59718	02.05.2024	Ørret	126	11,81	312,69	2,28
Agder	Storelva	Midt	018-59718	02.05.2024	Ørret	115	6,24	315,31	2,17
Agder	Storelva	Nede	018-59721	02.05.2024	Laks	124	8,14	669,16	2,63
Agder	Storelva	Nede	018-59721	02.05.2024	Laks	126	8,13	449,60	2,55
Agder	Storelva	Nede	018-59721	02.05.2024	Laks	122	22,34	481,14	2,29
Agder	Storelva	Nede	018-59721	02.05.2024	Laks	103	7,89	406,64	2,20
Agder	Storelva	Nede	018-59721	02.05.2024	Laks	108	7,18	569,15	2,38
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	02.05.2024	Ørret	124	86,19	445,86	2,37
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	02.05.2024	Ørret	161	70,95	722,64	2,16
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	02.05.2024	Ørret	120	57,94	362,45	2,01
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	02.05.2024	Ørret	148	22,91	410,79	2,06
Agder	Storelva	Oppe	018-55799	02.05.2024	Ørret	126	26,19	373,70	2,26
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	23.04.2024	Laks	120	14,57	587,56	2,07
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	23.04.2024	Laks	117	16,85	486,35	2,48
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	23.04.2024	Laks	122	16,99	736,47	2,30

Fylke	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	23.04.2024	Ørret	110	10,74	409,56	1,72
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	23.04.2024	Laks	117	19,61	539,02	2,55
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	23.04.2024	Laks	123	6,46	585,69	2,27
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	23.04.2024	Laks	127	5,81	524,79	2,19
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	23.04.2024	Laks	125	3,48	606,34	2,00
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	23.04.2024	Laks	123	7,88	346,73	1,98
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	23.04.2024	Laks	135	5,18	514,47	2,09
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	23.04.2024	Ørret	149	63,17	405,55	1,97
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	23.04.2024	Ørret	137	22,52	426,07	1,96
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	23.04.2024	Ørret	174	45,70	580,69	2,02
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	23.04.2024	Ørret	151	38,88	469,96	1,83
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	23.04.2024	Ørret	130	44,68	481,36	2,13
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	02.05.2024	Ørret	114	34,50	368,62	2,01
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	02.05.2024	Ørret	135	63,03	326,91	2,11
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	02.05.2024	Ørret	147	14,48	246,93	2,19
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	02.05.2024	Ørret	122	18,62	493,19	2,39
Rogaland	Espedal	Midt	030-59818	02.05.2024	Laks	113	14,84	510,31	2,32
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	02.05.2024	Laks	126	45,62	438,49	2,37
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	02.05.2024	Laks	121	60,36	515,78	2,13
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	02.05.2024	Laks	109	7,70	390,24	2,12
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	02.05.2024	Ørret	117	7,73	259,41	2,05
Rogaland	Espedal	Nede	030-59823	02.05.2024	Ørret	127	55,31	262,24	2,09
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	02.05.2024	Ørret	100	33,90	295,60	2,16
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	02.05.2024	Ørret	89	38,40	452,91	2,17
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	02.05.2024	Ørret	115	35,35	340,62	1,96
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	02.05.2024	Ørret	128	21,18	470,57	1,97
Rogaland	Espedal	Oppe	030-59816	02.05.2024	Laks	119	49,09	466,64	3,06
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	25.04.2024	Laks	146	26,03	402,63	2,04
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	25.04.2024	Laks	138	78,36	753,59	2,55
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	25.04.2024	Laks	113	14,11	630,01	2,01
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	25.04.2024	Ørret	110	17,65	325,84	2,80
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	25.04.2024	Laks	114	13,61	618,01	2,39
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	25.04.2024	Laks	121	19,33	587,15	2,22
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	25.04.2024	Laks	118	10,35	765,09	2,49
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	25.04.2024	Laks	117	7,42	674,28	2,14
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	25.04.2024	Laks	110	10,50	680,04	2,15
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	25.04.2024	Laks	106	126,42	782,56	2,16
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	25.04.2024	Ørret	135	25,09	414,06	1,77
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	25.04.2024	Ørret	143	27,75	401,20	4,23
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	25.04.2024	Ørret	135	87,75	389,92	1,97
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	25.04.2024	Ørret	162	25,63	478,79	1,61
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	25.04.2024	Ørret	159	31,13	459,83	1,95
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	11.05.2024	Laks	128	14,51	420,22	2,37
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	11.05.2024	Laks	128	21,93	632,00	2,01
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	11.05.2024	Laks	114	13,69	632,45	1,58
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	11.05.2024	Laks	121	15,71	171,84	2,05
Vestland	Ekso	Midt	063-79593	11.05.2024	Ørret	222	22,44	275,87	1,25
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	11.05.2024	Laks	119	12,58	618,58	1,44
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	11.05.2024	Laks	127	7,77	507,78	1,69
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	11.05.2024	Laks	136	80,09	397,27	1,51
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	11.05.2024	Laks	105	8,09	420,01	1,50
Vestland	Ekso	Nede	063-79636	11.05.2024	Ørret	113	10,67	472,12	1,41
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	11.05.2024	Ørret	138	16,88	495,19	1,30
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	11.05.2024	Ørret	129	527,02	1972,05	1,73
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	11.05.2024	Ørret	107	30,39	496,01	1,35
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	11.05.2024	Ørret	106	27,44	412,05	1,28
Vestland	Ekso	Oppe	063-79634	11.05.2024	Ørret	151	25,39	416,21	1,32
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	25.04.2024	Laks	134	13,91	621,70	2,24
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	25.04.2024	Laks	137	19,15	570,23	2,19
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	25.04.2024	Laks	137	9,04	438,30	2,23
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	25.04.2024	Laks	139	16,69	463,15	1,98
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	25.04.2024	Laks	134	15,89	738,79	2,15
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	25.04.2024	Ørret	143	12,62	541,48	2,40
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	25.04.2024	Ørret	116	13,33	444,64	2,26
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	25.04.2024	Ørret	125	42,26	583,64	2,15
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	25.04.2024	Ørret	120	15,27	553,81	2,10
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	25.04.2024	Laks	118	23,16	710,38	2,32

Fylke	Vassdrag	Elvedel	Vann Id	Dato	Art	Lengde (mm)	Aluminium	Jern	Kobber
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	25.04.2024	Ørret	118	100,84	1021,34	2,44
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	25.04.2024	Ørret	140	18,93	541,95	2,27
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	25.04.2024	Ørret	137	98,54	704,35	2,07
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	25.04.2024	Ørret	113	138,49	758,22	2,39
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	25.04.2024	Ørret	111	144,21	1075,71	2,16
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	07.05.2024	Ørret	122	12,32	455,29	2,06
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	07.05.2024	Ørret	113	18,72	515,77	2,41
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	07.05.2024	Laks	123	50,86	384,74	4,01
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	07.05.2024	Ørret	116	18,27	853,02	1,98
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Midt	067-79582	07.05.2024	Ørret	170	21,45	500,04	6,02
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	07.05.2024	Ørret	139	12,58	666,67	4,07
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	07.05.2024	Laks	120	21,07	577,72	29,76
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	07.05.2024	Ørret	130	19,80	470,91	7,95
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	07.05.2024	Ørret	127	17,87	333,96	2,32
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Nede	067-58825	07.05.2024	Ørret	137	7,72	301,56	2,28
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	07.05.2024	Ørret	144	75,43	689,38	2,11
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	07.05.2024	Ørret	124	76,26	915,36	1,96
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	07.05.2024	Ørret	124	59,81	684,37	1,91
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	07.05.2024	Ørret	127	55,19	598,69	2,55
Vestland	Yndesdalsvassdraget	Oppe	067-79588	07.05.2024	Ørret	122	53,02	701,17	2,46