

NINA Minirapport 178

Foreløpige analyser av feilvandring hos laks på basis av grunnstoffer i otolitter

Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Syverin Lierhagen
og Bjørn Ove Johnsen

Hvidsten, N.A. Fiske, P., Lierhagen, S., & Johnsen, B.O. 2007.
Foreløpige analyser av feilvandring hos laks på grunnlag av grunn-
stoffer i otolitter. - NINA Minirapport 178. 11s.

Trondheim, januar 2007

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

TILGJENGELIGHET

Upublisert

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

ANSVARLIG SIGNATUR

Prosjektleder Nils Arne Hvidsten (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning, Reetableringsprosjektet

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Steinar Sandøy

NØKKEWORD

Numedalslågen, Otra, Tovdalselva, Mandalselva, laks, otolitter,
sporstoff, Sr-ratio

KEY WORDS

River Numedalslågen, River Tovdalselv, River Otra, River Man-
dalselv, salmon, otoliths, trace elements, Sr-ratio

NINA Minirapport er en enklere tilbakemelding til oppdragsgiver enn det som dekkes av NINAs øvrige publikasjonsserier. Minirapporter kan være notater, foreløpige meldinger og del- eller sluttresultater. Minirapportene registreres i NINAs publikasjons-database, med internt serienummer. Minirapportene er ikke søkbare i de vanlige litteraturbasene, og følgelig ikke tilgjengelig på vanlig måte. Således kan ikke disse uten videre refereres til som vitenskapelige rapporter.

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA Trondheim

7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

Foreløpige analyser av feilvandring hos laks på bais av grunnstoffer i otolitter

Innhold:

Sammendrag	Error! Bookmark not defined.
Innledning	3
Metode og materiale	4
Resultater	5
Analyse av mulige potente grunnstoffer for å identifisere heimelva.....	5
Analyse av stabile strontium isotoper, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio	7
Kombinert diskriminananalyse av grunnstoffanalyse og Sr ratio	8
Analyse av ferskvannsdelen av voksen laks otolitter	8
Samlet vurdering og veien videre.....	9
Litteratur	9
Vedlegg	10

Sammendrag

Vi er usikre på om det er mulig å skille ungfisken fra Mandelselva, Tovdalselva, Otra og Nummedalslågen fra hverandre tilfredsstillende på grunnlag av brei screening av grunnstoffer i otolittene. Å finne heimelva til den voksne laksen blir derfor vanskelig, fordi det kan være betydelig forskjeller i innhold i flere av disse grunnstoffene mellom år i den samme elva. Vi har generelt større forventninger til at Sr ratio vil gi informasjon om heimelva til voksen laks enn grunnstoffene som ble benyttet i den breie screeningen. Det var bare Numedalslågen som lot seg identifisere i forhold til de tre andre elvene på grunnlag av Sr ratio målinger. Det er derfor ikke mulig å gi et sikkert svar på heimelva til voksenlaksen i disse elvene på grunnlag av grunnstoffene og Sr ratio i otolittene.

Innledning

Det er mange studier som viser at det kan være mulig på grunnlag av sporstoffer i otolitter å identifisere leveområdet for fisken i tidligere livsstadier (for eksempel Bacon et al. 2004). Den grunnleggende premissen for å gjøre denne analysen er at otolittene avspeiler miljøet som fisken har vokst opp i, og at otolittene er metabolsk stabile og derved avspeiler signaturen av ioner i det miljøet som den oppholder seg i (Campana & Neilson 1985; Fowler et al. 1995). Det har imidlertid vist seg at opptaket av ulike grunnstoffer kan bli diskriminert slik at kjemisk innhold i miljøet er forskjellig fra innholdet i otolitten (Campana 1999).

I Sørlandselvene, kanskje spesielt Otra, er det en betydelig fangst av voksen laks uten at det synes å være en stor nok produksjon av ungfisk i elvene som tilsier at voksenfisken stammer fra disse elvene. Det er derfor mulig at fisket for en stor del er basert på feilvandrere som kan komme fra elver som f.eks Numedalslågen eller Mandalselva. Med bakgrunn i at sporstoffanalyser av otolitter var lovende for elve-spesifikk identifisering, ble det igangsatt et prosjekt for om mulig å benytte dette til å se om det var mulig å komme en nærmere forklaring på herkomsten til voksen laks fanget i Otra, Tovdalselva og Mandalselva.

Metode og materiale

Ungfiskmaterialet fra Otra ble innsamlet ved elfiske, mens smolt ble fanget i feller i Numedalslågen, Tovdalselva og Mandalselva. Voksen laks ble dels fisket i ordinært sportfiske eller under stamfiske. Otolitter fra ungfisken kunne benyttes direkte i kjemisk analyse siden disse ikke hadde vært i sjøen. Otolittene fra voksen laks har vokst vesentlig i sjøen etter at den forlot elva. For å få tak i ferskvannns-avsetningene i otolitten, var det nødvendig å slippe vekk soner på otolitten som var dannet i sjøfasen. Vi slippet otolitten ned til sentrum og boret ut et 1,1 mm tykt lag innenfor smoltsonen. Nedsliping av otolitten ble gjennomført av NINA personell, mens utboringen ble gjennomført ved SINTEF's laboratorier. Utboringen er gjennomført etter konferanse med Kennedy (Kennedy et al. 2002).

Otolittene ble oppsluttet i 2 ml 6 M HNO₃ i mikrobølgeovn, volumet ble så justert til 20 ml med 18,2 megaohm destillert vann. Dette tilsvarer en 0,6 M HNO₃ løsning. Analysene er gjennomført av NTNU ved hjelp av HR-ICP-MS. Konsentrasjonen av elementene på vektbasis ble beregnet ut fra konsentrasjonene av kalsium i prøvene som ble antatt å være konstant 38% med kalsium i otolittene. Det ble gjennomført en bred screening som omfattet i alt 30 grunnstoffer i alt ungfiskmaterialet og noen kjerneprøver fra voksen laks fra alle elvene.

Analysen av innhold av stabile isotoper (⁸⁷Sr/ ⁸⁶Sr ratio) har vist seg å være en mulig bedre metode for å identifisere oppvekstlokaliteten til laks og annen fisk enn sporstoffanalyse (for eksempel Kennedy et al. 2002). Det ble derfor analysert på stabile isotoper av Sr på det samme materialet som ble undersøkt for sporstoffer. En oversikt over innsamlet og bearbeidet materiale er vist i **tabell 1**. Detaljert oversikt over metoden benyttet for bestemmelse av ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, er vist i **vedlegg 1**. Oppgitt ratio for hver enkelt prøve, er gjennomsnittet av 1600 enkelt ratioer. Hver prøve ble analysert 2 eller 3 ganger, dvs av et gjennomsnitt av 3200/4800 ratioer total. Nøyaktighet og presisjon på metodene er utført mot sertifisert referansemateriale NIST 987.

Tabell 1. Oversikt over elv/lokalitet, laksestadium. Totalt antall otolitter antall otolitter brukt til analyser grunnstoffer anlagt i otolitter i ferskvannsfasen hos laks.

Elv/lokalitet	Otolitt fra	Hel otolitt, antall	Kjerne otolitt tatt ut, antall	Screening, Antall	Ratio ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr, antall
Mandalselva	smolt	15	-	15	15
Mandalselva	voksen laks	-	16	3	3*
Otra, rusefanget	smolt	9	-	9	9
Otra, Vigelandssfossen	presmolt	10	-	10	10
Otra, Lonane	presmolt	10	-	9	9
Otra	voksen laks	-	15	3	3*
Tovdalselva, rusefanget	smolt	10	-	10	10
Tovdalselva	voksen laks	-	5	3	3*
Numedalslågen, fellefanget	smolt	11	-	10	10
Numedalslågen	voksen laks	-	9	-	9

*Gjelder hele otolitter (sjøfasen er med).

De kjemiske analysene av sporstoffene er behandlet statistisk ved hjelp av stegvis diskriminantanalyse for å finne fram til kombinasjoner av grunnstoffer som i størst mulig grad bidro til å skille fisk fra ulike lokaliteter. Innholdet av stabile isotoper av Sr (Sr ratio) ble testet med ANOVA. De statistiske testene ble gjennomført i SPSS (ver.14.0).

Resultater

Analyse av mulige potente grunnstoffer for å identifisere heimelva

Ungfiskene i Mandalselva, Otra, Tovdalselva og Numedalslågen hadde forskjellige gjennomsnittsverdier av sporstoffer i otolittene (**Tabell 2**). Det var store forskjeller i gjennomsnittlig innhold mellom elvene i strontium (Sr), ytterium (Y), tallium (Tl) og barium (Ba), men det er betydelig overlapp mellom verdiene (**Tabell 2**).

Tabell 2. Gjennomsnittskonsentrasjoner, standard feil (SE), minimumsverdi, maksimumsverdi og forskjell (F) mellom elvene i innhold av grunnstoffer i otolitter fra laksunger i Mandalselva, Otra, Tovdalselva og Numedalslågen. Antall fisk i hver gruppe er minimum 9 stk. (Tl= tallium, K= kalium, Sr= strontium, Y= ytterium, Ba= Barium, Rb= rubidium, Zn= sink).

Grunnstoff	Elv	Gj.Snit (µg/g)	SE	Min	Maks	F	p
Tl	Mandal	0,37	0,023	0,22	0,49	16,71	0,000
	Tovdal	0,33	0,043	0,16	0,53		
	Otra	0,23	0,010	0,12	0,34		
	Numedal	0,18	0,010	0,13	0,25		
K	Mandal	1266,78	35,467	1044,24	1531,91	4,01	0,011
	Tovdal	1150,24	97,329	579,48	1623,56		
	Otra	1303,58	39,585	1023,98	1968,00		
	Numedal	1451,75	38,162	1293,50	1672,98		
Sr	Mandal	446,97	19,124	316,36	590,98	17,22	0,000
	Tovdal	695,04	90,220	446,57	1106,59		
	Otra	1023,89	67,403	529,33	1761,00		
	Numedal	624,45	7,106	581,00	658,00		
Y	Mandal	0,01	0,000	0,00	0,01	16,048	0,000
	Tovdal	0,01	0,001	0,01	0,02		
	Otra	0,01	0,001	0,00	0,02		
	Numedal	0,00	0,000	0,01	,01		
Ba	Mandal	7,74	0,454	4,80	10,53	13,953	0,000
	Tovdal	18,36	3,206	9,52	34,20		
	Otra	25,85	2,137	10,76	44,23		
	Numedal	18,71	1,307	9,39	24,78		
Rb	Mandal	1,62	0,098	1,11	2,44	3,148	0,031
	Tovdal	1,36	0,180	0,60	2,49		
	Otra	1,47	0,048	0,98	2,12		
	Numedal	1,82	0,143	1,26	2,89		
Zn	Mandal	34,84	3,944	19,67	83,88	2,787	0,048
	Tovdal	25,75	1,393	15,94	32,00		
	Otra	38,36	3,255	13,91	73,57		
	Numedal	28,09	0,731	23,50	32,40		

Med en stegvis diskriminantanalyse av sporstoffene i otolittene fra ungfisken var det i begrenset grad mulig å kjenne igjen heimelva (**tabell 3**). I den stegvise diskriminantfunksjonen var det Tl205, Sr88, Y89, Rb85 som utgjorde variablene i modellen. I de fire elvene Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen plasserte fisken seg i riktig elv i 69 % av tilfellene, mens all Numedalsfisken plasserte seg korrekt. Av 15 Mandalssmolt plasserte det seg en i Tovdalselva og to i Numedalslågen, mens resten var rett plassert. Av 10 Tovdalsfisk plasserte 3 seg riktig, med 4 fisk i Mandalsel-

va og 3 i Otra. Otrafisk ble plassert i alle elvene, av 29 fisk havnet 19 i riktig elv, 5 i Mandalselva, 3 i Numedalslågen og 2 i Tovdalselva.

Tabell 3. Predikert gruppedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer i otolittene. Kryssvalidering er benyttet* (se **tabell 2**)

Elv		Predikert gruppe medlemskap				Totalt
		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	12	1	0	2	15
	Tovdal	4	3	3	0	10
	Otra	5	2	19	3	29
	Numedal	0	0	0	10	10
%	Mandal	80,0	6,7	,0	13,3	100,0
	Tovdal	40,0	30,0	30,0	,0	100,0
	Otra	17,2	6,9	65,5	10,3	100,0
	Numedal	,0	,0	,0	100,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 68,8% av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

Otolittanalysene av ungfisken viser at fisk fra Tovdalselva og Otra ikke skiller seg godt nok ut fra de øvrige. Å finne heimelva til den voksne fisken fanget i disse elvene på bakgrunn av sporstoffene i otolittene er for dårlig, med mindre de er fra Numedalslågen eller Mandalselva. Imidlertid viser det seg at materialet fra Lonane bekk i Otra har en avvikende kjemi fra resten av elva. Dersom en tar ut ungfiskmaterialet fra Lonane bekk får en et bedre treff for heimelv, med en treffprosent på 80 % for de fire elvene (**Tabell 4**).

Tabell 4. Predikert gruppedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer i otolittene. (se **tabell 2**). Ungfisken fra Lonane i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Kryssvalidering er benyttet.*

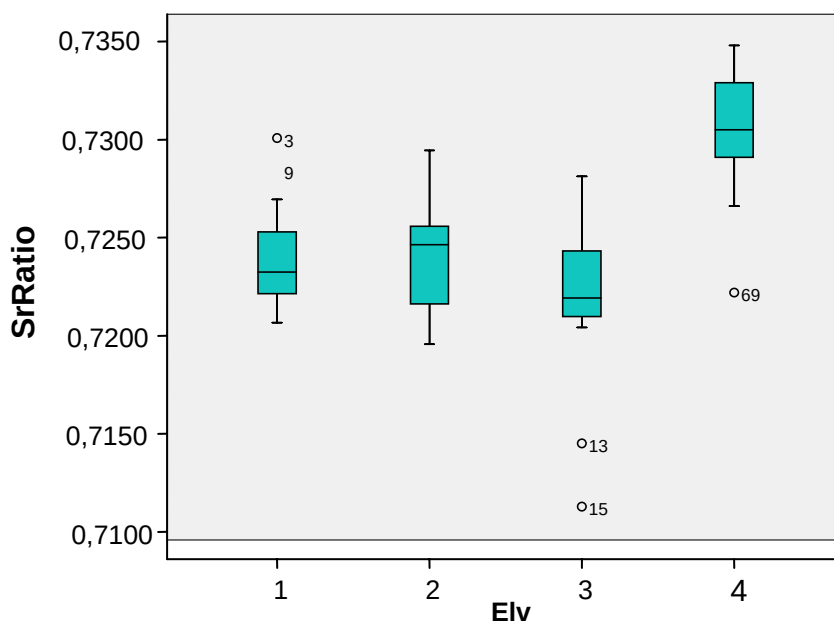
Elv		Predikert gruppe medlemskap				Totalt
		Man-dal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	13	1	0	1	15
	Tovdal	5	3	1	1	10
	Otra	0	1	18	1	20
	Numedal	0	0	0	10	10
%	Mandal	86,7	6,7	,0	6,7	100,0
	Tovdal	50,0	30,0	10,0	10,0	100,0
	Otra	,0	5,0	90,0	5,0	100,0
	Numedal	,0	,0	,0	100,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 80,0 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

Når en tar ut Lonane bekk materialet plasseres 18 av 20 ungfisk fra Otra seg i riktig elv mens to blir plassert i feil elv.

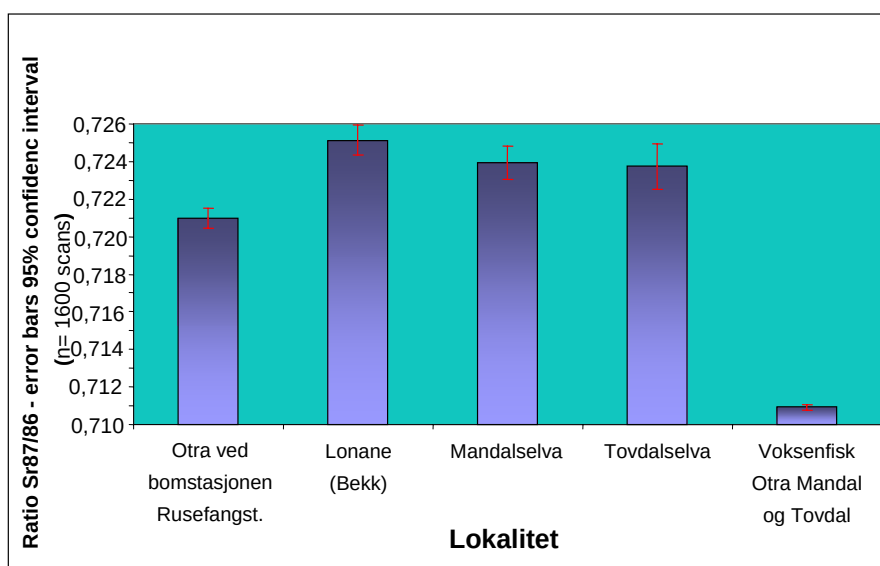
Analyse av stabile strontium isotoper, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio

Innholdet av Sr isotoper i otolitter fra ungfisk og smolt i fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra, og Numedalslågen viser at fisk fra Numedalslågen skiller seg fra de øvrige elvene (**figur 2.**)



Figur 2. Boksplott av $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ forholdet i otolitter fra ungfisk i Mandalselva (1), Tovdalselva (2), Otra (3) og Numedalslågen (4).

Gjennomsnittsverdiene for $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio var hhv 0,7239, 0,7241, 0,7221 og 0,7301 for Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen. Det var stor grad av overlappende verdier hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva og Otra. Dersom en tar ut Lonane bekk fra Otra materialet, skiller ungfisk fra Otra seg fra Mandalselva, Tovdalselva og Numedalslågen (**figur 3**).



Figur 3. Histogram over Sr-ratio i Otra med og uten Lonane bekk, Mandalselva og Tovdalselva. Analyse av hele otolitter voksen fisk fra Otra, Mandal og Tovdalselva er også vist.

Imidlertid, var det umulig å skille ungfisk fra Mandalselva og Tovdalselva på bakgrunn av Sr ratio. En diskriminantanalyse på grunnlag av Sr ratio ga en treffsannsynlighet for alle elvene på hhv 58 (**vedlegg 2**) og 50% for all ungfisken uten og med Lonane bekk i Otra.

Kombinert diskriminantanalyse av grunnstoffanalyse og Sr ratio

Kombinert screening av grunnstoffene i otolittene og Sr ratio målingene i en diskriminantanalyse, hvor en utelater materialet fra Lonane bekk i Otra, er meget bra med en total treffsannsynlighet på 87% (**Tabell 5**).

Tabell 5. Predikert gruppemedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer (se **tabell 2**) og Sr ratio i otolittene. Ungfisken fra Lonane bekk i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Kryssvalidering er benyttet*

Elv		Predikert gruppe medlemskap				Totalt
		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	13	1	0	1	15
	Tovdal	3	6	0	1	10
	Otra	0	0	19	0	19
	Numedal	1	0	0	8	9
%	Mandal	86,7	6,7	,0	6,7	100,0
	Tovdal	30,0	60,0	,0	10,0	100,0
	Otra	,0	,0	100,0	,0	100,0
	Numedal	11,1	,0	,0	88,9	100,0

*I kryss validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 86,8 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

En samlet oversikt over treffsannsynlighet til riktig elv med og uten materialet fra Lonane bekk i Otra ved kombinasjon av analysene fra screening av 7 grunnstoffer og Sr ratio er vist i **tabell 6**.

Tabell 6. Kombinert diskriminantanalyse av 7 grunnstoffer og Sr ratio. Treffsannsynlighet for riktig plassering til elv med og uten materialet fra Lonane bekk i Otra er vist.

Diskriminant analyse	Med Lonane bekk i Otra	Uten Lonane bekk i Otra
Sporstoff 7 grunnstoffer	68,8	80,0
Sr ratio	50,0	58,2
Sporstoff / grunnstoffer og Sr ratio	71,0	86,8

Analyse av ferskvannsdelen av voksen laks otolitter

Vår metode for uttak av kjerneprøver av otolittene på voksen laks (ferskvannsfasen av otolitten) viste at prøvevolumet fra kjernen var for liten til å gi tilfredsstillende målesikkerhet både for sporstoff- og Sr ratio analyse.

Hele otolitter av voksen laks fra (Mandalselva, Tovdalselva og Otra) viste en lavere verdi av Sr ratio enn otolitter fra ungfisken (**figur 3**). Høy Sr ratio indikerer yngre bergarter enn lav Sr ratio. Det vil si at berggrunnen i områdene vi har undersøkt er yngre enn berggrunnen som gjenspeiles i sjøvann.

Samlet vurdering og veien videre

Vi er usikre på om det er mulig å skille ungfisken fra Mandelselva, Tovdalselva, Otra og Numdalslågen fra hverandre tilfredsstillende på grunnlag av brei screening av grunnstoffer i otolittene. Å finne heimelva til den voksne fisken fanget i disse elvene på bakgrunn av sporstoffene i otolittene kan derfor bli vanskelig. Dette med bakgrunn i at det kan være betydelig forskjeller mellom år i flere av disse grunnstoffene. Innledende analyser av sporstoffer i elver i Trondheimsfjorden tydet på at det var mulig å lage et signaturkart. Imidlertid viste senere tester av fisk med kjent opphav at de i stor grad ble plassert i feil elv (upublisert).

Strontium ratio er sannsynligvis mer stabil over tid og i utgangspunktet bedre egnet til å klassifisere elvene enn en brei screening av mange grunnstoffer. Imidlertid viste det seg at Sr ratioene i otolittene var for udistensierte mellom Sørlandselvene til å skille fisken fra hverandre.

Vi har generelt større forventninger til at Sr ratio vil gi informasjon om heimelva til voksen laks enn grunnstoffene som ble benyttet i den breie screeningen. Siden Sr ratioene i liten grad kan brukes til å identifisere heimelva, og at det er lite sannsynlig at sporstoffnivåene er repeterbare, vurderer vi det som usikkert om en vil kunne identifisere heimelva til voksenlaksen tilfredsstillende. Dersom sporstoffanalysene imidlertid er repeterbare over år, og en kan kombinere analysen med Sr ratio-målinger, vil det teoretisk være mulig å identifisere heimelva til laksen som blir fisket i disse elvene. Det er imidlertid foreløpig ikke mulig å gi et sikkert svar på heimelva til voksenlaksen i disse elvene. Det kan være mulig å angi hovedtrekkene i feilvandringen mellom elvene. Dette skyldes at fisk fra Numdalslågen og Mandelselva, som de antatt viktigste ungfiskprodusentene på Sørlandet, i stor grad lar seg identifiseres. I tillegg har fisk fra Otra også høy grad av riktig plassering.

Ved en videreføring av undersøkelsene må metoden for uttak av kjerneprøver fra otolittene på voksen laks (ferskvannsfasen) forbedres. Prøvemengden var for liten til å gi tilfredsstillende målesikkerhet både for sporstoff- og Sr isotopanalysen.

Litteratur

Kennedy, B.P., Klaue, A., Blum, J.D., Folt C.L. & Nislow, K.W. 2002. Reconstructing the lives of fish using Sr isotopes in otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 925-929.

Bacon, R.C., Weber, P.K., Larsen K.A., Reisenbichler, R., Fitzpatrick, J.A., & Wooden, J.L. 2004. Migration and rearing histories of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) determined by ion microprobe Sr isotope and Sr/Ca transects of otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 2425-2439.

Campana, S.E. 1999. Chemistry and composition of fish pathways, mechanisms and applications. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 188: 263-297.

Campana, S.E. & Neilson, J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1014-1032.

Fowler, A.J., Campana, S.E., Jones, C.M. & Terrold, S.R. 1995. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using solution-based ICPMS. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1421-1430.

Vedlegg

Vedlegg 1. Metode benyttet ved måling av Sr ratio i otolitter.

Setup Global Parameter

Runs and Passes | Acquisition Default Settings | Evaluation Default Settings

Mode: ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

Res. Switching Delay [s]: 2

Acquisition			Evaluation		
Runs	Passes	Res.	Runs	Passes	Res.
1600	1	Low	1600	1	Low
0	0	Medium	0	0	Medium
0	0	High	0	0	High

>

OK Cancel Help

Hvidsten-LakseYngel-Mandal-Otra-Tovdal--1-54-Sr-Isotop-281106-07-30 - Method Editor - Thermo ELEMENT

File Edit Setup View Resolution Interference Correction Plot Help

Resolution: Low Runs: 1600 Estimated Total Time: [h:m:ms] 00:01:11
Mode: 1 Passes: 1

Entry	Locked	Isotope	Accurate Mass	Method Mass Offset	Settling Time	Mass Window	Search Window	Integration Window	Sample Time	Samples Per Peak	Segment Duration	Mass Range	Magnet Mass	Scan Type	Detection Mode	Regression Type
1	No	Sr86	85.9087	0.0000	0.001	10	10	10	0.0070	30	0.021	85.894 - 85.923	85.909	EScan	Analog	Thru Zero
2	No	Sr87	86.9084	0.0000	0.001	10	10	10	0.0070	30	0.021	86.894 - 86.923	85.909	EScan	Analog	Thru Zero
3		Sr87/Sr86														

For Help, press F1

Korrigerings av masbias, ble utført mot sertifisert referansemateriale NIST 987. En slik korrigerings er standard prosedyre ved isotopratiomålinger, fordi resultatene da er direkte sammelignbare med isotopratiomålinger utført av andre laboratorier.

Vedlegg 2. Predikert gruppe-medlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av Sr ratio i otolittene. Ungfisken fra Lonane bekken i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Det er benyttet kryssvalidering*

		Predikert gruppe medlemskap				Total
Elv		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	5	5	4	1	15
	Tovdal	0	4	4	2	10
	Otra	3	1	16	0	20
	Numedal	1	1	1	7	10
%	Mandal	33,3	33,3	26,7	6,7	100,0
	Tovdal	,0	40,0	40,0	20,0	100,0
	Otra	15,0	5,0	80,0	,0	100,0
	Numedal	10,0	10,0	10,0	70,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 58,2 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.