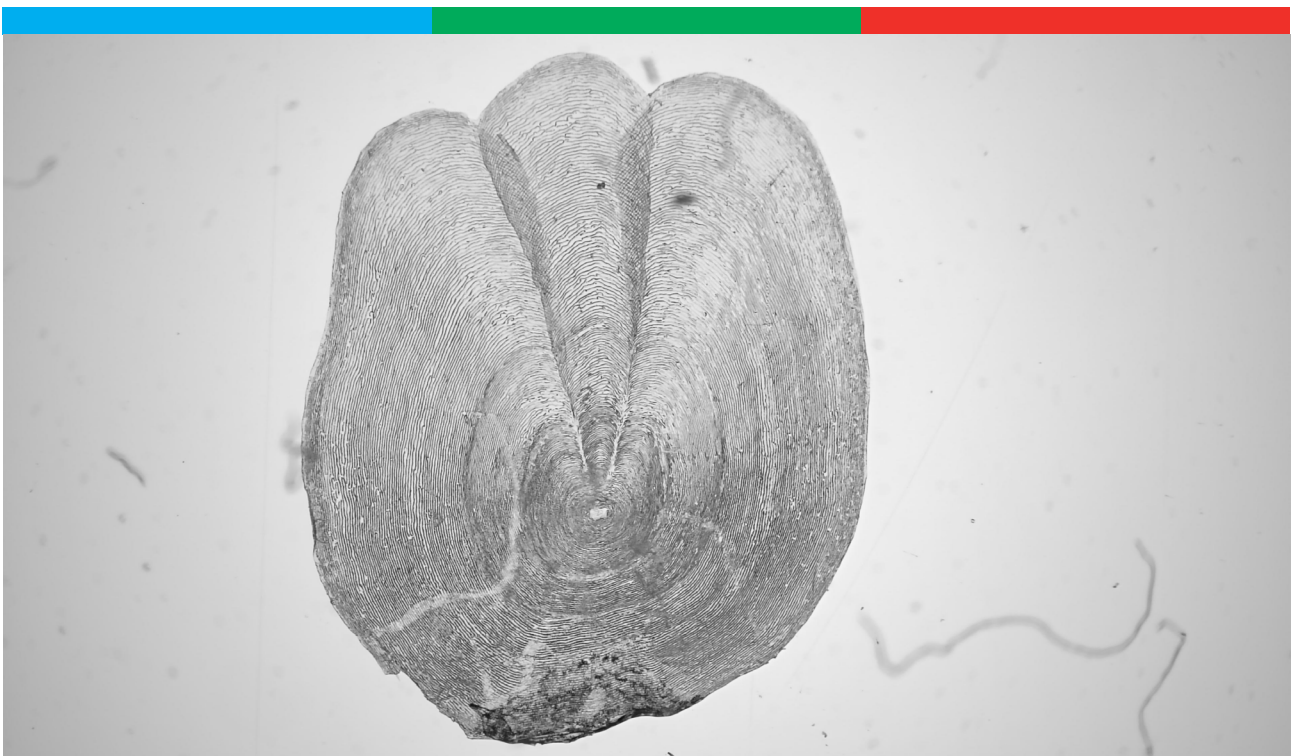




Geoelementanalyse av skjell fra gjedde fanget i Gillsvannet 2023

- Hvordan har gjedda som ble fanget i Gillsvannet i 2023 kommet tilbake?



Geoelementanalyse av skjell fra gjedde fanget i Gillsvannet 2023

- Hvordan har gjedda som ble fanget i Gillsvannet i 2023 kommet tilbake?

Forfattere

Siri Hofstad Trapnes
Karoline Sofie Gjelstad
Rune Pedersen
Monica Garberg
Vidar Moen

Forslag til sitering

Trapnes, Siri Hofstad., Gjelstad, Sofie Karoline., Pedersen, Rune., Garberg, Monica., Moen, Vidar. Geoelementanalyse av skjell fra gjedde fanget i Gillsvannet 2023. - Hvordan har gjedda som ble fanget i Gillsvannet i 2023 kommet tilbake? Veterinærinstituttet 2024.

© Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Kvalitetssikret av

Asle Moen

Publisert

2024 på www.vetinst.no
ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)
© Veterinærinstituttet 2024

Oppdragsgiver eller Samarbeidspartner

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer
Foto forside: Veterinærinstitutte
www.vetinst.no

Innhold

1	Bakgrunn	3
2	Metode	4
3	Resultat	6
	3.1 Aldersbestemmelse	6
	3.2 Grunnstoffanalyser i skjell.....	6
4	Oppsummering	15
5	Referanser	16
	Vedlegg A	i

1 Bakgrunn

Gillsvannet er en innsjø i Kristiansand som befinner seg like over havnivå (1 moh.), som medfører et saltvannsjikt og delvis brakkvannsforhold med tilførsel av saltvann ved springflo. Gillsvannet er meromiktisk, dvs. at det har bunnlag som ikke blander seg med resten av vannvolumet. Bunnlaget fra 7 meter og nedover er oksygenfritt og har høy salinitet. På grunn av saltvannslaget inneholder bunnvannet store mengder med hydrogensulfid (H_2S). Dette bunnvannet vil ikke være levelig for gjedde over tid.

I perioden 2. - 5. november 2021 ble Gillsvannet behandlet med rotenon for å fjerne den introduserte fiskearten gjedde. I tiden etter bekjempelsesaksjonen ble det jevnlig samlet inn vannprøver til miljø-DNA analyser for å avdekke spor av gjedde i innsjøen. Vannprøver ble samlet inn fra ulike posisjoner i vannet. I omtrent 1,5 år etter behandlingen var det ikke spor av gjedde i prøvene, men i slutten av april 2023 ble det gjort funn av gjedde i miljø-DNA ved 3 av 6 punkter. Det ble senere bekreftet at det er gjedde i vannet, da det våren 2023 ble fanget én gjedde på ruse. Størrelsen på gjedden passer med at det kan være en overlever fra rotenonbehandlingen.

Det er ønskelig å finne ut av hvordan gjedden har kommet tilbake til vannet. Det er tre hypoteser på hvordan dette kan ha skjedd:

1. Kommet dit via naturlig vannvei
2. Overlevd rotenonbehandlingen
3. Det er satt ut gjedde i vannet igjen

Etter forespørsel fra Svein Aune i Veterinærinstituttet har vi utført grunnstoffanalyser av skjell fra gjedden fanget i 2023 for å se om grunnstoffprofilen til fisken kan gi en indikasjon på hva som har skjedd. Grunnstoffanalyser av skjell fra tre gjedder fanget i forbindelse med bekjempelsesaksjonen i 2021 ble også analysert. Dette for å kunne sammenligne grunnstoffprofilene til gjedda fra 2023 med gjeddene fra 2021.

Grunnstoffanalyser i kalsiumstrukturer hos fisk er en metode som er vist å kunne sannsynliggjøre en kobling mellom enkeltfisk og et habitat. Generelt antas det at naturlig forekommende grunnstoff løst i vann i en lokalitet utgjør hovedkilden for hva som fortløpende bygges inn i skjell hos fisk. Grunnstoffer tas opp via gjellene og transporteres via blodbanen ut til skjellommene i huden. Her bygges de fortløpende inn i skjellenes kalsitt-struktur etterhvert som de vokser. Fisk som deler en felles vannressurs forventes å ha mye av de samme grunnstoffprofilene i sine skjell. Hvis profiler som er dannet innen samme tidsperiode er markert forskjellig for flere grunnstoff er det en sterk indikasjon på at de ikke har oppholdt seg i det samme miljøet og ikke har delt en felles vannressurs.

2 Metode

Tabell 1 gir en oversikt over de innsamlede fiskene det er analysert skjellprøver fra. I tillegg til skjellprøver fra gjedden fanget i 2023, er det brukt skjellprøver fra tre gjedder som ble fanget under rotenonbehandlingen i 2021. Det ble også tatt ut otolitter av gjedden fra 2023.

Tabell 1: Oversikt over fisk det er analysert skjellprøver fra. Gjeddene med prøvetaksdato i 2023 er fanget i ruse i Gillsvannet i 2023. De tre gjeddene med prøvetaksdato i 2021 er fanget i forbindelse med bekjempelsesaksjonen i Gillsvannet i 2021.

Art	Prøvetaksdato	Vassdrag	Lengde [mm]	Kommentar
Gjedde	2023	Gillsvannet	360	Prøver av otolitt i tillegg til skjellprøver
Gjedde	02.11.2021	Gillsvannet	395	
Gjedde	2021	Gillsvannet	350	
Gjedde	21.11.2021	Gillsvannet	525	

Skjellene ble randomisert og montert på objektglass med dobbeltsidig teip. Videre ble skjellene vasket med 5% hydrogenperoksid, før de ble skylt med ultrarent vann. Til slutt ble skjellene lufttørket og presset i minimum 24 timer før videre analyser.

Konsentrasjoner av elementene Li, B, Ba, Pb, U, Na, Mg, S, Cr, Mn, Fe, Zn og Sr ble deretter analysert. Analysene ble utført med bruk av et dobbelfokuserende sektor felt induktivt koblet plasma massespektrometer (HR-SF-ICP-MS) av typen ELEMENT2 fra Thermo Scientific. Instrumentet var satt opp med Jet Interface. Prøveinnføringssystemet var en Eximer NewWave UP193UC laser fra NewWave, ESI, utstyrt med NWR TV2 ablasjonskammer. Helium ble brukt som bæregass for å bedre ablasjons- og transportforholdene (Gunther & Heinrich, 1999). For å oppnå stabile og optimale eksitasjonsbetingelser ble bæregassen blandet med argon før ionisering.

Hardheten i mineralaget i skjellene kan variere noe, og prøvemengden som ablateres vil derfor kunne variere mellom prøvene. For å kompensere for dette er isotopen ^{42}Ca brukt som internstandard. Konsentrasjonen av kalsium er satt til 37.4 % (Flem, Moen, & Grimstvedt, 2005; Flem et al. 2017).

En ekstern multistandard kalibrering ble gjennomført ved bruk av tre silikatglass fra National Institute of Standards and Technology, USA (NIST SRM 610, 612, og 614). I tillegg blir det brukt egne standarder for apatitt produsert av Nanograde Ltd. Sveits (Tabersky et al., 2014). Metodikken for omregning fra instrument-rådata til konsentrasjonsdata er tidligere beskrevet i Flem et al. (2002, 2005 og 2017).

Det ble foretatt en tidslinjeanalyse fra sentrum av skjellet og ut til kanten i front for å se etter eventuelle miljøskifter hos fiskene. Figur 1 illustrerer hvordan skuddene ble plassert.



Figur 1: Bildet illustrerer hvordan skuddene ble plassert på gjeddeskjellene

3 Resultat

3.1 Aldersbestemmelse

Alder på fiskene ble estimert ved en visuell analyse av sklerittmønster og vintersonene i skjellene. Vintersonene sees ved tettere sklerittmønster og mørkere soner. Tabell 2 gir en oversikt over estimert alder til de fire gjeddene som er analysert.

Tabell 2: Oversikt over estimert alder for de ulike fiskene

Art/ løpenummer	Prøvetaksdato	Lengde [mm]	Estimert alder
Gjedde / 1	02.11.2021	395	3 +
Gjedde / 2	2021	350	3 +
Gjedde / 3	21.11.2021	525	4 +
Gjedde / 4	2023	360	3 +

Ut i fra aldersbestemmelse estimerer vi at gjeddene overlappet i tid i vekstsesongen i 2021, se Tabell 3. Resultatet i Tabell 3 viser at dersom vi kun ser på alder så kan gjedden fra 2023 ha vært tilstede i Gillsvannet i 2021, og dermed overlappet i tid og rom med fisken som ble innsamlet under bekjempelsesaksjonen i 2021.

Tabell 3: Estimert år gjeddene har levd. Gjedde 1-3 er markert i oransje, og er gjeddene fanget i 2021. Disse har alle levd i Gillsvannet. Estimert tidsperiode for fisk nummer fire er markert i rødt. Dette er gjedden som ble fanget i Gillsvannet i 2023. Sesongen 2021 overlapper i tidsrom basert på aldersavlesningene.

Art/ løpenummer	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gjedde / 1						
Gjedde / 2						
Gjedde / 3						
Gjedde / 4						

3.2 Grunnstoffanalyser i skjell

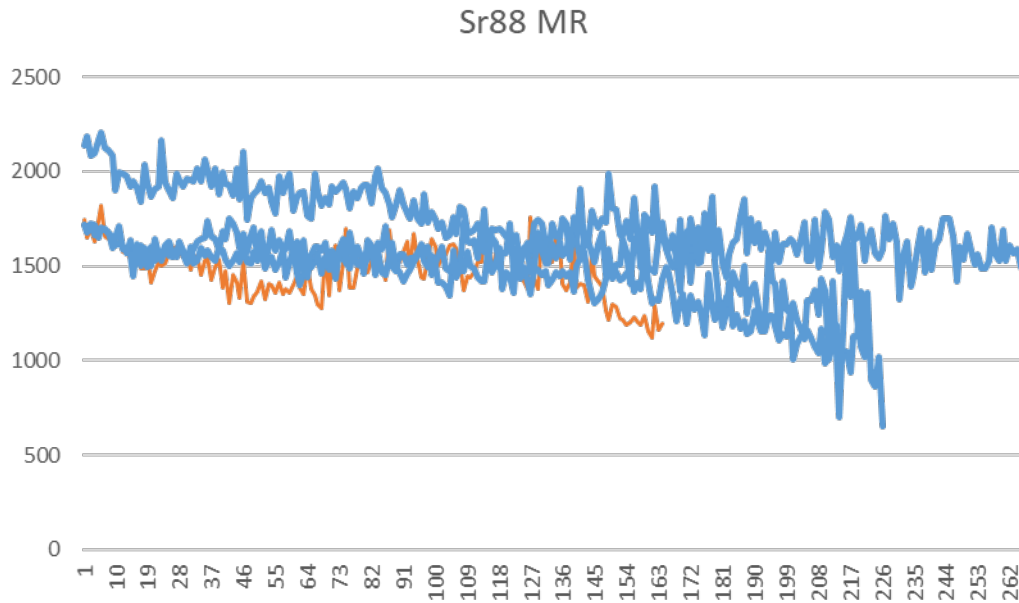
Grunnstoffanalysene gir oss konsentrasjonen av de 13 elementene som blir analysert. For hvert av grunnstoffene har vi visuelt sammenlignet grunnstoffkonsentrasjonene til gjeddene fra 2021 med resultatet til gjedden fra 2023.

For å sammenligne resultatet mellom gjedden fra 2023 og gjeddene fra 2021 har vi lagd to ulike oversikter. Den første oversikten viser hvordan konsentrasjonen av det enkelte grunnstoff varierer gjennom hele fiskens livsforløp. Den andre oversikten viser konsentrasjonen av hvert enkelt grunnstoff for vekstsesongen i 2021, tiden da gjeddene har overlappet i tid.

Kapitlene nedenfor viser resultatet for de analyserte grunnstoffene.

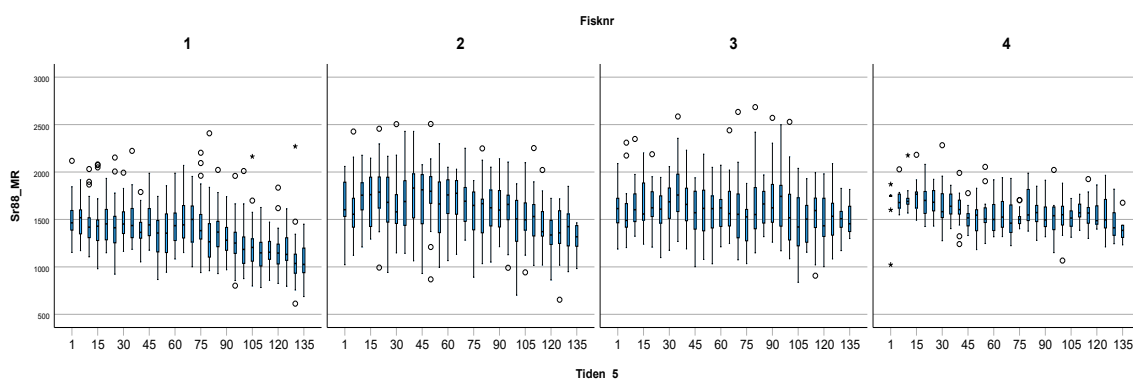
3.2.1 Strontium, Litium, Natrium, bly og jern

Figur 2 og 3 viser resultatet fra geoelementanalysene for strontium. Grafene for litium, natrium, bly og jern finnes i Vedlegg A.



Figur 2: Linescanresultat for Strontium. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå kurver viser gjeddene fra 2021.

Figur 2 viser hvordan konsentrasjonen av strontium varierer gjennom fiskenes livsforløp. X-aksen angir målepunktets nummer fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen angir konsentrasjon av strontium. De blå kurvene representerer hver av de tre fiskene som ble innsamlet i 2021 mens oransje kurve representerer fisken innsamlet i 2023. MR i tittelhodet markerer at prøven ble analysert ved medium oppløsning.



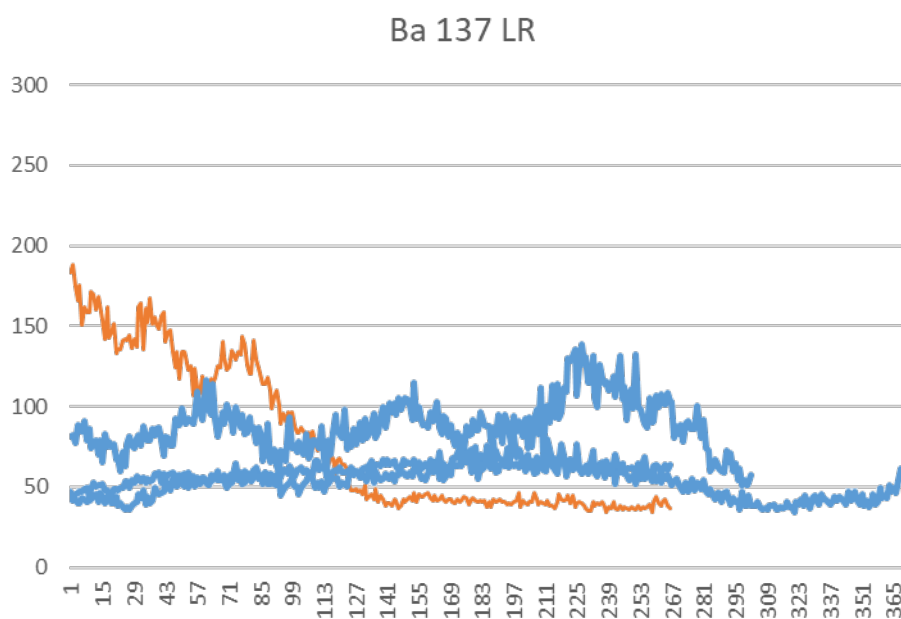
Figur 3: Linescanresultat for Strontium. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023

Figur 3 viser hvordan konsentrasjonen av strontium varierer i vekstsesongen i 2021, tidsperioden hvor fiskene har overlappet i tid. Her er fisk nr. 1-3 gjeddene fanget i 2021, mens fisk nr. 4 er gjedden som ble fanget i 2023. Median konsentrasjon av grunnstoff med 10 og 90 percentil for den enkelte fisk er angitt langs y-aksen. Sirkler angir verdier som med 90 % sannsynlighet er uteliggere, mens stjerner angir verdier som med 99% sannsynlighet er uteliggere. X-aksen angir tidsperioden fra våren og frem til vekststopp på seinhøsten 2021. Tidsrommet er delt inn i 135 avsnitt ved medium oppløsning (MR). Her ble fem og fem avsnitt slått sammen for en bedre visuell fremstilling av trender og tendenser

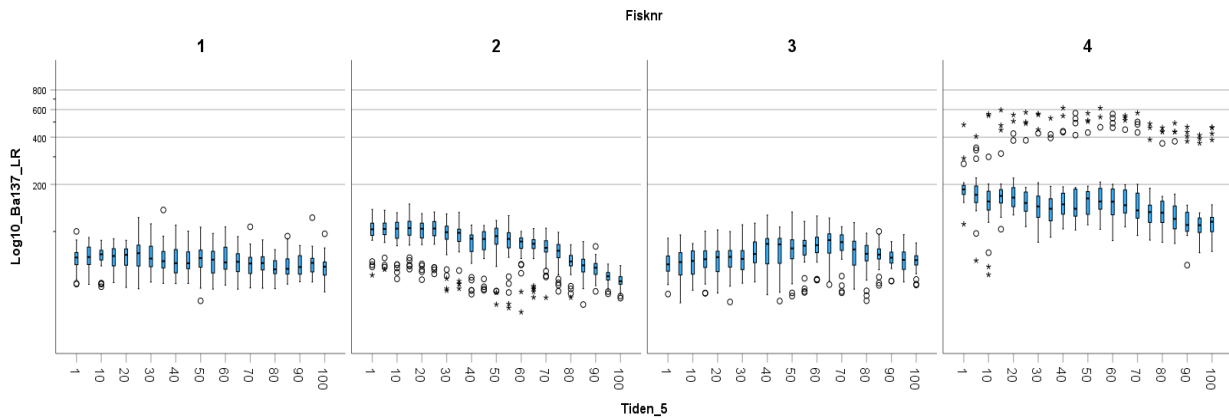
Som illustrert i Figur 2 og 3 så ser vi ingen forskjell mellom gjeddene fra 2021 og 2023 når vi ser på strontium. Grafene for litium, natrium, bly og jern viser det samme, vi ser ingen eller lite forskjell mellom gjeddene.

3.2.2 Barium

Figur 4 og 5 viser resultatet fra geoelementanalysene for barium. Figur 4 viser hvordan konsentrasjonen av barium varierer gjennom fiskenes livsforløp. Figur 5 illustrerer hvordan konsentrasjonen av barium varierer i vekstsesongen i 2021.



Figur 4: Linescanresultat for Barium. Grafene viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå kurver viser gjeddene fra 2021. LR i tittelhode markerer at prøven ble analysert ved lav oppløsning

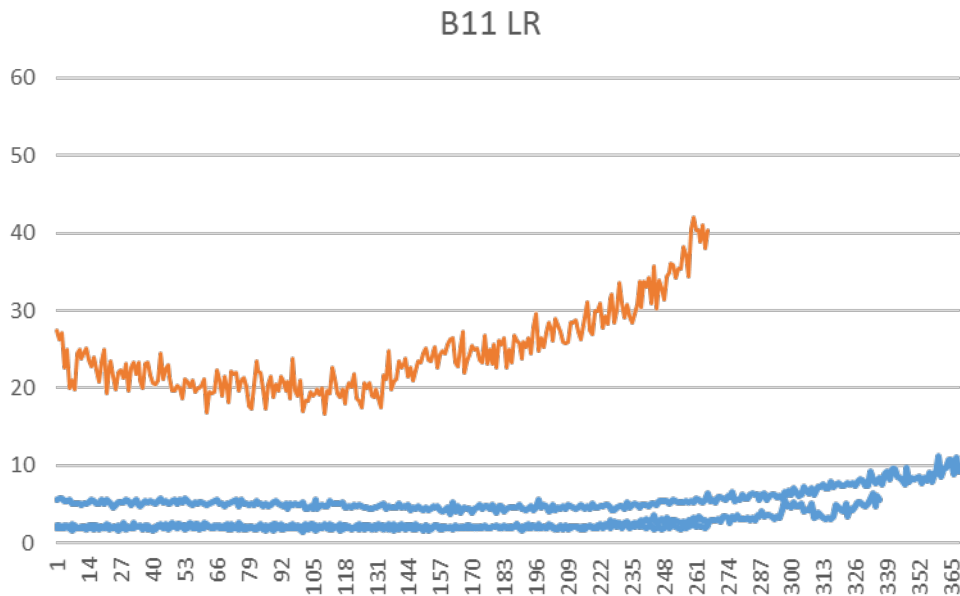


Figur 5: Linescanresultat for Barium. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Tidsrommet er delt inn i 100 like lange avsnitt ved lav oppløsning (LR). Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

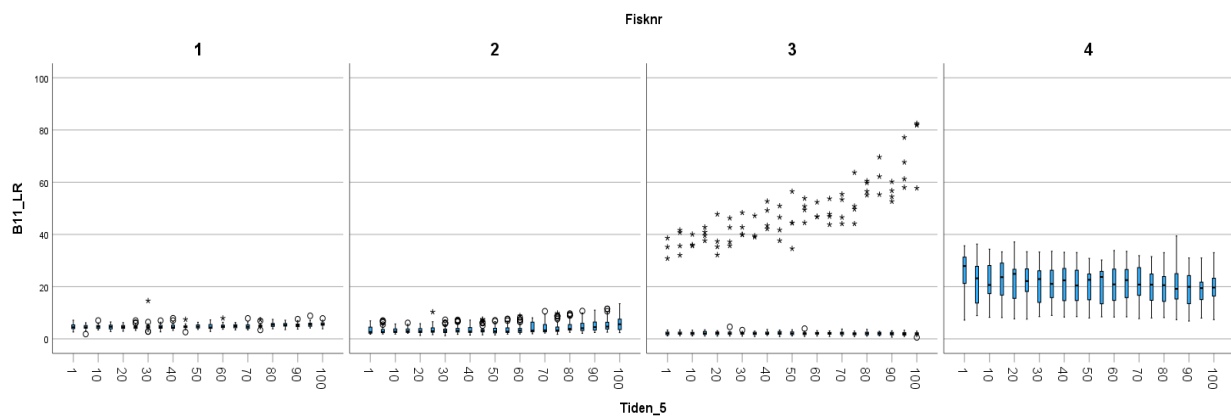
Figur 4 viser at grunnstoffprofilen til de tre gjeddene fra 2021 er omtrent lik. Samme figur viser at grunnstoffprofilen til gjedde 2023 er tydelig forskjellig ved at den har en annen form enn gjeddene fra 2021. Samtidig ser vi at grunnstoffnivået til gjedde 2023 er forskjellig, det starter høyt før det etter en tid dropper til et lavere nivå. Figur 5 viser det samme, konsentrasjonen av barium til gjedde 2023 er høyere enn til gjeddene fra 2021.

3.2.3 Bor

Figur 6 og 7 viser resultatet fra geoelementanalysene for bor. Figur 6 viser hvordan konsentrasjonen av bor varierer gjennom fiskenes livsforløp. Figur 7 illustrerer hvordan konsentrasjonen av bor varierer i vekstsesongen i 2021.



Figur 6: Linescanresultat for Bor. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021. LR i tittelhodet markerer at prøven ble analysert ved lav oppløsning.

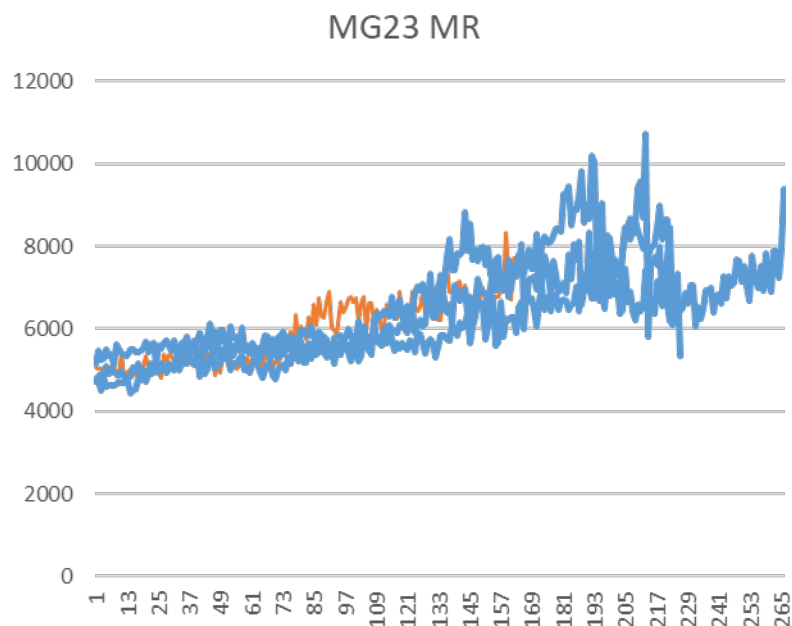


Figur 7: Linescanresultat for Bor. Grafene viser kun vekstperioden 2021, tidsperioden hvor fiskene har overlappet i tid. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Tidsrommet er delt inn i 100 like lange avsnitt ved lav oppløsning (LR). Her ble fem og fem avsnitt slått sammen for en bedre visuell fremstilling av trender og tendenser. Y-aksen angir median konsentrasjon av grunnstoff med 10 og 90 percentil for den enkelte fisk. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

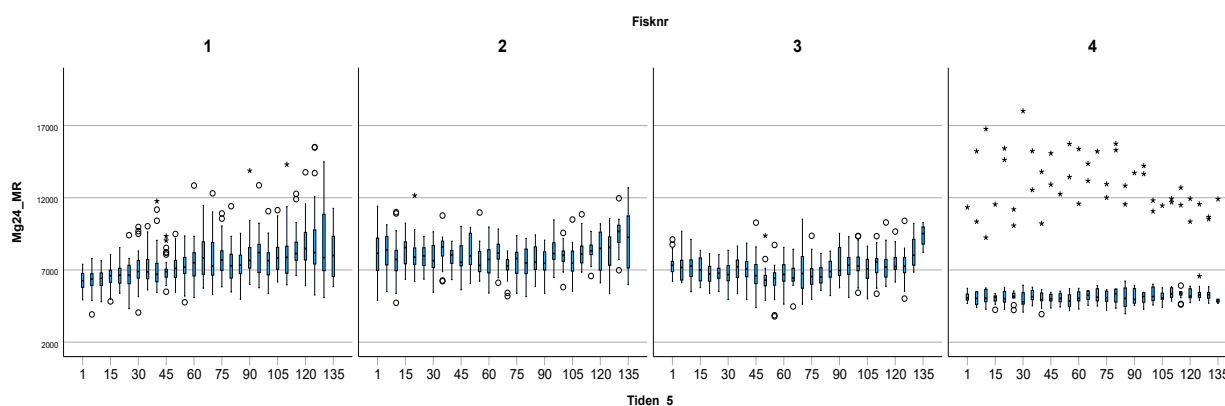
Figur 6 og 7 viser at gjedde 2023 har et vesentlig høyere nivå av bor. Vi ser en tydelig forskjell mellom gjedde 2023 og gjeddene fra 2021.

3.2.4 Uran, Magnesium, Mangan, Svovel og Sink

Figur 8 og 9 viser resultatet for magnesium. Resultatet for uran, svovel og sink finnes i vedlegg A. Figur 8 viser hvordan konsentrasjonen av magnesium varierer gjennom fiskenes livsforløp. Figur 9 viser hvordan konsentrasjonen av magnesium varierer i vekstsesongen i 2021.



Figur 8: Linescanresultat for Magnesium. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021. MR i tittelhode markerer at prøven ble analysert ved medium oppløsning.



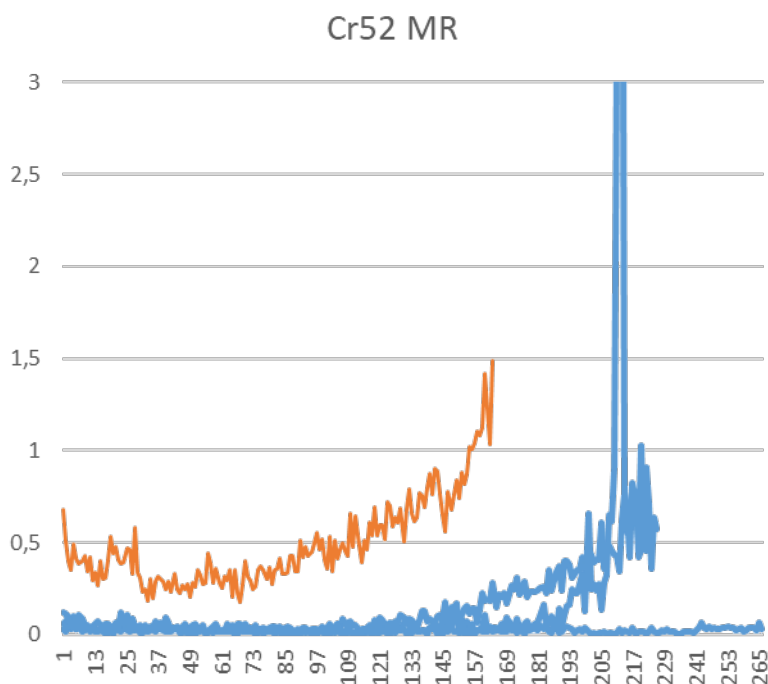
Figur 9: Linescanresultat for Magnesium. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Tidsrommet er delt inn i 135 like lange avsnitt ved medium oppløsning (MR). Her ble fem og fem avsnitt slått sammen for en bedre visuell fremstilling av trender og tendenser. Y-aksen angir median konsentrasjon av grunnstoff med 10 og 90 percentil for den enkelte fisk. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

Figur 8 viser ingen forskjell mellom gjedden fra 2023 og gjeddene fra 2021. Hvis vi ser på Figur 9 så er nivåene av magnesium noe lavere for gjedde 2023.

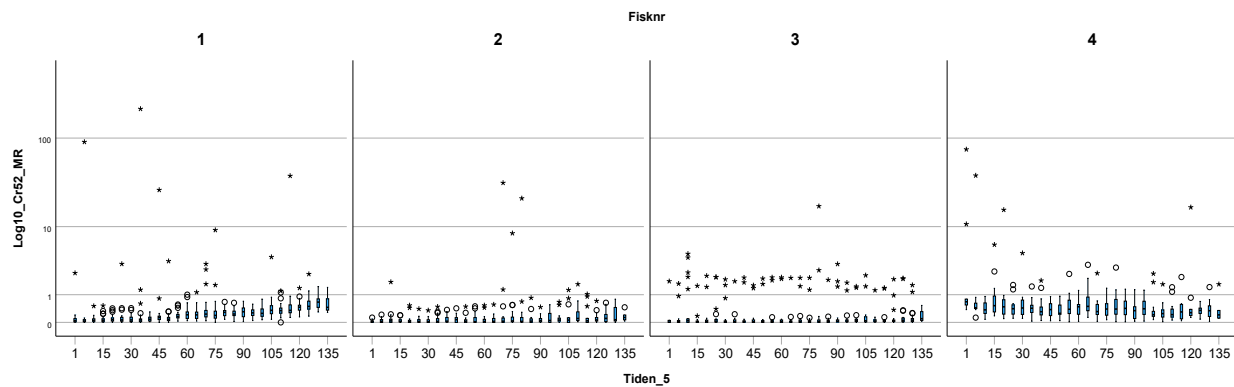
Resultatene for uran, mangan, svovel og sink viser samme trend. Vi ser ingen eller liten forskjell mellom gjeddene fra 2021 og 2023 hvis vi ser på hele perioden fisken har levd. Sammenligner vi kun perioden fiskene har overlappet i tid ser vi noen forskjeller.

3.2.5 Krom

Figur 10 og 11 viser resultatet fra geoelementanalysene for krom. Figur 10 viser hvordan konsentrasjonen av krom varierer gjennom fiskenes livsforløp. Figur 11 viser hvordan konsentrasjonen av krom varierer i vekstsesongen i 2021.



Figur 10: Linescanresultat for Krom. . Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021. MR i tittelhode markerer at prøven ble analysert ved medium oppløsning.

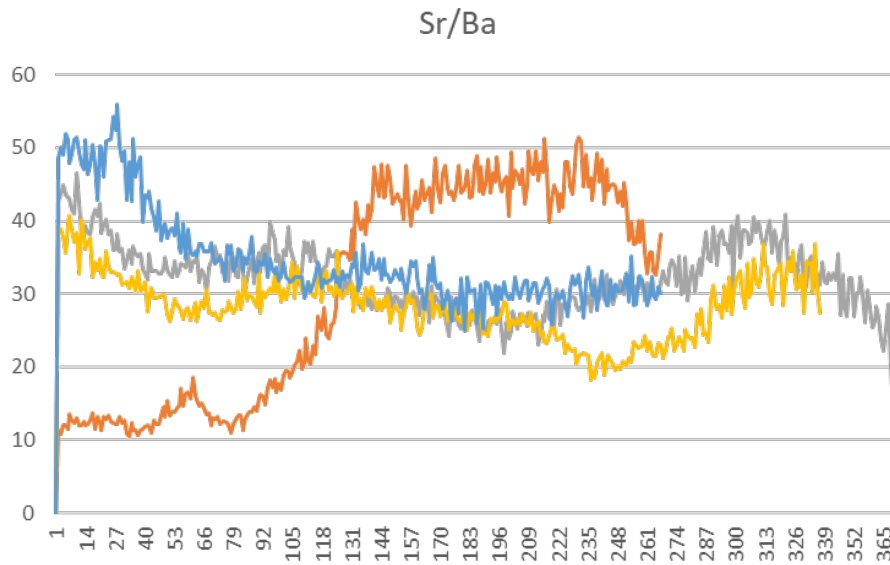


Figur 11: Linescanresultat for Krom. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Tidsrommet er delt inn i 135 like lange avsnitt ved medium oppløsning (MR). Her ble fem og fem avsnitt slått sammen for en bedre visuell fremstilling av trender og tendenser. Y-aksen angir median konsentrasjon av grunnstoff med 10 og 90 percentil for den enkelte fisk. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

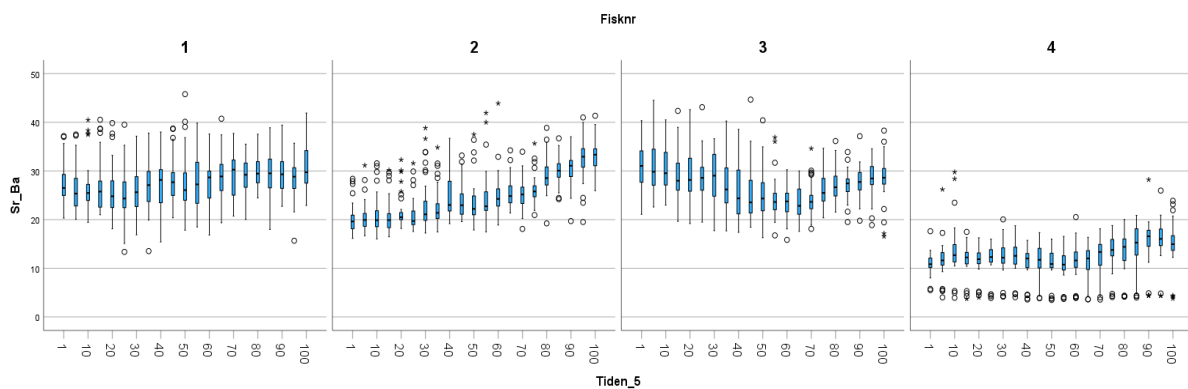
Figur 10 viser at nivået av krom er høyere for gjedden fra 2023. Krom er et element som ofte ligger under deteksjonsgrensen. Mesteparten av verdiene til gjeddene fra 2021 ligger under deteksjonsgrensen, og vi har derfor liten tiltro til disse resultatene.

3.2.6 Sr/Ba

Ved geoelementanalyse av skjell fra laks kan Sr/Ba-profiler brukes til skille mellom grupper av fisk som kommer fra settefiskanlegg med eller uten sjøvannstilsetning. Konsentrasjonen av barium er høyere i ferskvann enn i saltvann, og bariumverdiene i skjell fra laks vil synke betydelig når fisken kommer over i sjø. På samme måte er konsentrasjonen av strontium lavere i ferskvann enn i sjøvann. Grunnstoffanalyser av strontium i skjell fra laks viser ofte ingen tydelig endring, men ratioen Sr/Ba gir ofte et bedre bilde enn om man ser på barium alene. Vi har satt opp Sr/Ba-profiler også for gjeddeskjellene, som vist i Figur 12 og 13.



Figur 12: Sr/Ba-profil. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå, grå og gul graf viser gjeddene fra 2021.



Figur 13: Sr/Ba-profil. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

Figur 12 og 13 viser at Sr/Ba-profilen til gjedden fra 2023 er ulik profilen til gjeddene fra 2021.

4 Oppsummering

Tabell 4 gir en oppsummering av resultatet for hvert av grunnstoffene. Elementene ble plassert i to grupper ut i fra om de indikerer forskjell mellom gjeddene fra 2021 og 2023 eller ikke.

Tabell 4: Oppsummering av resultat. Grunnstoffene er plassert i kategorier ut i fra om grunnstoffene indikerer forskjell mellom gjeddene fra 2021 og 2023 eller om vi ikke ser noen forskjell. Grunnstoff markert i uthevet og fet skrift viser forskjeller dersom vi ser på vekstperioden 2021, men ikke dersom vi ser på hele perioden fisken har levd.

Likt grunnstoffnivå og/eller profil	Ulikt grunnstoffnivå og/eller profil
Sr	Ba
Li	B
Pb	U
Na	Mg
Fe	Mn
	S
	Zn
	Cr
	Sr/Ba

Sammenligner vi kun gjeddene fra 2021 viser en visuell inspeksjon av grafene at gjeddene i stor grad har lik grunnstoffprofil og nivå. Dette er rimelig og forventet siden de har levd i samme vannmiljø.

Sammenligner vi gjeddene fra 2021 og 2023 fant vi at det var stor grad av likhet for fem av de undersøkte grunnstoffene (Sr, Li, Pb, Na og Fe). For de resterende åtte grunnstoffene (Ba, B, U, Mg, Mn, S, Zn og Cr) samt for ratioen mellom strontium og barium (Sr/Ba) var det forskjeller mellom fiskene innsamlet i 2021 sammenlignet med den ene innsamlet i 2023. For flere av de analyserte grunnstoffene viser grafene forskjeller i konsentrasjon, og vi ser også at grunnstoffprofilen (formen på grafen) til gjedden fra 2023 skiller seg ut for flere grunnstoff. Hvor stor forskjellen er varierer fra grunnstoff til grunnstoff.

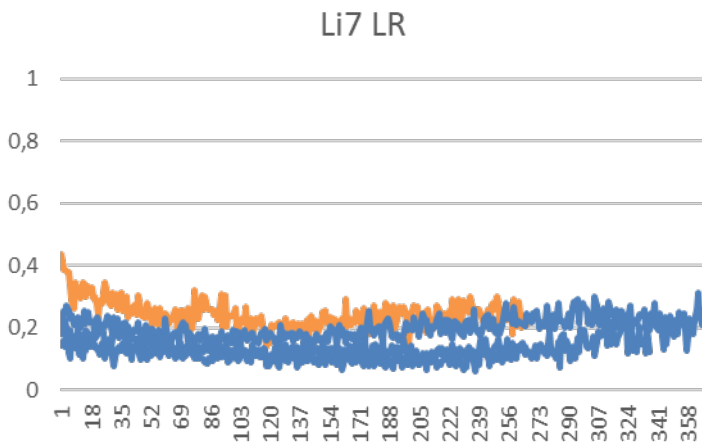
Resultatene våre viser at det er forskjeller i grunnstoffkonsentrasjon og/eller nivå mellom gjedden fra 2021 og den fra 2023, men årsaken til disse forskjellene er usikker. En mulighet er at gjedden kan ha blitt overført til Gillsvannet etter rotenonaksjonen i 2021. En annen mulighet er at gjedda fra 2023 kan ha oppholdt seg i periferien i vassdraget og slik overlevd rotenonaksjonen. I så tilfelle har den måttet oppholdt seg i periferien over tid og frem til at rotenonkonsentrasjonen var betydelig redusert. Hvorvidt et slikt scenario vurderes som mulig er noe andre må svare på. Vi kan derfor ikke si noe sikkert om hvordan gjedden har kommet tilbake til Gillsvannet.

5 Referanser

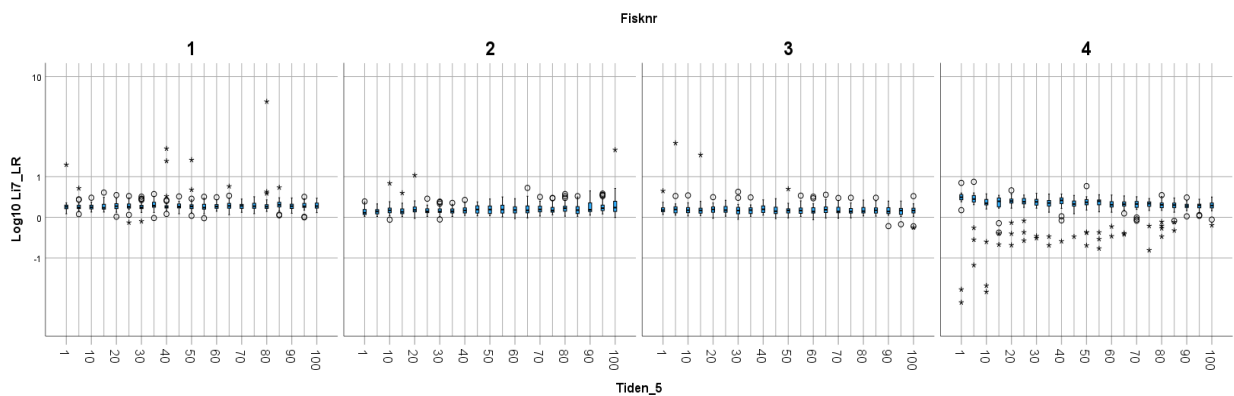
- Flem, B., Larsen, R. B., Grimstvedt, A., & Mansfeld, J. (2002). In situ analysis of trace elements in quartz by using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Chemical Geology*, 182(2-4), 237-247.
- Flem, B., Moen, V. & Grimstvedt, A. (2005). Trace element analysis of scales from four populations of Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for stock identification using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Appl Spectrosc.* 59, 245-251.
- Flem, B., Moen, V., Finne, T.E., Viljugrein, H., Bråten Kristoffersen, A. (2017). Trace element composition of smolt scales from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), geographic variation between hatcheries. *Fisheries Research* 190, 183-196.
- Günther, D & Heinrich, C. A. (1999). Enhanced sensitivity in laser ablation-ICP mass spectrometry using helium-argon mixtures as aerosol carrier. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 14, 1363-1368.
- Tabersky, D., Luechinger, N. A., Rossier, M., Reusser, E., Hametner, K., Aeschlimann, B., et al. (2014). Development and characterization of custom-engineered and compacted nanoparticles as calibration materials for quantification using LA-ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 29(6), 955-962.

Vedlegg A

A1. Litium

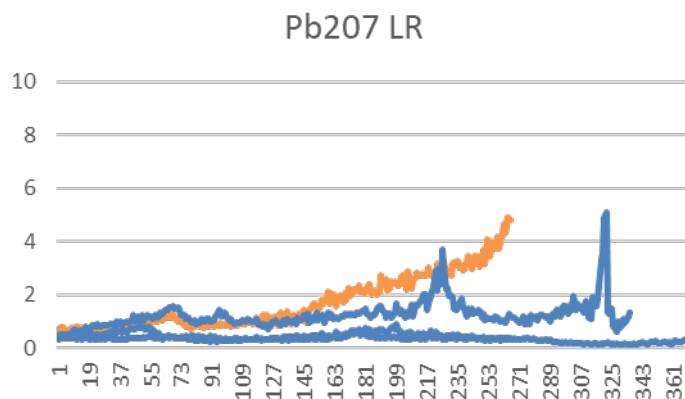


Figur 14: Linescanresultat for litium. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

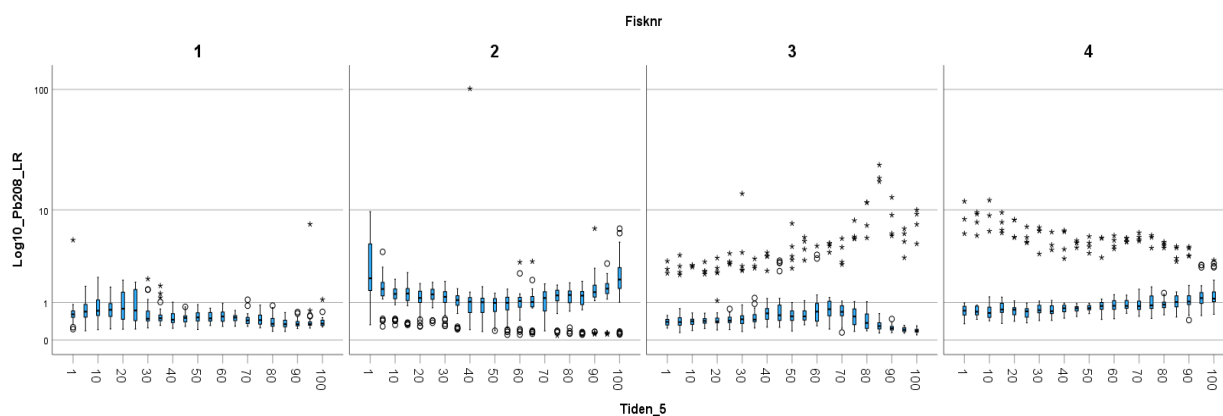


Figur 15: Linescanresultat for litium. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A2. Bly

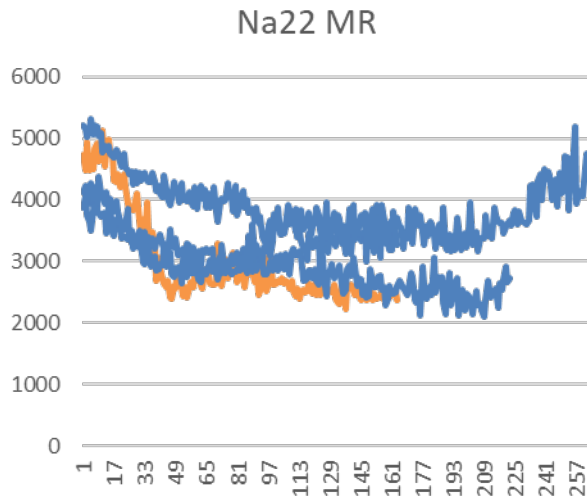


Figur 16: Linescanresultat for bly. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

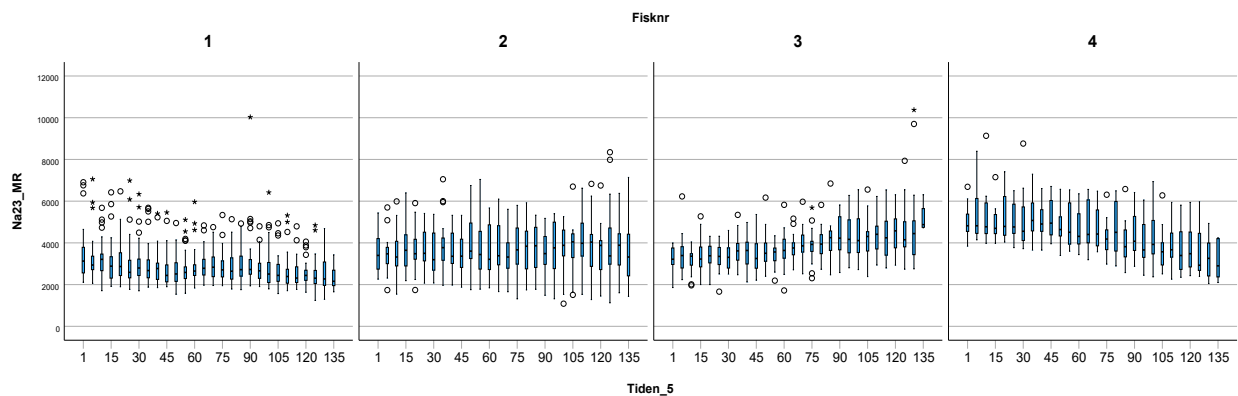


Figur 17: Linescanresultat for bly. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A3. Natrium

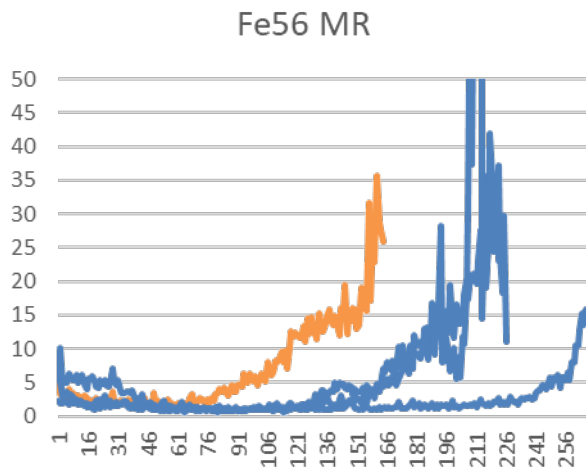


Figur 18: Linescanresultat for natrium. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

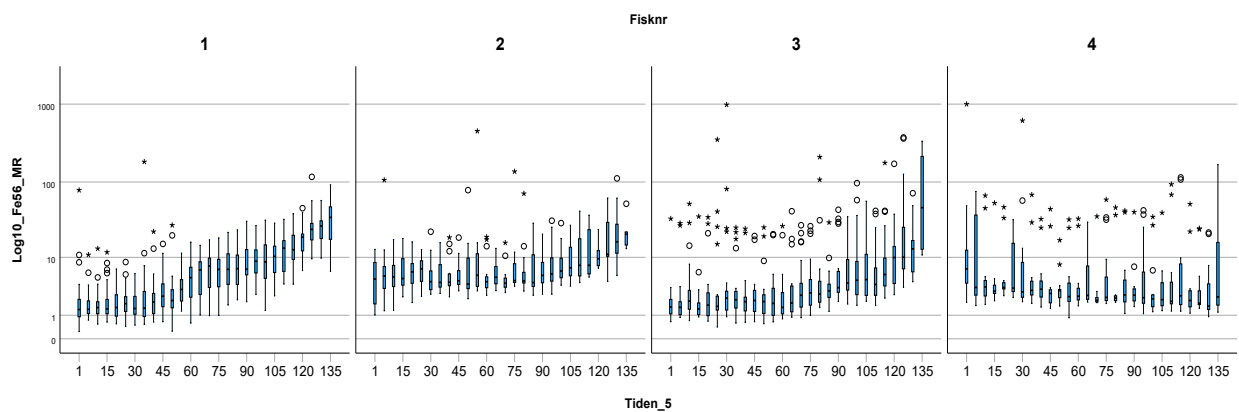


Figur 19: Linescanresultat for natrium. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A4. Jern

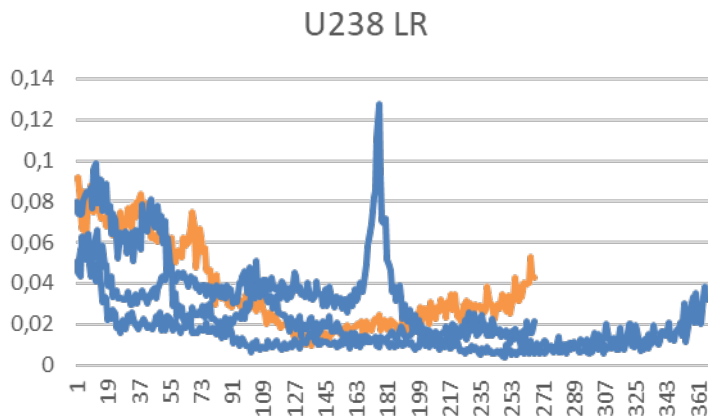


Figur 20: Linescanresultat for jern. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

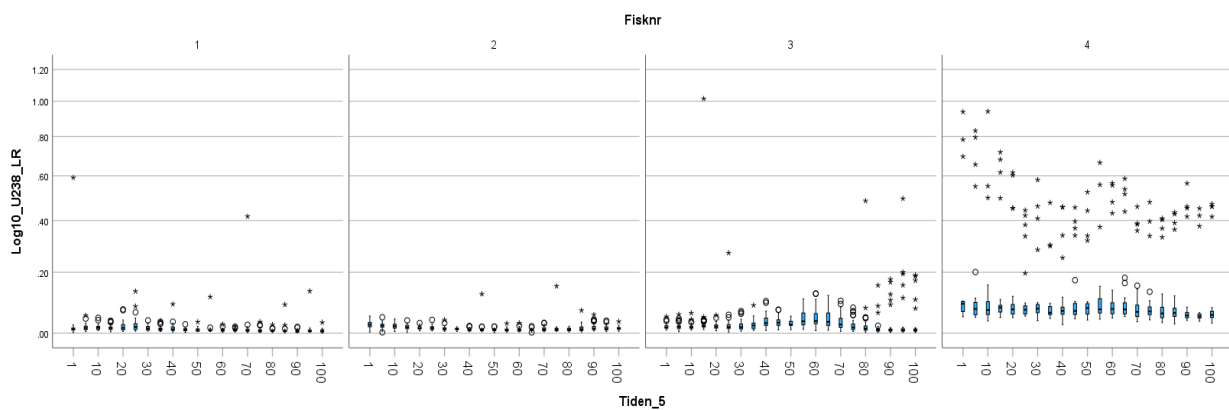


Figur 21: Linescanresultat for jern. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A5. Uran

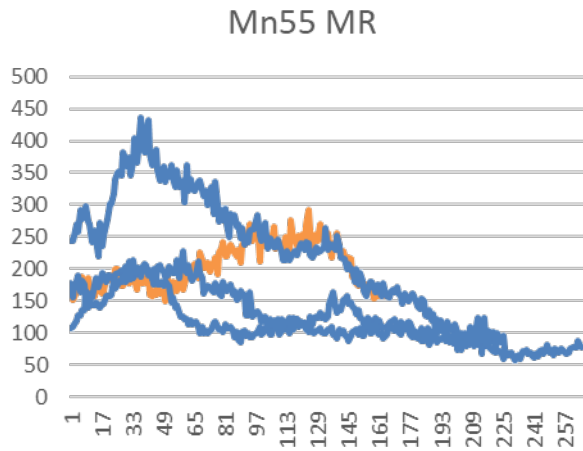


Figur 22: Linescanresultat for uran. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

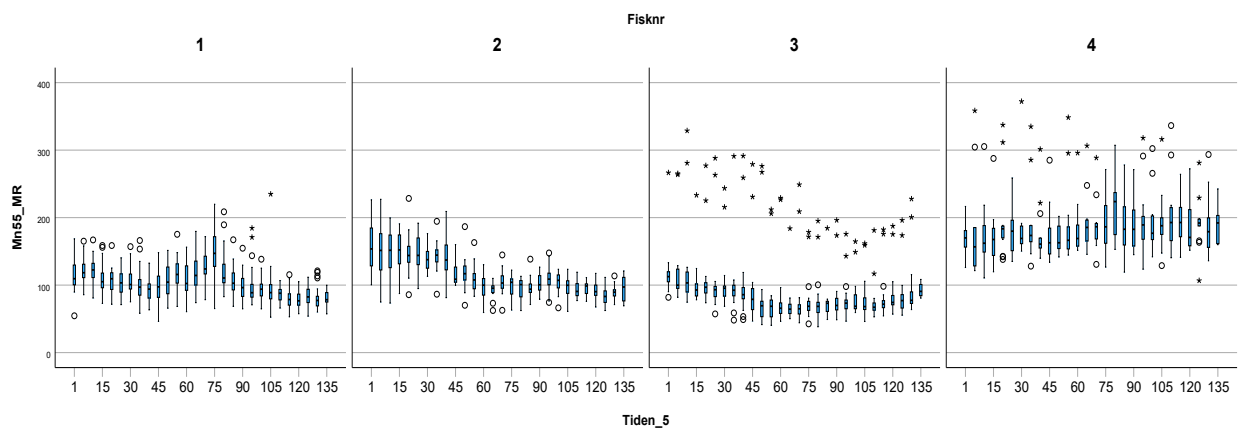


Figur 23: Linescanresultat for uran. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A6. Mangan

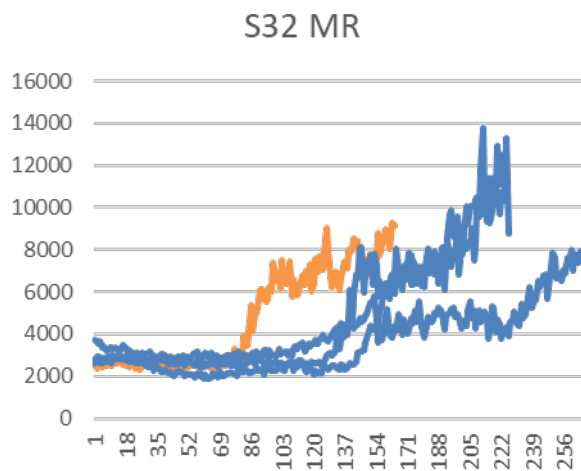


Figur 24: Linescanresultat for mangan. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

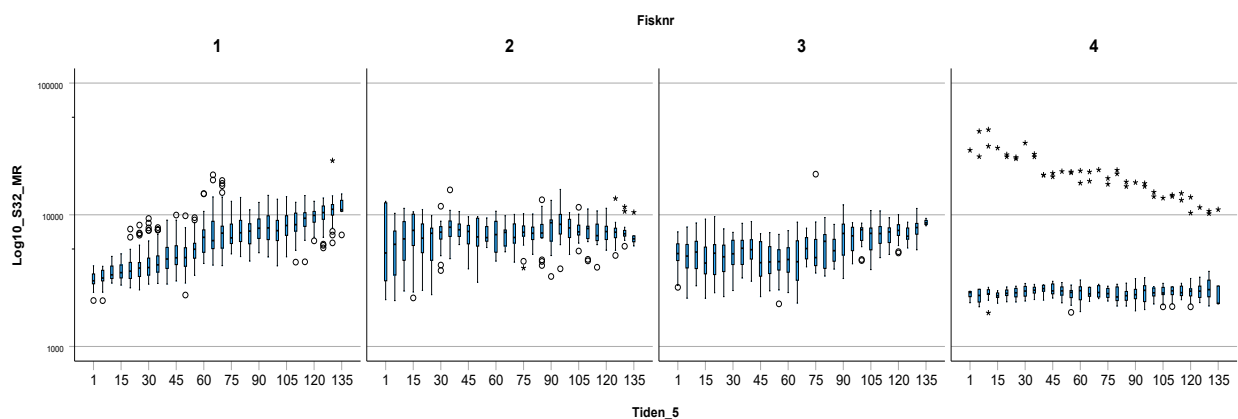


Figur 25: Linescanresultat for mangan. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A7. Svovel

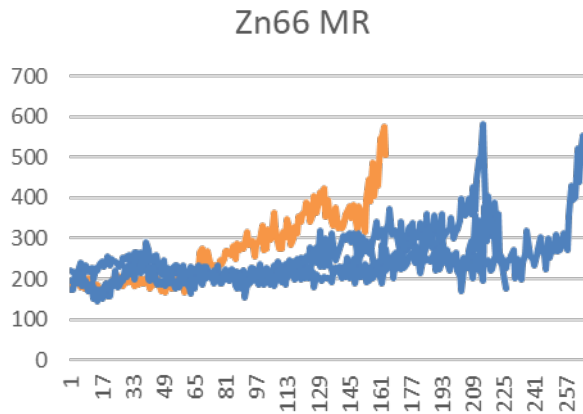


Figur 26: Linescanresultat for svovel . Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.

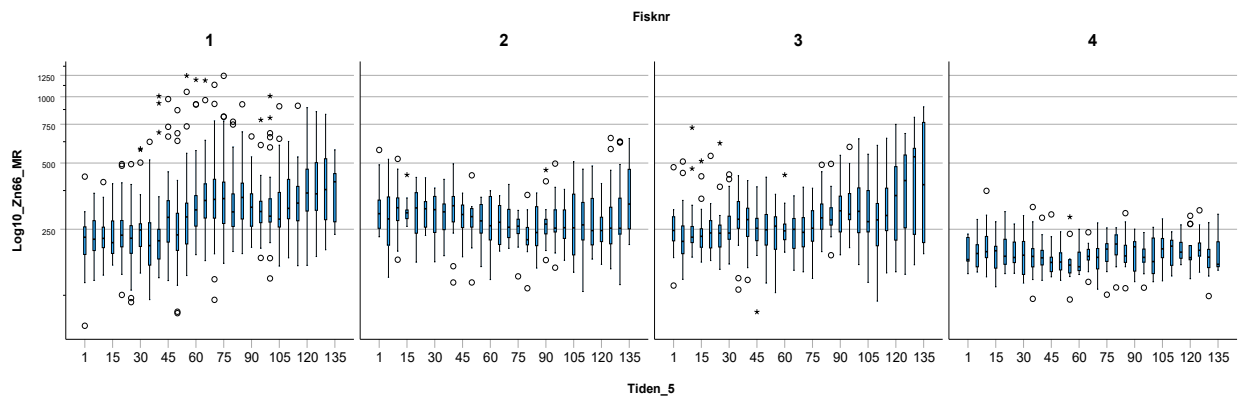


Figur 27: Linescanresultat for svovel. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

A8. Sink



Figur 28: Linescanresultat for sink. Grafen viser resultatet for hele perioden fisken har levd. X-aksen viser antall målepunkt fra sentrum til ytterkant. Ulik lengde på grafene skyldes ulik størrelse på skjellene. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Oransje graf viser resultat fra gjedde 2023, blå grafer viser gjeddene fra 2021.



Figur 29: Linescanresultat for sink. Grafene viser kun vekstperioden 2021. X-aksen viser vekstperioden i 2021-sesongen, fra og med april til oktober 2021. Hvert punkt består av 5 målepunkt. Y-aksen viser konsentrasjonen av grunnstoffet. Sirkel betyr uteligger med 90 % sannsynlighet, stjerne betyr uteligger med 99% sannsynlighet. Graf 1-3 viser resultatet for gjeddene fra 2021. Graf 4 viser resultatet til gjedden fra 2023.

Frisk fisk



Sunne dyr



Trygg mat



Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute

Ås

Trondheim

Sandnes

Bergen

Harstad

Tromsø

postmottak@vetinst.no
www.vetinst.no