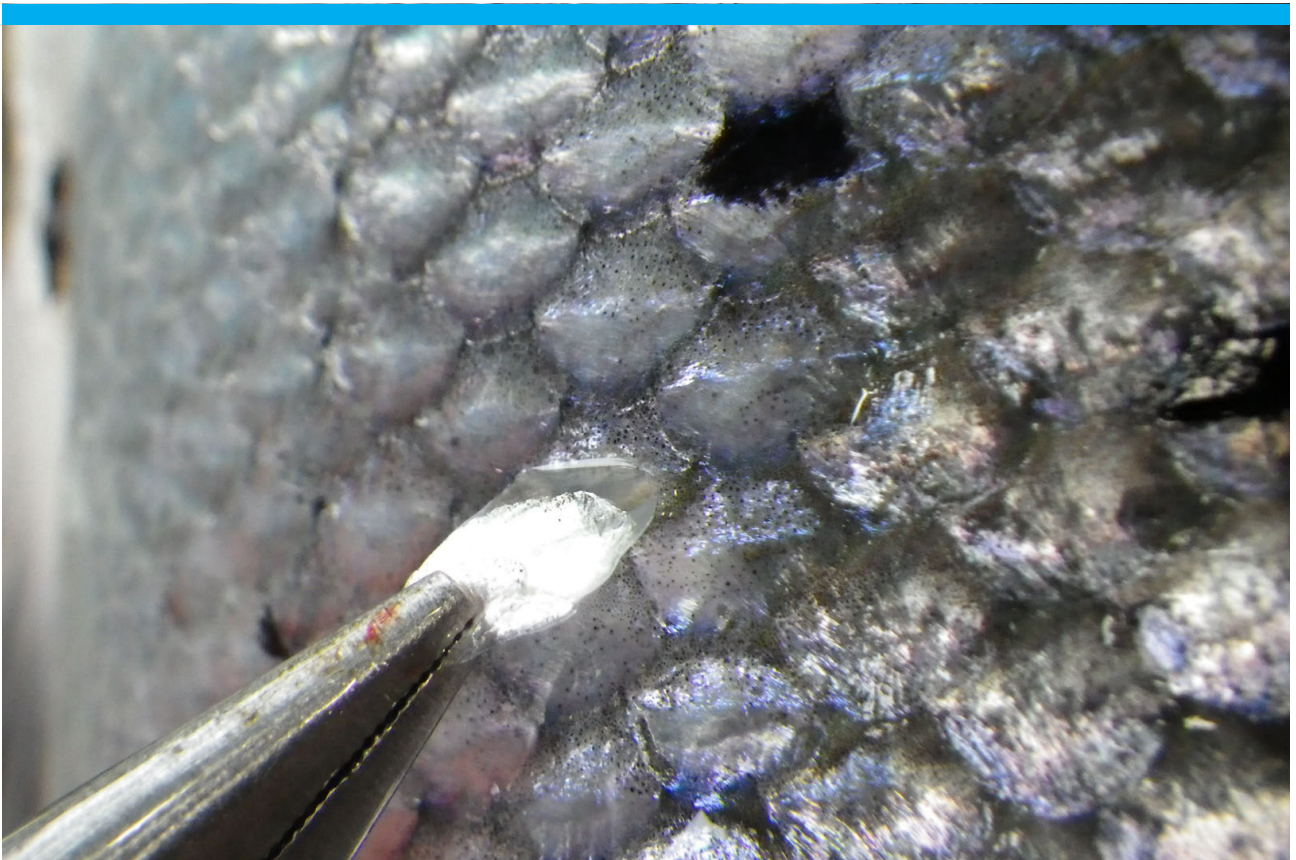


Sporing av rømt oppdrettslaks i Frøyfjorden basert på grunnstoffanalyser i skjell



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute

Sporing av rømt oppdrettslaks i Frøyfjorden basert på grunnstoffanalyser i skjell

Innhold

Sammendrag	3
Innledning	3
Materiale og metode	3
Materiale	3
Rømt oppdrettslaks	3
Referanseprøver	3
Metode	4
Analyse med LA-ICP-MS	4
Statistiske analyser	4
Resultater og diskusjon	5
Karakterisering av gruppen med rømt fisk	5
Begrensing av antallet referansegrupper	6
Simulering av tilordning mellom referansegruppene	7
Valg av grunnstoff for sporing	8
Identifisering av kilden til den rømte fisken	8
Konklusjon	9
Referanser	9

Forfattere

Tonje Fagertun Benden
Ketil Skår

Oppdragsgiver

Fiskeridirektoratet

ISSN 1890-3290

© Veterinærinstituttet 2019

Design omslag: Reine Linjer

Foto forside: Ketil Skår

Sammendrag

Denne rapporten beskriver grunnstoffanalyser og statistiske analyser av skjellprøver fra rømt oppdrettslaks innsamlet i Frøyfjorden, Grytelva og Vinjefjorden i oktober 2018, og utvalgte merder med oppdrettslaks fra lokaliteter i Frøyfjorden som kan være mulige kilder til rømmingen.

Våre resultater viser at den rømte laksen med stor sannsynlighet stammer fra flere fiskegrupper. Fisken fra Vinjefjorden og Gryta er et mindre materiale som ikke ser ut til å være fra samme rømmingsepisode som hovedgruppen av fisken i Frøyfjorden. Videre sporing av fisken fanget i Vinjefjorden og Gryta er derfor ikke omtalt i denne rapporten. Fiskegruppen fanget i Frøyfjorden ser ut til å være relativt homogen, med noen enkeltfisk og mindre grupper som sannsynligvis stammer fra andre rømminger blandet inn i det oppfiskede materialet.

Basert på analyser på tre ulike områder på skjellene er 24 av de 27 referansegruppene utelukket som kilde til den store rømmingen i Frøyfjorden. Forutsatt at kilden til rømmingen er med i referansematerialet peker våre undersøkelser på gruppene Hi4 og Ma204 som de mest sannsynlige kildene. De statistiske undersøkelsene avdekket større variasjoner i resultatene enn det vi har observert i tidligere saker. Dette resulterer i at det ikke kan konkluderes med én klar kilde til rømmingen i dette tilfellet.

Innledning

Denne rapporten beskriver grunnstoffanalyser og statistiske analyser av skjellprøver fra rømt oppdrettslaks innsamlet i Frøyfjorden, Grytelva og Vinjefjorden i oktober 2018, og utvalgte merder med oppdrettslaks fra lokaliteter i Frøyfjorden som kan være mulige kilder til rømmingen (referansegrupper).

Undersøkelsene ble initiert på bakgrunn av oppdagelse av oppdrettslaks i Frøyfjorden og Grytelva i september og oktober 2018, samt rapporter om opptil 18 oppdrettslaks i Vinjefjorden noe senere.

Rapporten er organisert med en hoveddel som beskriver undersøkelsene på resultatnivå og vedlegg med mer detaljert beskrivelse av de statistiske undersøkelsene som er gjort på prøvematerialet.

Materiale og metode

Materiale

Rømt oppdrettslaks

Totalt ble det fanget 154 antatt rømt oppdrettslaks i perioden 17.oktober til 28.oktober 2018, fire av disse viste seg siden å være villaks. I Frøyfjorden ble det fanget 103 fisk (19 rundt Hofsøya, 75 i fjorden, ni rundt Raudodden), i området Grytvågen ble det fanget 45 fisk og i Vinjefjorden ble det fanget seks fisk. Fisken ble fanget i gjenfangstgarn rundt oppdrettslokaliteter og av fiskere. Det er registrert lengde og vekt for de fleste rømte laksene. Fiskelengden varierte mellom 35-83 cm, med en gjennomsnittslengde på 59 cm. For vekt varierte innsamlete laks mellom 0,5 og 5,3 kg, med en gjennomsnittsvekt på 2,5 kg. Prøvene ble angitt individnummer fra 1-154 (se vedlegg 1, tabell 1 for mer informasjon).

Referanseprøver

Referansemateriale (mulige kilder til rømmingsepisoden) ble valgt ut av Fiskeridirektoratet basert på geografi og størrelse på den rømte fisken. Gjennomsnittsvekt på fiskegruppene som ble valgt ut som referanse var mellom 2 og 3 kg. Fiskeridirektoratet samlet inn fem til 15 skjellprøver av 20 til 30 fisk fra 26 merder på til sammen 16 lokaliteter i løpet av perioden november 2018 til januar 2019.

Veterinærinstituttet samlet inn 15 skjell fra 70 laks fra en lokalitet på slakteriet Innovamar 22.november 2018. I rapporten videre forutsettes det at kilden til rømmingen er en av disse 27 fiskegruppene. Fisk fra AquaGen ble utelukket etter DNA-familiesporing, men gruppen Ha1 er likevel tatt med i analysene. Se vedlegg 2, tabell 2 for informasjon om fiskegruppene og gruppelD for de utvalgte merdene.

Metode

Det ble valgt ut minimum fire skjell fra hver av de rømte fiskene for analyse. Fra referansegruppene ble det benyttet 26-30 skjell per gruppe. Erstatningsskjell og skadde skjell ble ikke analysert. Rømt oppdrettslaks med færre enn tre analyserte skjell ble utelukket fra datasettet (vedlegg 1, tabell 1).

Analyse med LA-ICP-MS

Grunnstoffanalysene ble utført ved Element-laboratoriet ved Veterinærinstituttet i perioden november 2018 - april 2019.

Metoden for grunnstoffanalyse i skjell med LA-ICP-MS ble utarbeidet i forbindelse med prosjektet FarmSalmTrack og framgangsmåten er en tilpasset versjon av den som er beskrevet i Flem et al. (2018) og Moen et al. (2017). Det ble gjort analyser på tre ulike områder på skjellene; mellom to skleritter i ferskvannsfasen, langs én skleritt i sjøfasen, og en linje fra senter til ytterkant av skjellet («tidsrekke»).

Analysene i denne rømmingssaken omfatter grunnstoffene litium (Li), bor (B), barium (Ba), lantan (La), bly (Pb), uran (U), natrium (Na), magnesium (Mg), svovel (S), krom (Cr), mangan (Mn), jern (Fe), sink (Zn) og strontium (Sr). Kun grunnstoffer der mer enn 80 % av resultatene lå over deteksjonsgrensen ble brukt i de statistiske analysene.

Statistiske analyser

Likheter og forskjeller mellom rømt oppdrettslaks og referansegrupper av fisk ble undersøkt ved hjelp av flere ulike statistiske teknikker og grunnstoffsammensetninger.

Resultatene fra analysene (konsentrasjonsnivå av de analyserte grunnstoffene) ble brukt for å danne grunnstoffprofiler. Profilene fra ferskvannsfasen i skjellet gir informasjon om vannmiljøet fisken ble eksponert for i settefiskanlegget, mens sjøvannsprofilene gir informasjon om tiden i sjø. Tidsrekkeprofilen gir informasjon om hele livet til fisken, både vannmiljø den har blitt eksponert for i settefiskanlegg og i sjø.

I denne rømmingssaken ble ferskvannsprofilen benyttet for å undersøke om det er sannsynlig at individene i gruppen av rømt fisk stammer fra én eller flere rømmingsepisoder, samt til selve sporingen tilbake til lokalitet. Tidsrekkeanalysene ble benyttet for å undersøke gruppen med rømt fisk, for å utelukke grupper fra referansematerialet og for sporingen, mens sjøvannsfasen ble benyttet kun for sporing.

Karakterisering av individene i gruppen av rømt fisk ble gjennomført med fem uteliggeranalyser (mvout, mvoutlier.coda og pcout, MAD-test (mean absolute deviation) på log-nivået av Sr og Ba og clusteranalyse med sentroidemetoden), samt visuell inspeksjon av PCA og dendrogram. Fisk med grunnstoffprofiler som lignet mye på hverandre ble plassert i større grupper, mens fisk med avvikende grunnstoffprofiler ble karakterisert som uteliggere (enkeltfisk) eller subgrupper (mindre fiskegrupper).

For å bestemme grunnstoffutvalget benyttet i sporingen, samt identifisere grupper med svært ulike grunnstoffnivåer i forhold til den rømte fisken ble det gjort en ikke-parametrisk kruskal-wallis test. Denne testen sammenlignet nivåene på enkeltgrunnstoff i referansegruppene opp mot nivået i gruppen med rømt fisk.

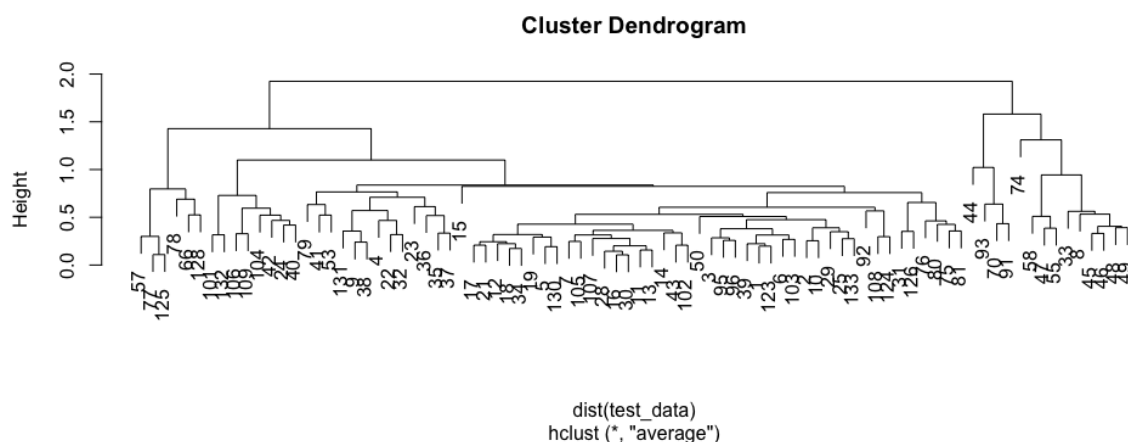
De statistiske undersøkelsene som ble gjennomført for sporing tilbake til kilde for rømmingen var basert på direkte tilordning med en modell som tar utgangspunkt i Support Vector Machine (SVM), k-NN, Naive Bayes, Random Forest og LDA. Direkte tilordning betyr at hvert individ i den rømte gruppen plasseres i den referansegruppen som er mest lik, uavhengig av om likheten er høy eller lav. Modellen for sporing som ble brukt i denne analysen utnytter at gruppetilhørigheten er korrelert mellom individer. Det ble kjørt en sekvensiell klassifisering av individene der det tas hensyn til resultatene fra tidligere individer. I tillegg ble det brukt en modell med mer «aggressiv» sannsynlighetsberegning basert på Naive Bayes, Random Forest og LDA. Det endelige resultatet var et gjennomsnitt av disse to modellene.

Testene som er gjennomført for å spore fisken tilbake til kilden for rømmingen forutsetter at opphavet til de rømte fiskene finnes i referansematerialet. Teoretisk sett kan det ikke kan utelukkes at fisken kan stamme fra et eller flere anlegg utenfor dette materialet.

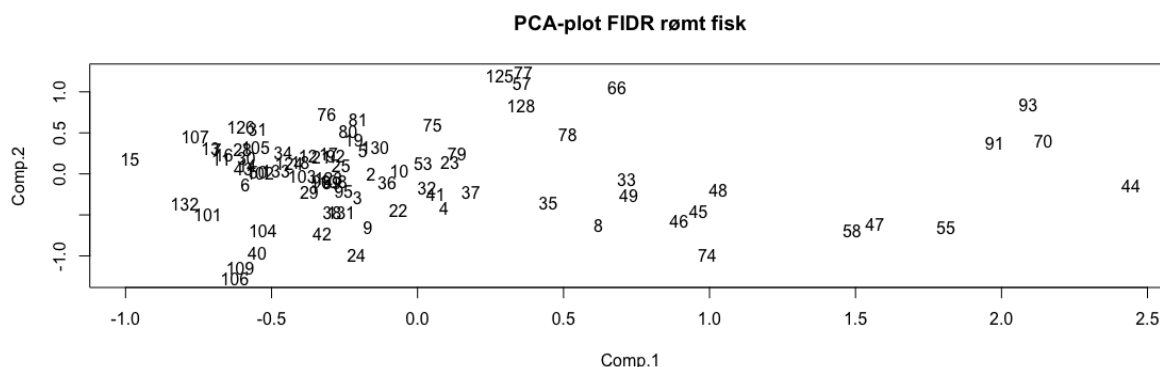
Resultater og diskusjon

Karakterisering av gruppen med rømt fisk

Et avgjørende spørsmål i denne saken var om den rømte fisken stammet fra en eller flere fiskegrupper/rømminger. For å undersøke dette ble det gjort flere uteliggeranalyser på resultatene fra ferskvannsfaseanalysen på den rømte fisken. Resultatene viste at fisken fra Frøyfjorden, Vinjefjorden og Gryta skilte seg fra hverandre i ulike grupper (se tabell 1, vedlegg 1 for individnummer og fangstområde). I tillegg var det en del enkeltfisk som ikke passet inn i noen av de større gruppene. Fiskene som var fanget i Gryta så ut til å stamme fra flere ulike fiskegrupper, mens fisken fra Vinjefjorden (bortsett fra individ 44 som var en vill laks) så ut til å stamme fra én gruppe. Det er illustrert i figur 1 og 2, samt vedlegg 3, tabell 3.

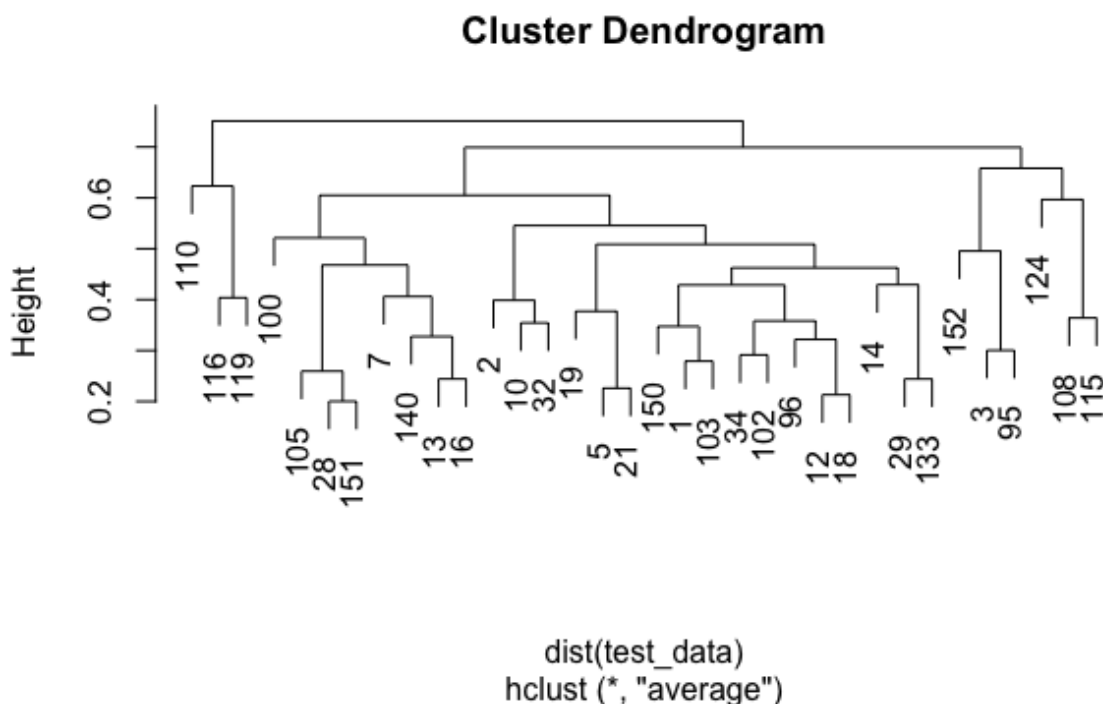


Figur 1: Dendrogram som viser variasjon mellom et utvalg av fisken som ble fanget i Frøyfjorden, Gryta og Vinjefjorden. Høyden i dendrogrammet indikerer grad av variasjon. Fisken fanget i Vinjefjorden (nr. 44 - 49), ligger samlet i en gruppe til høyre i dendrogrammet, denne gruppen er separert fra resten av fisken høyt oppe i dendrogrammet. Merk at fisk nr.44 som er en villfisk skiller seg ut fra resten av gruppen fra Vinjefjorden.



Figur 2: PCA-plot er en todimensjonal fremstilling som illustrerer variasjonen. Her er variasjonen i et utvalg av den rømte fisken illustrert. Mye av fisken fra Frøyfjorden ligger samlet i en gruppe til venstre, fisken fra Vinjefjorden (nr. 44 - 49) ligger relativt samlet, mens fisken fra Gryta (nr. 50 - 93 og 138) ligger mer spredt rundt.

Fordi fisken i Vinjefjorden og Gryta var så ulik fisken i Frøyfjorden ble det etter de innledende undersøkelsene bestemt å begrense sporingen av den rømte fisken til den største gruppen fisk fanget i Frøyfjorden. Fisk under 1,5 kilo eller over 3,5 kilo ble også utelukket fra videre sporing på grunn av at denne fisken ikke passet inn i størrelsesfraksjonen som var valgt for referanseprøvene. Etter utvelgelsen på størrelse og utelukkning av individer med mindre enn tre analyserte skjell sto det igjen 34 individer med varians tilsvarende det som blir observert i kjente referansematerialer. Individnumrene er angitt i vedlegg 1, tabell 1, se også figur 3. Disse individene antas å stamme fra samme rømmingsepisode og behandles derfor som én gruppe i sporingen, ikke som enkeltindivider.

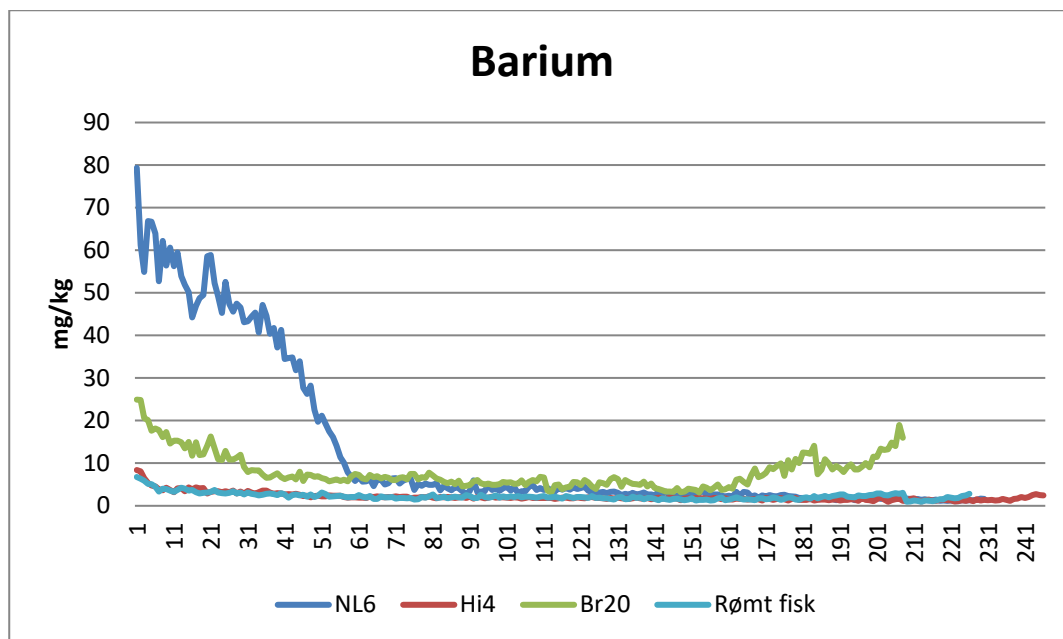


Figur 3: Dendrogram som viser at det er lite variasjon i den gjenværende gruppa med rømt fisk etter to runder med uteliggertesting. Høyden i dendrogrammet indikerer forskjell i variasjon. Normal høyde for en ukjent gruppe som inneholder uteliggere er rundt 2,5-3,0, mens høyden for denne gruppen er 0,6.

Begrensing av antallet referansegrupper

Muligheten til sikker identifikasjon av kilden til rømt fisk øker med færre aktuelle fiskegrupper. Referansegruppene som var aktuelle som kilde til rømmingen ble valgt ut ved å sammenligne tidsrekkeanalyser av Ba, Sr og U mellom gruppeprofilene og profilene av rømt fisk. Se figur 4 for et eksempel på forskjellige gruppeprofiler sammenlignet opp mot profilen av en rømt fisk for grunnstoffet barium.

På bakgrunn av disse undersøkelsene ble 20 av referansegruppene utelukket fra videre analyser. Referansegruppene som fortsatt var aktuelle etter denne utvelgelsen var Hi4, Ma303, Ma204, Ri12, Ha1, Gj4 og Gj61.



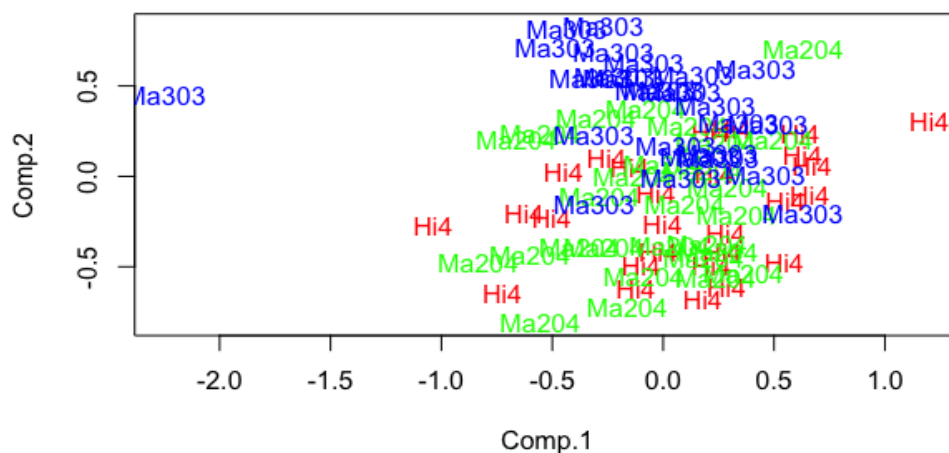
Figur 4: Illustrasjon av barium grunnstoffprofil på gruppenivå for referansegruppene (median over flere skjell fra flere fisk) og individnivå på den rømte fisken (median over flere skjell). Bariumnivået i gruppene NL6 og Br20 er betydelig høyere enn den rømte fisken, mens nivået for gruppen Hi4 er relativt likt.

Simulering av tilordning mellom referansegruppene

Sannsynligheten for sikker identifikasjon av kilden til den rømte fisken øker med større forskjeller mellom referansegruppene. Det ble derfor testet om det var tilstrekkelig forskjell i grunnstoffprofiler i ferskvannsfasen mellom de gjenstående syv referansegruppene (Ri12, Ha1, Gj4 og Gj61, Hi4, Ma204 og Ma303) gjennom PCA-plot av gruppene.

Resultatene viste at det var god separasjon mellom de fleste gruppene. Unntak var gruppene Hi4, Ma204 og Ma303, se figur 5. Ma204 og Ma303 er to fiskegrupper fra samme lokalitet i sjø, men fra forskjellige settefiskanlegg, mens Hi4 og Ma303 er fra to sjølokaliteter men stammer fra samme settefiskanlegg. Gruppene Gj4 og Gj61 stammer også fra samme settefiskanlegg, men disse gruppene hadde likevel liten grad av overlapp med Hi4 og Ma303 og er derfor ikke vist i figur 5.

PCA-plot av de tre kandidatgruppene



Figur 5: PCA-plot er en todimensjonal fremstilling som illustrerer avstanden mellom skjellene fra tre aktuelle grupper. De tre gruppene Hi4 (grønn), Ma 303 (blå) og Ma204 (rød) overlapper betydelig.

Valg av grunnstoff for sporing

Det ble observert at det var stor variasjon i resultatene ettersom hvilke grunnstoffer som ble inkludert i de statistiske undersøkelsene. Etter første forsøk på sporing ble det derfor bestemt å gjøre en test på hvor like eller ulike de forskjellige grunnstoffene var mellom gruppen med rømt fisk og de syv aktuelle referansegruppene med en kruskal-wallis-test. Det har tidligere blitt observert at enkelte grunnstoff i lakseskjellene kan gjennomgå forandringer over tid slik at referansemateriale og rømt fisk blir mer ulike enn rett etter rømmingen. Derfor bør ikke slike grunnstoff inkluderes i analysen.

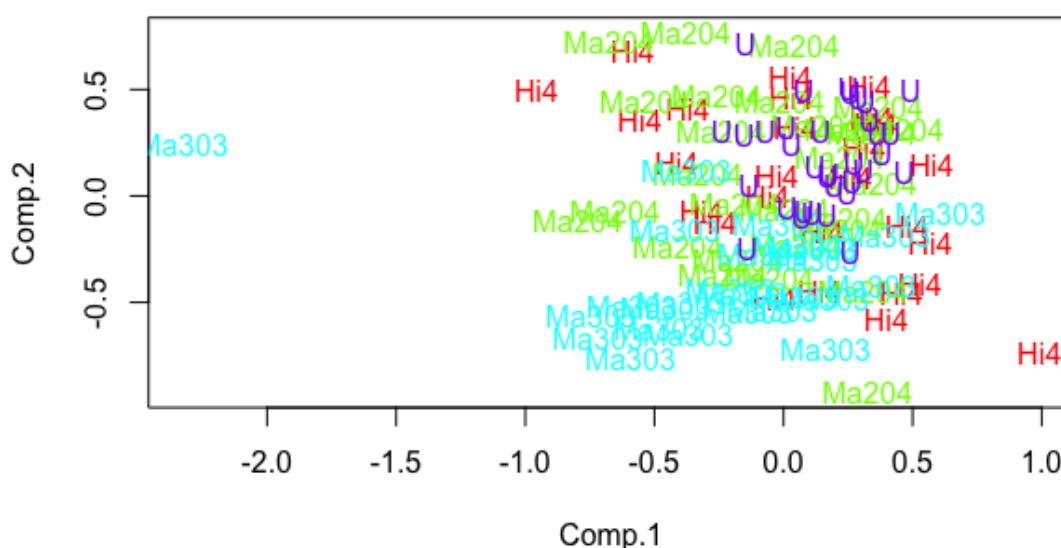
I dette tilfellet ble referansematerialet samlet inn omtrent en til tre måneder etter den rømte fisken. På bakgrunn av testresultatene ble det bestemt å gjøre en ny runde sporing uten Mg, S, Fe og Zn. Se vedlegg 4, «Analyse 2.5» for utfyllende forklaring på denne testen.

Identifisering av kilden til den rømte fisken

Selve sporingen av den rømte fisken tilbake til kilden ble gjort i flere omganger. Grunnstoffprofilene fra ferskvannsfasen i skjellene fra hvert av de 34 gjenstående individene i gruppen av rømt fisk ble sammenliknet opp mot gruppeprofilene til referansegruppene Ri12, Ha1, Gj4 og Gj61, Hi4, Ma204 og Ma303. I den første omgangen ble gruppene Gj61 og Ri12 utelukket fra materialet (mindre enn 2 % sannsynlighet for disse gruppene), mens det var varierende grad av tilordning til gruppene Gj4, Ha1, Hi4, Ma303 og Ma204. Etter andre omgang ble Gj4 og Ha1 utelukket som kilde til rømmingen.

Når sporingen ble gjort med alle de analyserte grunnstoffene unntatt de under deteksjonsgrensen ble Hi4 vurdert som den mest sannsynlige kilden til rømmingen (66,5 % sannsynlighet for denne gruppen), mens Ma204 og Ma303 ikke kunne utelukkes (henholdsvis 24,1 % og 9,4 % sannsynlighet). Etter at Mg, S, Fe og Zn ble utelukket ble Ma204 vurdert som den mest sannsynlige kilden (81,9 %) mens sannsynligheten for Ma303 var 9,8 % og 8,3 % for Hi4. På bakgrunn av disse resultatene er det mest sannsynlig at den rømte fisken stammer fra enten Hi4 eller Ma204. Årsaken til at det ikke er mulig å konkludere med én av disse to gruppene er sannsynligvis for lav variasjon mellom de tre referansegruppene, som illustrert i figur 6. Det ble derfor besluttet å gjøre flere analyser med data fra tidsrekkeanalyser og analyser av sjøvannsfasen på skjellene for å forsøke å øke sikkerheten i resultatene.

PCA-plot av de tre kandidatgruppene og den ukjente gruppa



Figur 6: PCA-plot med de tre aktuelle fiskegruppene sammen med den rømte fisken. Legg merke til hvordan den rømte fisken (angitt som U) overlapper i høy grad, spesielt med Hi4 og Ma204.

Resultatene fra sjøfasen og tidsrekkene ga ikke ytterligere informasjon om kilden til rømmingen. Både resultatene fra sjøfasen og tidsrekkene peker ut Ma204 og Hi4, men med lavere sikkerhet enn for ferskvannsfasen. Analysene viste at de var like variable som ferskvannsfasen, noe som underbygger hypotesen om at profilene for de tre referansegruppene var for like til å skille mellom dem.

Se vedlegg 5 for mer detaljert forklaring på disse resultatene.

Konklusjon

De 154 laksene som ble fanget i Frøyfjorden, Gryta og Vinjefjorden i forbindelse med rømmingsepisoden i oktober stammer fra tre eller flere større fiskegrupper, med flere subgrupper og enkeltfisk. Resultatene viser at grunnstoffprofilene fra fisken fanget i Gryta og Vinjefjorden er betydelig forskjellig fra profilene fra fisken fanget i Frøyfjorden.

Av 27 fiskegrupper ble 24 grupper utelukket som aktuelle kilder til rømmingen i Frøyfjorden.

Gruppene Hi4 og Ma204 har høyest sannsynlighet for å være kilde til rømmingen, mens Ma303 ikke kan utelukkes fullstendig. Det er på nåværende tidspunkt ikke tilstrekkelig sikkerhet i resultatene til å konkludere på en av de tre gruppene.

Referanser

Flem et al., 2018, The fish farm of origin is assigned by the element profile of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) scales in a simulated escape event, *Fisheries Research*, volume 206, p.1-13.

Moen et al., 2017, Sluttrapport for FarmSalmTrack - sporing basert på grunnstoff i fiskens skjell *Veterinærinstituttets rapportserie*, volum 5/2017.

Vedlegg 1: Informasjon om fanget fisk

Tabell 1: Informasjon om fanget fisk i Frøyfjorden, Gryta og Vinjefjorden. Grunn for utelukking fra sporingsanalysene er angitt i kolonnen «Ikke analysert». Gryta/Vinje: fisk fanget utenfor geografisk aktuelt område, få skjell: mindre enn tre analyserte skjell, vekt: over 3,5 kg eller under 1,5 kg, uteligger: individ som skiller seg fra hovedgruppen i uteliggeranalysene, ikke analysert: individer som ikke ble behandlet i uteliggeranalysene, disse vil bli inkludert i sluttrapporten. De 44 individene uten tekst i denne kolonnen utgjør gruppen rømt fisk som ble sporet tilbake til sjølokalitet.

Individ	Fangstdato	Fiskeklass	Lengde (mm)	Vekt (kg)	Kommentar	Ikke analysert
1	17.10.2018	Frøyfjorden	630	2365		
2	17.10.2018	Frøyfjorden/Espnestaren	680	3450		
3	17.10.2018	Frøyfjorden/Espnestaren	610	2065		
4	17.10.2018	Frøyfjorden	660	3440		Få skjell
5	17.10.2018	Frøyfjorden	620	2000		Uteligger
6	17.10.2018	Frøyfjorden	670	3840		Vekt
7	17.10.2018	Frøyfjorden	650	3045		
8	17.10.2018	Frøyfjorden	600	2400		Uteligger
9	17.10.2018	Frøyfjorden	650	3115		Uteligger
10	17.10.2018	Espnestaren	660	3420		
11	17.10.2018	Frøyfjorden	680	3730		Vekt
12	17.10.2018	Frøyfjorden	580	2280		
13	17.10.2018	Frøyfjorden	580	2230		
14	17.10.2018	Frøyfjorden	670	3370		
15	17.10.2018	Frøyfjorden	640	3075		Uteligger
16	17.10.2018	Frøyfjorden	650	3190		
17	17.10.2018	Frøyfjorden	620	2935		Uteligger
18	17.10.2018	Frøyfjorden	620	2390		
19	17.10.2018	Frøyfjorden	550	1835		
20	16.10.2018	Hofsøya	650	3400	Få skjell	Få skjell
21	16.10.2018	Hofsøya	600	2200	Få skjell	
22	16.10.2018	Hofsøya	600	2600	Få skjell	Få skjell
23	16.10.2018	Hofsøya	450	1000	Få skjell	Vekt
24	16.10.2018	Hofsøya	690	3500	Få skjell	Få skjell
25	16.10.2018	Hofsøya	700	3900	Få skjell	Vekt
26	17.10.2018	Hofsøya	430	720	Få skjell	Vekt
27	17.10.2018	Rauodden Knutshaug	600	2500		Få skjell
28	17.10.2018	Rauodden Knutshaug	670	3500		
29	15.10.2018	Frøyfjorden	605	2910		
30	15.10.2018	Frøyfjorden	675	3715		Vekt
31	15.10.2018	Frøyfjorden	715	4820		Vekt
32	15.10.2018	Frøyfjorden	610	2860		
33	15.10.2018	Frøyfjorden	595	2580		Få skjell
34	15.10.2018	Frøyfjorden	540	2450		
35	15.10.2018	Frøyfjorden	600	2640		Uteligger
36	15.10.2018	Frøyfjorden	520	1600		Uteligger

37	15.10.2018	Frøyfjorden	620	2635		Uteligger
38	15.10.2018	Frøyfjorden	620	2600		Uteligger
39	15.10.2018	Frøyfjorden	660	3500		Uteligger
40	15.10.2018	Frøyfjorden	650	3140		Uteligger
41	15.10.2018	Frøyfjorden	570	1700		Få skjell
42	15.10.2018	Frøyfjorden	610	2785		Få skjell
43	15.10.2018	Frøyfjorden	640	3045		Uteligger
44	23.10.2018	Vinjefjorden, Hemne	570	2200	Villfisk	Vinje
45	24.10.2018	Vinjefjorden, Hemne	400	-		Vinje
46	26.10.2018	Vinjefjorden, Hemne	440	-		Vinje
47	25.10.2018	Vinjefjorden, Hemne	450	1300		Vinje
48	27.10.2018	Vinjefjorden, Hemne	410	-		Vinje
49	okt.18	Vinjefjorden, Hemne	420	1100		Vinje
50	03.10.2018	Nord for Skjellandet/ Hitra ved Skjelholmen	610	2950		Gryta
51	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	650	2890		Gryta
52	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	580	1680		Gryta
53	20.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	640	3520		Gryta
54	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	670	3150		Gryta
55	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	570	1940		Gryta
56	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	690	3150		Gryta
57	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	690	3400		Gryta
58	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	690	3400		Gryta
59	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	760	5100		Gryta
60	19.10.2018	Fisker Gjevik, Gryta	830	5290		Gryta
61	24.10.2018	Fisker Gjevik, Barmfjorden	660	2900		Gryta
62	okt.18	Hitra, Grytvågen	605	2390		Gryta
63	okt.18	Hitra, Grytvågen	425	670	Skjell fra 2 laks	Gryta
64	okt.18	Hitra, Grytvågen	630	2930	Skjell fra 2 eller 3 laks	Gryta
65	okt.18	Hitra, Grytvågen	510	1390		Gryta
66	okt.18	Hitra, Grytvågen	470	970		Gryta
67	okt.18	Hitra, Grytvågen	390	670		Gryta
68	okt.18	Hitra, Grytvågen	350	470		Gryta
69	okt.18	Hitra, Grytvågen	435	770		Gryta
70	okt.18	Hitra, Grytvågen	370	600		Gryta
71	okt.18	Hitra, Grytvågen	420	740		Gryta
72	okt.18	Hitra, Grytvågen	530	1650		Gryta
73	okt.18	Hitra, Grytvågen	520	1220		Gryta
74	okt.18	Hitra, Grytvågen	490	960	Villfisk	Gryta
75	okt.18	Hitra, Grytvågen	480	1230		Gryta
76	okt.18	Hitra, Grytvågen	450	990		Gryta
77	okt.18	Hitra, Grytvågen	500	1350		Gryta
78	okt.18	Hitra, Grytvågen	530	1580	Skjell fra 2 laks	Gryta
79	okt.18	Hitra, Grytvågen	380	630		Gryta
80	okt.18	Hitra, Grytvågen	415	710		Gryta
81	okt.18	Hitra, Grytvågen	440	940		Gryta

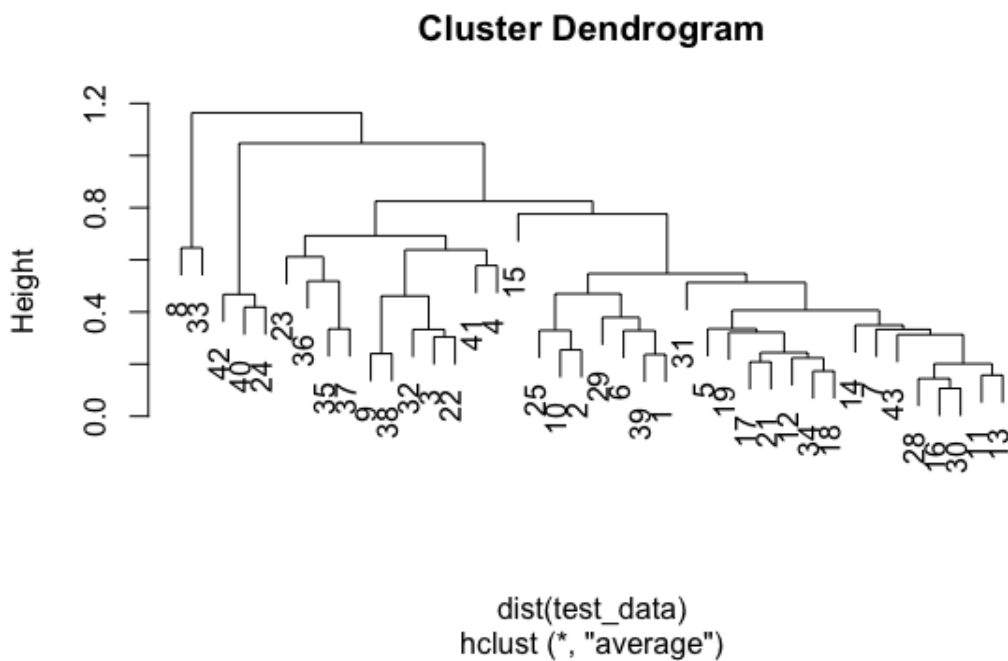
82	okt.18	Hitra, Grytvågen	450	950	1 skjell fra annen laks i konvolutten	Gryta
83	okt.18	Hitra, Grytvågen	440	920		Gryta
84	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	1060	Villfisk	Gryta
85	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	-		Gryta
86	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	3000		Gryta
87	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	-	Villfisk	Gryta
88	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	-		Gryta
89	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	-		Gryta
90	okt.18	Hitra, Grytvågen	-	-		Gryta
91	12.10.2018	Hitra, Grytvågen	-	0,7-2,2 kg		Gryta
92	12.10.2018	Hitra, Grytvågen	-	0,7-2,2 kg		Gryta
93	12.10.2018	Hitra, Grytvågen	-	0,7-2,2 kg		Gryta
94	19.10.2018	Frøyfjorden	630	2600		Uteligger
95	19.10.2018	Frøyfjorden	610	2530		
96	19.10.2018	Frøyfjorden	600	2150		
97	19.10.2018	Frøyfjorden	640	3280		Ikke analysert
98	19.10.2018	Frøyfjorden	750	3410		Ikke analysert
99	20.10.2018	Frøyfjorden	651	3195		Ikke analysert
100	20.10.2018	Frøyfjorden	670	3400		
101	20.10.2018	Frøyfjorden	610	2105		Uteligger
102	20.10.2018	Frøyfjorden	660	3120		
103	20.10.2018	Frøyfjorden	700	3985		
104	21.10.2018	Frøyfjorden	560	1800		Uteligger
105	21.10.2018	Frøyfjorden	610	2380		
106	21.10.2018	Frøyfjorden	640	2560		Uteligger
107	21.10.2018	Frøyfjorden	690	3565		Vekt
108	21.10.2018	Frøyfjorden	610	2205		
109	21.10.2018	Frøyfjorden	570	2055		Uteligger
110	21.10.2018	Frøyfjorden	520	1660		
111	21.10.2018	Frøyfjorden	620	2210		Ikke analysert
112	21.10.2018	Frøyfjorden	600	2120		Ikke analysert
113	21.10.2018	Frøyfjorden	650	2715		Ikke analysert
114	21.10.2018	Frøyfjorden	660	2960		Ikke analysert
115	21.10.2018	Frøyfjorden	630	2490		
116	22.10.2018	Frøyfjorden	580	1540		
117	22.10.2018	Frøyfjorden	650	3165		Ikke analysert
118	22.10.2018	Frøyfjorden	630	3290		Ikke analysert
119	22.10.2018	Frøyfjorden	660	2960		
120	22.10.2018	Frøyfjorden	620	3160		Få skjell
121	23.10.2018	Frøyfjorden	590	1480		Ikke analysert

122	23.10.2018	Frøyfjorden	640	2600		Ikke analysert
123	23.10.2018	Frøyfjorden	610	2200		Få skjell
124	okt.18	Frøyfjorden	660	3210		
125	19.10.2018	Rauodden, Knutshaug fisk	620	2720		Få skjell
126	19.10.2018	Rauodden, Knutshaug fisk	710	3860		Vekt
127	21.10.2018	Rauodden, Knutshaug fisk	620	2440		Få skjell
128	21.10.2018	Rauodden, Knutshaug fisk	650	2950		Uteligger
129	23.10.2018	Rauodden, Knutshaug fisk	680	3440		Uteligger
130	20.10.2018	Hofsøya	690	3900		Vekt
131	20.10.2018	Hofsøya	630	2500		Få skjell
132	20.10.2018	Hofsøya	590	2200		Uteligger
133	20.10.2018	Hofsøya	540	1900		
134	20.10.2018	Hofsøya	500	1200		Ikke analysert
135	23.10.2018	Hofsøya	550	2300		Ikke analysert
136	23.10.2018	Hofsøya	610	2600		Uteligger
137	24.10.2018	Hofsøya	470	1300		Vekt
138	12.10.2018	Hitra, Grytvågen	-	0,7-2,2 kg		Gryta
139	26.10.2018	Hofsøya	690	3600		Vekt
140	26.10.2018	Hofsøya	610	2400		
141	26.10.2018	Hofsøya	660	3600		Vekt
142	24.10.2018	Hofsøya	470	1460		Vekt
143	30.10.2018	Frøya	540	2830		Uteligger
144	27.10.2018	Frøya	470	1440		Vekt
145	26.10.2018	Frøya	720	4500		Vekt
146	26.10.2018	Frøya	570	1800		Ikke analysert
147	26.10.2018	Frøya	570	1900		Ikke analysert
148	26.10.2018	Frøya	660	2800		Ikke analysert
149	25.10.2018	Frøya	670	3300		Ikke analysert
150	25.10.2018	Frøya	600	2220		
151	24.10.2018	Frøya	680	3300		
152	24.10.2018	Frøya	580	2000		
153	28.10.2018	Rauodden	680	3220		Uteligger
154	25.10.2018	Rauodden	720	3440		

Vedlegg 2: Informasjon om referansegruppene

Tabell 2: Informasjon om referansefiskegruppene

GruppelD	Lokalitet	Lok nr	Merd	Prøvetaksdato	Flyttedato	Settefiskanlegg	Sfa lok nr
Kor5	Korsholman	19195	5	16.11.2018	06.08.2017	Terningen/Moldtua	12737
Kor4	Korsholman	19195	4	16.11.2018	21.08.2017	Bessaker	12596
LT10	Lille Torsøy 2	29056	12	15.11.2018	18.09.2017	Terningen/Moldtua	12737
LT10	Lille Torsøy 2	29056	10	15.11.2018	23.08.2017	Bessaker	12596
LT4	Lille Torsøy 1	12392	4	16.11.2018	11.08.2017	Slørdal/Nerneset	13178
Si5	Singsholmen	24115	5	29.11.2018	29.09.2017	Rauma Sætre	13671
Si7	Singsholmen	24115	7	30.11.2018	02.10.2017	Rauma Sætre	13671
Si10	Singsholmen	24115	10	29.11.2018	02.10.2017	Hjelvik	13672
No3	Nørholmen	33937	3	09.11.2018	20.03.2017	Nordheim/Sagvikvatnet	12474
No8	Nørholmen	33937	8	09.11.2018	ukjent	Nordheim/Sagvikvatnet	12474
Gj4	Gjelsøya	24196	4	20.11.2018	01.08.2017	Sagosen	12460
Gj61	Gjelsøya	24196	61	20.11.2018	18.12.2017	Sagosen	12460
NL6	Nord Leksa	10375	6	17.01.2019	30.09.2017	Botn	10220
NL7	Nord Leksa	10375	7	17.01.2019	19.09.2017	Belsvik	13964
Hi4	Hilbåan	34017	4	13.12.2018	22.07.2017	Sagosen	12460
Ra6	Rauodden	12406	6	13.12.2018	12.09.2017	Saltbuodden	13740
So5	Solværet	27436	5	18.12.2018	25.02.2018	Follafoss	13958
Ri12	Ringholmen	12784	12	23.01.2019	17.11.2017	Belsvik	13964
Om9	Omsøyholman	12383	9	17.12.2018	19.11.2017	Belsvik	13964
Gu6	Gunnarøya	12789	6	16.01.2019	22.09.2017	Belsvik	13964
Gu4	Gunnarøya	12789	4	16.01.2019	02.11.2017	Lensvik	13179
Br20	Brettingen	12466	20	19.12.2018	12.04.2018	Bessaker	12596
Bu106	Bukkholmen	12361	106	18.12.2018	14.03.2018	Sunnskjør	23735
Ma303	Måøydraga	12370	303	19.12.2018	03.10.2017	Sagosen	12460
Ma204	Måøydraga	12370	204	19.12.2018	23.08.2017	Aunvågen	10221
Brs12	Bremnessvaet	10223	1+2	19.12.2018	27.03.2018	Nordheim/Sagvikvatnet	12474
Ha1	Håbranden	33757	1	22.11.2018	25.09.2017	Follafoss	13958



Figur 2: Dendrogram som illustrerer fordelingen av individ 1 - 40

Neste uteliggertest viste at fisken i Gryta og Vinjefjorden sannsynligvis ikke hører til samme rømming som fisken i Frøyfjorden (tabell 3). Det ble derfor bestemt at det ikke var nødvendig å analysere resten av individene derfra. Det er derfor en del fisk som ikke er analysert (angitt som Gryta/Vinje) i vedlegg 1, tabell 1).

Tabell 3: Fordeling av fisk i tre grupper, samt enkeltfisk (uteliggere) og subgrupper etter andre runde med uteliggeranalyser.

Gruppe 1 (Frøyfjorden)	Gruppe 1 (Frøyfjorden)	Gruppe 2 (Vinjefjorden)	Gruppe 3 (Gryta)	Enkeltfisk og subgrupper
1	31	44	53	8
2	32	45	55	15
3	34	46	57	23
4	37	47	58	33
5	38	48	70	35
6	39	49	74	36
7	40		75	42
9	41		76	66
10	43		77	78
11	50		80	79
12	93		81	105
13	95		91	106
14	96		92	109
16	101			125
17	102			128
18	103			
19	104			
20	107			
21	108			
22	120			
24	123			
25	124			
26	126			
27	130			
28	131			
29	132			
30	133			

Vedlegg 4: Statistisk analyse

Pre analyse

I forkant av analysen ble det gjort uteliggertesting på testmaterialet. Denne testen avdekket at det oppfiskede materialet med høy sannsynlighet, besto av flere rømminger. Disse individene ble ekskludert under en tidligere problemstilling (se vedlegg 3).

Analyse: Modellen som ble brukt i analysen av denne rømmingen er en modifikasjon av den originale modellen, som utnytter det faktum at gruppetilhørigheten er korrelert mellom individer. For å utnytte dette kjøres det en “sekvensiell klassifisering” av individene, der ett og ett individ blir klassifisert av gangen, og der resultatene fra tidligere individer bakes inn i modellens forutinntatte kunnskap når den klassifiserer neste individ. Dette vil si at hvis 8/8 individer har blitt klassifisert til samme gruppe, så vil modellen tilegne en høyere basis-sannsynlighet til denne gruppen for det niende individet. For å unngå “kaotisk oppførsel” (de første individene får, av helt tilfeldige årsaker, veldig mye høyere innflytelse på modellen enn de individene som kommer lengre bak i rekka) ble det ukjente referansematerialet randomisert og klassifiseringen kjørt 100 ganger med forskjellig randomisering hver gang. Det endelige resultatet var en median av disse 100 kjøringene.

I tillegg ble det brukt en modell med en mer “aggressiv” sannsynlighetsberegning, som tar simultansannsynligheten fra Naive Bayes, Random Forest og LDA. Det endelige resultatet var et gjennomsnitt av disse to modellene. Grunnstoffene som ble brukt i klassifiseringen var samtlige der deteksjonsnivået konsekvent ble nådd, ekskludert B11 (fra tidligere erfaringer).

Resultat (runde 1)

Gruppene Gj61 og Ri12, ble vurdert som meget usannsynlige kandidater for den rømte gruppen ($p < 0.02$). Forøvrig delte resultatet seg inn i tre kandidatgrupper som ble vurdert som de mest sannsynlige (Hi4, Ma303, Ma204), mens gruppene Gj4 og Ha1 hadde en mindre, men ikke-neglisjerbar sannsynlighet.

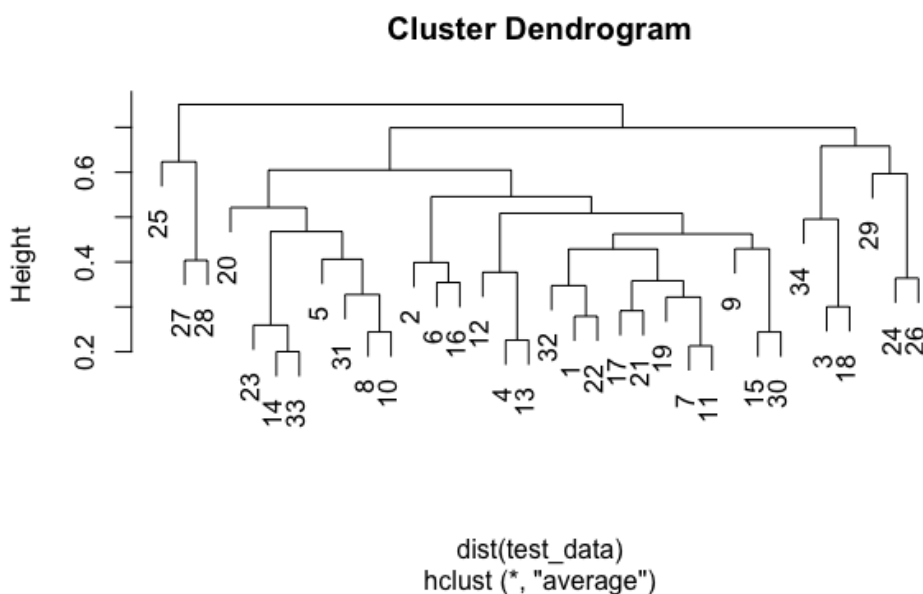
Analyse (runde 2)

På basis av resultatene over ble det bestemt å gjøre en ny uteliggertest for å undersøke om den ukjente gruppa muligens fortsatt var sammensatt av flere grupper. Testen var tilsvarende den som ble gjort i pre-analyse (dokumentert tidligere under FDIR-problemstillingen).

Testen avdekket flere potensielle uteliggere som ble tatt ut. Disse var individ:

9, 38, 129, 136, 143, 153, 154, 6, 20, 37, 17, 39, 40.

Etter dette hadde det ukjente materialet tilsvarende varians som det som blir observert i kjente referansematerialer, og det ble derfor ikke utført flere uteliggeranalyser.

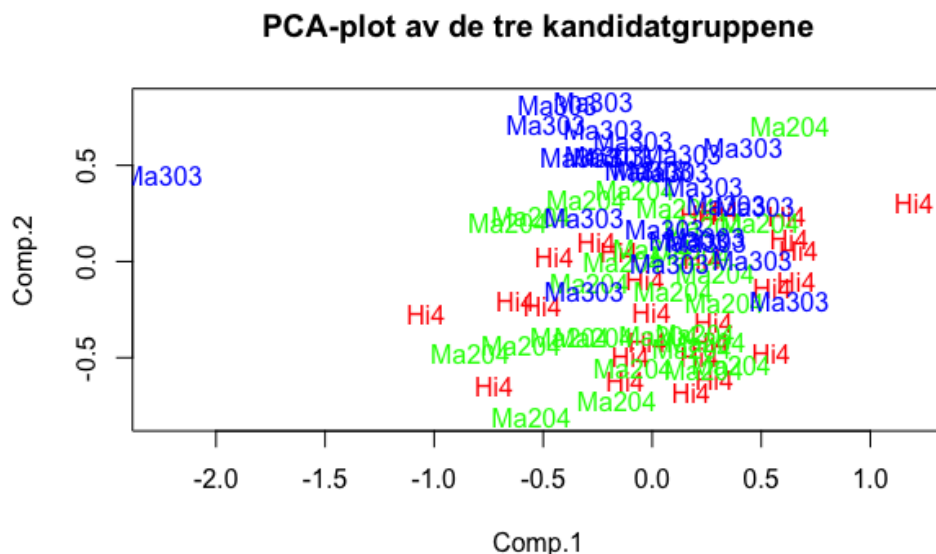


Figur 3: Dendrogram som viser (mangelen på) variasjon i den gjenværende rømte gruppa etter to runder med uteliggertest. Høyden i dendrogrammet indikerer forskjell i variasjon. En normal høyde for en ukjent gruppe som inneholder uteliggere er rundt 2.5-3, mens i dette dendrogrammet er den 0.6.

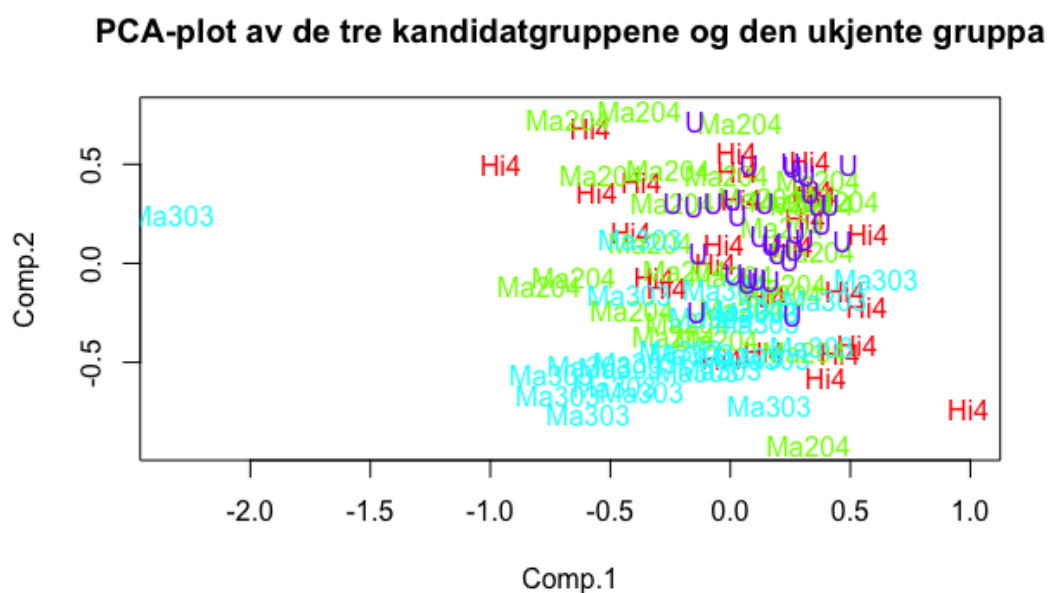
Resultat (runde 2)

Resultatet i runde 2 førte til elimineringen av to ytterligere kandidatgrupper: Gj4 og Ha4. Det var ikke mulig, innenfor rimelighetens grenser, å eliminere flere kandidatgrupper. Et viktig moment i denne vurderingen var det faktum at modellene ikke viste noe entydig svar, men varierte veldig i hva de anså som mest sannsynlig avhengig av hva slags grunnstoff som ble inkludert. Mulige årsaker til dette kan være utilstrekkelig variasjon i referansematerialet grunnet drift, eller støy fra ICP-MS-målingene. En mulig løsning

på problemet kan være å gjøre en tilleggsanalyse med linescan, samt det pågående arbeidet med å kontinuerlig kalibrere modellene når resultatene blir kjent.



Figur 4: PCA-plot av de tre kandidatgruppene som illustrerer mangel på variasjon



Figur 5: PCA-plot med den ukjente gruppa i tillegg. Legg merke til hvordan den ukjente gruppa overlapper i høy grad med både Hi4 og Ma204.

Basert på resultatet fra modellen med grunnstoff inkludert som nevnt over, vurderes Hi4 som den mest sannsynlige kandidaten for en rømming ($p = 66.5\%$), med Ma204 ($p = 24.1\%$) og Ma303 ($p = 9.4\%$) som potensielle kandidater. På grunn av at det rømte materialet antas å være fra kun én gruppe, og på grunn av at ikke alle gruppene kan elimineres med metoden, anses usikkerheten til å være for stor til at en klassifisering på individnivå kan foretas.

Analyse 2.5

På bakgrunn av observasjonen om at hvilke grunnstoff som ble inkludert og ikke var ekstremt utslagsgivende på modellen, ble det bestemt å gjøre en grundigere undersøkelse av grunnstoffdataene. Formålet med undersøkelsen var å identifisere eventuelle grunnstoff som kan ha vært utsatt for forurensning eller andre ukjente prosesser, slik at de ikke nødvendigvis er prediktive for gruppetilhørighet. For å analysere dette ble det gjort en ikke-parametrisk kruskal-wallis test som sammenlikner grunnstoffnivået i en gitt kandidatgruppe med den ukjente gruppen. I tilfellet $p < 0.05$ blir hypotesen om at grunnstoffnivåene kommer fra samme fordeling forkastet. Denne testen kan også karakterisere “usannsynlige grupper”, i den forstand av at grunnstoffnivået anses som for forskjellig mellom kandidatgruppa og den ukjente gruppa.

Tabell 4: Resultater på kruskal-wallis testen. Grunnstoffer med uthevet skrift har resultater hvor alle referansegruppene har signifikant forskjellig nivå sammenliknet med den rømte oppdrettslaksen

Gruppe/ grunnstoff	Gj4	Gj61	Ha1	Hi4	Ma204	Ma303	Ri12
Ba	0.05	0.12	0.28	0.084	0.155	0.03	0.017
Sr	0.48	0.18	0.81	0.92	0.89	0.23	0.025
U	0.01	0.004	0.46	0.44	0.11	0.23	0.038
Zn	0.09	0.004	0.007	0.005	0.0003	0.001	0.0005
Li	0.003	0.011	0.018	0.63	0.36	0.13	0.08
Mg	0.0007	0.0003	0.0003	0.005	0.0003	0.0007	0.00007
Fe	0.017	0.001	0.0005	0.002	0.0018	0.002	0.0002
Mn	0.43	0.68	0.6	0.27	0.89	0.52	0.016
Na	0.61	0.61	0.85	0.99	0.99	0.78	0.77
S	0.001	0.008	0.0007	0.01	0.002	0.001	0.00008
Pb	0.3	0.12	0.12	0.24	0.12	0.32	0.014

Mg, Fe og S har alle verdier i referansematerialet som ikke passer med den ukjente gruppa. Dette kan enten bety at referansematerialet ikke inneholder den ukjente gruppa, eller at det har vært forurensninger på laboratoriet, eller at grunnstoffprofilen i den ukjente gruppa har driftet vekk fra verdiene i referansematerialet.

Siden prøvetaket til den ukjente gruppa ble gjort 2 måneder etter prøvetaket til referansegruppa, anses det som mest sannsynlig at drift er hovedårsaken til forskjellene i grunnstoffnivå. I tillegg til “passiv drift”, som er dokumentert tidligere i prosjektet, har Flem et al. (2017) fremmet hypotesen om at valg av fôr påvirker grunnstoffnivå i skjell, spesielt for Zn, noe som kan ha påvirket dataene i dette tilfellet.

Basert på resultatene over ble det bestemt å ta ut S, Fe, Zn og Mg fra referansematerialet og gjøre analysene på nytt. Det er også verdt å merke seg at Hi4 og Ma204 igjen skiller seg ut som de to mest aktuelle kandidatene i kruskal wallis-testen.

Resultater (runde 2.5)

De nye klassifiseringsresultatene gir følgende profil:

Hi4 ($p = 8.3 \%$), Ma204 ($p = 81.9 \%$), Ma303 ($p = 9.8 \%$). Igjen er det ikke noe entydig resultat, men modellen viser nå en sterk preferanse for Ma204. Generelt vurderer modellen det som mest sannsynlig at den rømte gruppa enten er Hi4 eller Ma204.

Konklusjon: Analysene gir følgende sannsynlighetsprofil for rømmingen:

Hi4 ($p = 66.5 \%$), Ma204 ($p = 24.1 \%$), Ma303 ($p = 9.4 \%$) med de “normale” grunnstoffene inkludert. Med kruskal wallis-elimineringsmetoden gir modellen profilen Hi4 ($p = 8.3 \%$), Ma204 ($p = 81.9 \%$), Ma303 ($p = 9.8 \%$).

På bakgrunn av resultatene over var det ikke mulig å gi et entydig svar med tilstrekkelig sikkerhet, men det vurderes som mest sannsynlig at den rømte gruppa enten kommer fra Hi4 eller Ma204.

Konklusjonen er tatt på bakgrunn av de numeriske resultatene fra modellen, sammen med det faktum at modellene viste høy variasjon i konklusjonen avhengig av hvilke grunnstoff som ble inkludert og ikke.

Mulige årsaker til “usikkerheten” hos modellene kan være at treningsdatasettet har for lav variasjon mellom grupper på grunn av drift, eller på grunn av støy fra ICP-MS-målingene.

En mulig løsning på usikkerheten kan være å gjøre en tilleggsanalyse med linescan, samt det pågående arbeidet med å kontinuerlig kalibrere modellene når resultatene blir kjent.

Vedlegg 5: Valg av grunnstoff, modellparametere (tidsrekker)

Grunnstoffene ble valgt ved kryssvalidering: den kombinasjonen av grunnstoffer som ga høyest presisjon i kryssvalideringen ble valgt som utgangspunkt. Kryssvalideringen ble utført med $k = 1$ og $\alpha = 0.5$. Kombinasjonen av grunnstoff som ga høyest presisjon (78.5 %) var Ba, Pb, U, Li, Na, Mg, S, Mn, Fe, Zn, Sr.

Mange av grunnstoffene hadde marginal innflytelse på presisjonen. Svovel, natrium og magnesium hadde for eksempel lite til ingen effekt på presisjonen (et fall fra 78.5 % til 75 %). Generelt virker det som at LR-data har mye høyere innvirkning på presisjonen enn MR-data. Uran og barium alene var tilstrekkelig til å gi 72 % presisjon i kryssvalideringen, mens barium for seg selv sto for 52 % av presisjonen. Dette bygger under tidligere hypoteser om at grunnstoff i LR, primært barium, er de viktigste prediktorene. MR-data alene oppnådde en presisjon på 22 %, som er kun marginalt bedre enn å la modellen gjette vilkårlig (14 %).

Klassifiseringsresultater, diskusjon

Etter grunnstoffene ble valgt ble det gjort 100 klassifiseringer med forskjellige valg av α (vektning av MR/LR) og k (antall naboer). Sluttsvaret ble regnet ut ved å ta en majority vote mellom disse 100 klassifiseringene per individ. Klassifiseringsresultatene er illustrert i tabellen nedenfor.

Tabell 5: Klassifiseringsresultater (antall individer som klassifiseres til en referansegruppe) med sammensetningen Ba, Pb, U, Li, Na, Mg, S, Mn, Fe, Zn og Sr

Gj4	Gj61	Ha1	Hi4	Ma204	Ma303	Ri12
11	0	6	0	10	0	0

Det er lav overlapp med resultatene fra ferskvannsfasen, der Hi4 var den mest sannsynlige kandidaten ($p=66.5\%$). I likhet med ferskvannsfasen hadde valg av grunnstoff stor innvirkning på klassifiseringsresultatet.

Med Barium/Uran-kombinasjonen var det et signifikant skifte fra Gj4 og Ma204 til Hi4 som mest sannsynlige kandidat (tabell 6).

Tabell 6: Klassifiseringsresultater (antall individer som klassifiseres til en referansegruppe) med Ba og U

Gj4	Gj61	Ha1	Hi4	Ma204	Ma303	Ri12
4	0	1	14	4	3	1

En mengde på 100 klassifiseringer der LR-data ble vektet 80 - 100 % ga resultatet i tabell 7. Modellen ser ut til å foretrekke Hi4 i de tilfellene der LR-data er vektet høyest. I en mer "upartisk" variant av modellen er Gj4 og Ma204 de mest sannsynlige kandidatene.

Tabell 7: Klassifiseringsresultater (antall individer som klassifiseres til en referansegruppe) med sammensetningen Ba, Pb, U, Li, Na, Mg, S, Mn, Fe, Zn og Sr der LR-data (Ba, Pb, U og Li) ble vektet 80 - 100 %

Gj4	Gj61	Ha1	Hi4	Ma204	Ma303	Ri12
4	0	5	12	6	0	0

På grunn av variasjonen i klassifisering basert på grunnstoff, og på grunn av manglende overlapp med ferskvannsfasemodellen, er det ikke mulig å gi noen konklusjon med linescan-analyse (tidsrekker). Resultatene fra kryssvalideringen og tidligere analyser underbygger at det kan være rasjonelt å vektlegge LR-data høyere enn MR-data. I modellvarianter der LR blir vektlagt høyere er det bedre overlapp med ferskvannsanalysen. På den andre siden kan det være negativt å basere seg i høy grad på LR-data, da dette øker sannsynligheten for systematiske feil.

Konklusjon

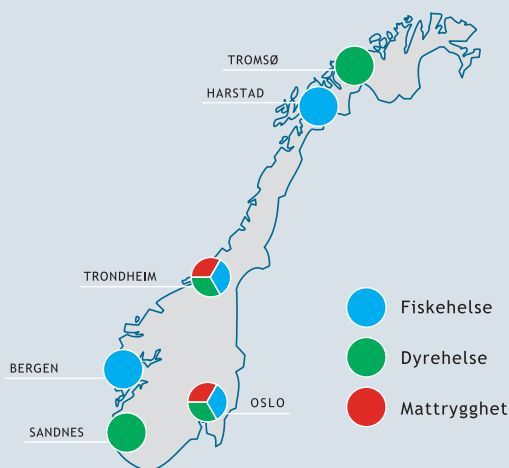
Resultatene fra Linescan-analysen er ikke sterke nok til å kunne konkludere med en entydig kandidat for rømmingen. Resultatene varierer etter hvilke grunnstoff som blir inkludert, og etter i hvor stor grad LR blir vektlagt over MR. I varianter der LR blir vektlagt høy foretrekker modellen Hi4 og Ma204, mens i varianter der MR og LR i snitt blir vektlagt like mye, foretrekker linescan-modellen Gj4 og Ma204. Sett i sammenheng med ferskvannsanalysen styrker disse resultatene sannsynligheten for Ma204 til en viss grad, men er ikke tilstrekkelig til å kunne konkludere entydig.

Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!

Veterinærinstituttet er et nasjonalt forskningsinstitutt innen dyrehelse, fiskehelse, mattrygghet og fôrhygiene med uavhengig kunnskapsutvikling til myndighetene som primæroppgave.

Beredskap, diagnostikk, overvåking, referansefunksjoner, rådgivning og risikovurderinger er de viktigste virksomhetsområdene. Produkter og tjenester er resultater og rapporter fra forskning, analyser og diagnostikk, og utredninger og råd innen virksomhetsområdene. Veterinærinstituttet samarbeider med en rekke institusjoner i inn- og utland.

Veterinærinstituttet har hovedlaboratorium og administrasjon i Oslo, og regionale laboratorier i Sandnes, Bergen, Trondheim, Harstad og Tromsø.



Fiskehelse



Dyrehelse



Mattrygghet



Oslo
postmottak@vetinst.no

Trondheim
vit@vetinst.no

Sandnes
vis@vetinst.no

Bergen
post.vib@vetinst.no

Harstad
vih@vetinst.no

Tromsø
vitr@vetinst.no

www.vetinst.no



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute