

Jan Grimsrud Davidsen, Sindre Håvarstein Eldøy, Ingegjerd Meyer,
Andrine Emilie Halvorsen, Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning, Simon
Nordblad Schmidt, Kim Præbel, Marc Daverdin, Marthe Tangvold
Bårdsen, Fred Whoriskey og Eva B. Thorstad

Sjørret og sjørøye i Skjerstadvfjorden - Marine vandringer, områdebruk og genetikk

NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2019-5



NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-5

Jan Grimsrud Davidsen, Sindre Håvarstein Eldøy, Ingegjørd Meyer, Andrine Emilie Halvorsen, Aslak Darre Sjørnsen, Lars Rønning, Simon Nordblad Schmidt, Kim Præbel, Marc Daverdin, Marthe Tangvold Bårdsen, Fred Whoriskey og Eva B. Thorstad

Sjørret og sjørøye i Skjerstadvjorden - Marine vandringer, områdebruk og genetikk

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Rapport botanisk serie og Rapport zoologisk serie. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/web/museum/publikasjoner>

Referanse

Davidson, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Halvorsen, A.E, Sjursen, A.D., Rønning, L., Schmidt, S.N., Præbel, K., Daverdin, M., Bårdsen, M.T., Whoriskey, F. & Thorstad, E.B. 2019. Sjøørret og sjørøye i Skjerstadvfjorden - Marine vandring, områdebruk og genetikk– NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-5:1-80.

Trondheim, november, 2019

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Hans Steinøyen (instituttleder)

Kvalitetssikret av

Gaute Kjærstad

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Sjøørret i Botnvassdraget. Foto: Jan Grimrud Davidson

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-208-1
ISSN 1894-0056

Sammendrag

Davidsen, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Halvorsen, A.E., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Schmidt, S.N., Præbel, K., Daverdin, M., Bårdsen, M.T., Whoriskey, F. & Thorstad, E.B. 2019. Sjørret og sjørøye i Skjerstadjorden - Marine vandring, områdebruk og genetik - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-5:1-80.

Hensikten med denne undersøkelsen var å kartlegge vandring og områdebruk til sjørret og sjørøye i Skjerstadjorden gjennom alle årstider, samt å kartlegge genetik for fisk fra fem vassdrag som drenerer til fjordsystemet. I perioden 2016-2018 ble 269 ørret (169-890 mm, naturlig lengde) og 55 røye (270-480 mm) merket med sendere som hadde batterilevetid på inntil to år. Vandring mellom elv og fjord, når og hvor fiskene oppholdt seg i sjøen, samt eventuelle opphold i nærheten av oppdrettsanlegg ble dokumentert ved bruk av lyttestasjoner som registrerte signaler fra senderne. Mageprøver og stabile isotoper ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ og $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) fra 128 sjørret og 26 sjørøye ble analysert for å kartlegge hva de hadde spist. I tillegg ble eventuelt slektskap mellom de fem undersøkte sjørretpopulasjoner, samt opphav til sjørret fanget av sportsfiskere i fjordsystemet, kartlagt ved genetiske analyser og en fiskefelle ble brukt til å registrere all oppvandrende fisk, inklusiv eventuelle påslag av lakselus, til Botnvassdraget.

Gjennomsnittlig smoltalder hos sjørret varierte mellom de ulike vassdragene fra 3,2 til 3,9 år. Fisk fanget i Lakselva/Kosmovatnet ved Valnesfjord og Lakselva ved Misvær hadde lavest smoltalder, mens fisk fanget i Saltdalselva og Botnvassdraget hadde høyest smoltalder. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet smoltlengde varierte fra 14,9 til 18,2 cm. Fisk fanget i Laksåga ved Sulitjelma hadde størst smoltlengde.

Sjørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget hadde lavest gjennomsnittlige årlige vekst før smoltifisering (i ferskvann). Sjørret fra Lakselva ved Valnesfjord og Lakselva ved Misvær hadde størst tilvekst de første to leveårene, mens sjørret fra Laksåga ved Sulitjelma hadde størst tilvekst det tredje året i ferskvann. I sjøen var det sjørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget som hadde størst tilvekst. Kondisjonsfaktoren om våren til sjørret fra Lakselva ved Misvær ($K = 0,99$) og Lakselva/Kosmovatnet ved Valnesfjorden ($0,91$) var høyere enn i Laksåga ved Sulitjelma ($0,83$), Saltdalselva ($0,83$) og Botnvassdraget ($0,82$).

Skjerstadjorden mellom Fauske og østre del av Saltstraumen fremstod som det viktigste beiteområdet for fjordvandrende sjørretveteraner (de som hadde hatt minst én sesong i sjøen tidligere) fra Saltdalselva, Botnvassdraget og Laksåga (Sulitjelma). Saltdalsfjorden innerst i Skjerstadjordsystemet var det viktigste beiteområdet for sjørretsmolt og sjørøyeveteraner. Sjørret fra Lakselva og Kosmovatnet ved Valnesfjord brukte i utstrakt grad nærområdene, særlig Laukåsstraumen. På samme måte holdt sjørret fra Lakselva (Misvær) seg nær sin egen elv innerst i Misvær fjorden. Halvparten (47 %) av sjørreten merket i Laksåga (Sulitjelma) ble i Øvrevatnet og Nedrevatnet, som er brakkvannsområder påvirket av tidevannet, i stedet for å vandre til sjøen. Det ble registrert sjørret på alle lyttestasjoner i fjordsystemet. Dette viser at selv om de førnevnte områder var kjerneområder, så utnyttet sjørreten hele fjorden. Bruken av de ulike delene av fjordsystemet varierte med årstiden. Med unntak av en sjørret fra Saltdalselva som overvintret i elvemunningen innerst i Misvær fjorden, ble det ikke registrert vandring mellom vassdragene.

Det var sjørret i fjorden hovedsakelig fra midten av mai til slutten av august, mens den viktigste perioden for sjørøye var juni og juli. De to artene er derfor ekstra utsatt for negative effekter fra akvakultur og annen aktivitet som kan påvirke dem i sjøen i denne perioden.

Antall dager sjørreten oppholdt seg i sjøen varierte mellom år og mellom sjørret fra de ulike vassdragene. For sjørretveteraner fra Saltdalselva varierte gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen fra 66 dager i 2016 til 74 dager i 2018. Fra Botnvassdraget oppholdt sjørretveteraner seg lengre tid i sjøen (58 dager i 2016, 63 dager i 2017) enn sjørøyeveteraner (36 dager, i 2017), mens sjørretsmolten oppholdt seg 55 dager i sjøen (2018). Sjørret fra Laksåga (Sulitjelma) som vandret til sjøen, var i sjøen i gjennomsnitt 49 dager. Oppholdstid i sjøen ble ikke beregnet for

sjørret fra Lakselva (Misvær) og Kosmovatnet/Lakselva ved Valnesfjorden, fordi de oppholdt seg store deler av året i brakkvannsområder nær elva.

Sjørreten oppholdt seg ikke lengre tid rundt oppdrettslokalitetene i Skjerstadjfjorden og Saltdalsfjorden enn rundt de tilhørende kontrollstasjoner. Dette tyder på at de ikke ble tiltrukket av overskuddsfôr eller andre forhold ved oppdrettsanleggene. Registreringene av sjørøye tydet på det samme, men datagrunnlaget for sjørøya var begrenset.

I Saltdalselva kom 23 % av sjørreten tilbake til elva etter sjøoppholdet i 2016 og 75 % i 2018. Det var teknisk feil på noen av senderne i 2016, og dette forklarer antakeligvis at så få fisk ble registrert tilbake dette året. I Botnvassdraget kom 39 % av sjørretveteranene, 26 % av sjørretsmolten og 43 % av sjørøya tilbake til vassdraget, mens tilsvarende tall for sjørret fra Laksåga (Sulitjelma) var 39 %. Årsaker til at fisk ikke ble registrert tilbake til vassdragene kunne være at de ble fanget og avlivet, hadde vandret til andre vassdrag som ikke ble undersøkt, overvintret i sjøen i områder uten lyttestasjoner; hadde mistet senderen, at det var tekniske feil ved senderen, eller at fisken døde under sjøoppholdet.

Av merket ørret ble 10 % rapportert fanget av fiskere i perioden april 2016 – august 2019. Av merket røye ble 7 % rapportert fanget av fiskere. Alle ble avlivet, unntatt én ørret og ei røye som ble gjenutsatt. Litt over halvparten (53 %) av fanget ørret ble tatt i fjordsystemet, og 89 % av disse ble tatt på fiskestang.

Vandringen til Skjerstadjfjorden om sommeren er en næringsvandring og det er derfor viktig at aktuelle byttedyr er tilstede for både sjørret og sjørøye. Sjørreten fra Botnvassdraget spiste i stor grad marine fisk og reker, mens sjørøya hadde en mer variert diett. Graden av fisk i dietten økte med kroppslengden, og dette tilsvarer det en ser andre steder langs kysten av Midt-Norge og Nord-Norge. Det store innslaget av ferskvannsmateriale i dietten til sjørøye tyder på at denne har beitet aktivt i elveosene i fjorden.

I 2017 var det montert en fiskefelle i Botnvassdraget, hvor oppvandrende fisk ble registrert. Det ble registrert 1476 oppvandrende sjørret og 104 sjørøye. Hos sjørreten hadde 75 % av individene sårskader fra lakselus, mens 44% ble registrert med 1-10 fastsittende lakselus og 9% med flere enn ti lus. At andelen med sårskader var så høy i forhold til antall fisk observert med lus, tyder på at mye av lusene hadde ramlet av før fisken gikk i fella. Årsaken til dette kan være at fisken oppholdt seg i brakkvannsområder eller i nedre deler av vassdraget, hvor det er saltnivåer som lusa ikke tåler, slik at den har falt av før de gikk opp i fella ved utløpet av Botnvatnet. Tilsvarende tall for sjørøya var 5 % med sårskader, 11 % med 1-10 lakselus og ingen med flere enn ti lus. Den lavere andelen av sjørøye med sårskader og med lakselus kan antakeligvis forklares ut fra de andre resultatene i denne undersøkelsen. Sjørøya, i motsetning til sjørreten, oppholdt seg i Saltdalsfjorden, det vil si i den indre del av fjordsystemet, beitet aktivt i elveoser hvor det er høyere innsalg av brakkvann og dermed dårligere forhold for lakselus, samt returnerte tidligere til vassdraget.

De genetiske undersøkelsene viste at sjørret i Saltdalselva, Botnvassdraget, Laksåga (Sulitjelma), Lakselva (Misvær) og Lakselva (Valnesfjord) er genetisk forskjellige bestander, mens sjørreten i de tre undersøkte deler av Saltdalselva (Saltdalselva, Junkerdalselva, Lønselva) alle tilhørte samme bestand. Sjørret merket med akustiske merker hadde i all hovedsak genetisk tilhørighet til det vassdrag de ble fanget. Unntak fra dette var dog Botnvassdraget, hvor av 33% av de akustisk merkede sjørretveteraner som ble genetisk testet (gjennomsnittlig kroppslengde 70 cm; variasjonsbredde 42-85 cm) hadde opphav fra Saltdalselva.

Av 87 innleverte skjellprøver fra sjørret fanget av sportsfiskere i Skjerstadjfjorden, kom 45 % av fra Saltdalselva, 8 % fra Botnvassdraget, 2 % fra Lakselva (Misvær) og 1 % fra Laksåga (Sulitjelma). De resterende 45 % av fangsten kom fra bestander som ikke inngikk i undersøkelsen. Sjørret fra Saltdalselva utgjorde 86 % av fangsten av individer tyngre enn 5 kg og 76 % av fisk lengre enn 70 cm. Mesteparten av den mindre sjørreten som ble fanget kom fra et annet vassdrag enn de fem store vassdrag som inngikk i prosjektet, hvilket viser viktigheten av også å ta vare på

de mindre sjøørrevassdragene som drenere til fjordsystemet. Sjøørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget ble i all hovedsak fanget ved Mjønes-Naurstad (henholdsvis 53 % og 33 %) og i Valnesfjorden (33 % og 50 %).

Den effektive bestanden av sjøørret i Botnvassdraget var den eneste av de fem undersøkte som var på et lavere nivå (48,7 individer) enn de 50 individer som tilrådes for en genetisk bærekraftig bestand sett i et kort tidsperspektiv (5-10 generasjoner; merk at effektiv bestand er et genetisk begrep som beregnes ut fra en formel, og tallet stemmer ikke nødvendigvis med det faktiske antallet individ i elva til enhver tid, men det er en nyttig måte å beregne om bestander er store nok til å være bærekraftige). Mulige forklaringer på dette kan være bruken av laksefeller fra tidlig 1900-tallet til 1930-tallet, et utstrakt og intensivt garnfiske fra starten av 1900-tallet som gradvis avtok etter 1960-tallet og et over tid høyt fiskepress i fjordsystemet.

Nøkkelord: akustisk telemetri – brunørret – kystzoneplanlegging – livshistoriestrategi – migrasjon – områdebruk – *Salmo trutta* – *Salvelinus alpinus*

Dauidsen, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Sjursen, A.D., Rønning, L., Daverdin, M. & Bårdsen, M.T. NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Halvorsen, A.E, Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, Postboks 1066 Blindern, 0316 Oslo

Schmidt, S.N. & Præbel, K., Norges fiskerihøgskole, UiT Norges Arktiske Universitet, 9037 Tromsø

Whoriskey, F., Dalhousie University, Dept. of Biological Sciences, Life Sciences Center, 1355 Oxford St., POB 15000, Halifax, NS, B3H 4R2, Canada

Thorstad, E.B. Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), Pb 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Summary

Davidson, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Halvorsen, A.E., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Schmidt, S.N., Præbel, K., Daverdin, M., Bårdsen, M.T., Whoriskey, F. & Thorstad, E.B.. 2019. Anadromous brown trout and Arctic charr in the Skjerstad Fjord - Marine migrations, area use and population genetics – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-5:1-80.

The marine migration and habitat use of 269 anadromous brown trout *Salmo trutta* (often termed sea trout, total length 169-890 mm) and 55 Arctic Charr *Salvelinus alpinus* (270-480 mm) from five watercourses draining to the marine fjords Saltdalsfjorden and Skjerstadfjorden were studied from 2016 – 2018. The fish were tagged with acoustic transmitters and their movements and marine area use recorded by automatic listening stations. Additionally, feeding ecology was compared between anadromous Arctic charr (n=26) and brown trout (n=128) from one of the five watercourses, Lake Botnvatnet.

Mean sea trout smolt age varied from 3.2-3.9 years, with fish from the River Lakselva and Lake Kosmovatnet at Valnesfjord and River Lakselva at Misvær exhibiting younger mean ages at smoltification. Individuals from River Saltdalselva and Lake Botnvatnet had the highest smolt ages. Mean sea trout smolt total length varied from 14.9 – 18.2 cm, with the largest individuals captured in River Laksåga at Sulitjelma.

The western part of the marine Skjerstadfjord contained the key habitat areas occupied by the sea trout veterans during their summer feeding migrations, while sea trout postsmolts and Arctic charr veterans mainly fed in the Saltdalsfjord. However, both species and life stages utilized the whole fjord complex. Significant variation occurred in the spatial distribution and time spent in the marine environment among the tagged individuals, among groups of fish from the different watercourses and among species. The main period for the fjord migration of sea trout was May-August, while Arctic charr were found in the marine environment during June and July.

Sea trout veterans from River Saltdalselva stayed an average of 66 days at sea in 2016 and 74 days in 2018. Sea trout veterans (58 days, 2016; 63 days, 2017) and postsmolt (55 days, 2017) from Lake Botnassdraget spent longer at sea than the Arctic charr (36 days, 2017) from the same watercourse. Sea trout from River Laksåga (Sulitjelma) stayed an average of 49 days at sea (2017). Marine residence time for the sea trout from River Lakselva (Misvær) and River Lakselva and Lake Kosmovatnet (Valnesfjord) were not estimated since these fish repeatedly migrated back and forth between the freshwater habitat and the marine estuary throughout the year.

Tagged fish of both species were observed in the vicinity of five Atlantic salmon sea cage farm sites, however, these stays were in general brief.

Return rates for both sea trout and charr to the river where they were originally tagged varied (23-75%) among locations and years. Fish that were not registered back in the watercourse were either known or presumed to have been recaptured and killed, had migrated to other watercourses, had lost the acoustic mark/had a tag failure or had died during the seaward migration.

In the period April 2016 - August 2019, 10 % of the tagged sea trout and 7 % of the tagged Arctic charr were reported recaptured, with 89 % of the sea trout and 100 % of the Arctic charr recaptured by rod and reel.

Sea trout from Lake Botnvatnet mainly fed on marine fish and shrimps, while the Arctic charr had a broader diet, with a frequent occurrence of prey of freshwater origin in their stomachs. These were most likely fed upon in estuaries. The amount of fish in the diet increased with the sea trout's body length.

In 2017, a fish trap was installed in Lake Botnvatnet. In total, 1476 sea trout and 104 anadromous Arctic charr were captured migrating up to the watercourse. Within the sea trout, 75% had wounds

from the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*), 44% were infested with 1-10 adult lice and 9% had more than 10 lice. For Arctic charr, the numbers were 5%, 11% and 0%, respectively.

An analysis of the genetics of the sea trout showed that sea trout from the five different watercourses were all genetically differentiated. Within River Saltdalselva, the largest of the five watercourses, individuals from three distinct areas were compared and they all originated from the same genetic group. Genetic analyses of sea trout scales sampled by recreational fishermen within the fjord system revealed that 45% of the captured fish originated from River Saltdalselva, 8% from Lake Botnvatnet, 2% from River Lakselva (Misvær) and 1% from River Laksåga (Sulitjelma). The remaining fish originated from unknown watercourses.

The effective population size of the sea trout from Lake Botnvatnet ($N_0=48,7$), was the only one which was lower than the recommended minimum level of $N_0=50$ for conservation purposes. A level of $N_0=50$ or greater is needed in order to have a genetic healthy population for the short term (5-10 generations). Possible explanations for the low number can be historic intensive gillnet fishing at the site during the period 1900 ~ 1960, and the fishing pressure in the fjord system in recent years.

Key words: acoustic telemetry – area use – brown trout – coastal zone planning – life history strategy – migratory behaviour – population genetics – *Salmo trutta* – *Salvelinus alpinus*

Davidsen, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Daverdin, M. & Bårdsen, M.T. NTNU University Museum, Department of natural history, NO-7491 Trondheim

Halvorsen, A.E., The Department of Biosciences, P.O. Box 1066 Blindern, 0316 Oslo

Schmidt, S.N. & Præbel, K., UiT The Arctic University of Norway, 9037 Tromsø

Whoriskey, F., Dalhousie University, Dept. of Biological Sciences, Life Sciences Center, 1355 Oxford St., POB 15000, Halifax, NS, B3H 4R2, Canada

Thorstad, E.B. Norwegian institute for nature research (NINA), Pb 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Summary	6
Innhold	8
Forord	9
1 Innledning	11
2 Materiale og Metode	12
2.1 Områdebeskrivelse	12
2.2 Målinger av vanntemperatur og salinitet	15
2.3 Fangst og merking av sjørret med akustiske sendere	19
2.4 Registrering av vandringsatferd ved akustiske lyttestasjoner	23
2.5 Registrering av gjenfangst	24
2.6 Tilbakeberegning av alder og lengdevekst	24
2.7 Dataanalyser av vandringsatferd og områdebruk	24
2.8 Mageinnhold og stabile isotoper	25
2.9 Oppgangsfelle	25
2.10 Genetiske analyser	26
2.10.1 Genetisk struktur i Skjerstadjorden	26
2.10.2 Bestandtilhørighet til sjørret fanget av sportsfiskere i Skjerstadjorden	27
2.10.3 Effektiv bestandsstørrelse og korrelasjon mellom geno- og fenotyper	27
3 Resultater	28
3.1 Smoltalder, vekstrate, og kondisjon	28
3.2 Oppholdstid i sjøen og andel merket fisk som returnerte til vassdragene	31
3.3 Sesongvariasjon og områdebruk under fjordvandringen	33
3.4 Antall og varighet på opphold ved oppdrettsanlegg	50
3.5 Rapporterte gjenfangster	52
3.6 Diett til sjørøye og sjørret fra Botnvassdraget	55
3.7 Oppgangsfella i Botnvassdraget 2017	58
3.8 Genetiske analyser	62
3.8.1 Genetisk struktur til ørret i elver i Skjerstadjorden	62
3.8.2 Bestandtilhørighet til sjørret fanget av sportsfiskere	63
3.8.3 Effektiv bestandsstørrelse og korrelasjon mellom geno- og fenotyper	66
4 Diskusjon	68
4.1 Vekst, smoltalder og kondisjon	68
4.2 Områdebruk, sesongvariasjon og oppholdstid i fjordsystemet	68
4.3 Varighet på opphold ved oppdrettsanlegg	69
4.4 Rapporterte gjenfangster	70
4.5 Diett til sjørret og sjørøye	70
4.6 Oppgangsfella i Botnvassdraget	70
4.7 Bestandsgenetikk	71
4.8 Forvaltningsmessige konsekvenser	71
5 Referanser	73
Vedlegg	77

Forord

NTNU Vitenskapsmuseet ble høsten 2015 kontaktet av Salten Aqua med en forespørsel om det kunne være interesse for å starte opp et prosjekt tilsvarende sjørretprosjektene i Hemnfjorden og Tosenfjorden. På bakgrunn av denne forespørselen skisserte NTNU Vitenskapsmuseet et prosjekt hvor hensikten var å få bedre kunnskap om marin habitatbruk og vandringer til sjørret og sjørøye i Skjerstadjorden gjennom hele året. Den innhentede informasjon kan brukes i kommunenes arealplaner etter plan og bygningsloven og kan eksempelvis fungere som grunnlag for vurdering av konsekvenser av plassering av oppdrettsanlegg ulike steder i fjorden og av sportsfiske til ulike årstider og i ulike områder av i fjorden.

Prosjektet var basert på et økonomisk spleiselag mellom Saltdal, Fauske og Bodø kommuner, Saltdal elveeierlag, Salten Aqua, Miljødirektoratet, Fylkesmannen i Nordland, Nordland Fylkeskommune, NCA-Aquaculture, SKS Produksjon, SISO Energi og IRIS-fondet. Da prosjektet ikke var fullfinansiert ved oppstart våren 2016, ble det første året gjennomført et redusert opplegg med lyttestasjoner fra Saltdalselva til og med Fauske, mens prosjektet i 2017 og 2018 ble utvidet til å dekke området fra Saltdalselva til Saltstrømmen. Via finansiering av prosjektet CHASES fra Norges Forskningsråd ble det mulig å øke antallet fisk som ble merket.

En stor andel av lyttestasjonene benyttet i prosjektet ble lånt ut fra Ocean Tracking Network (OTN, Halifax, Canada). Alle data fra lyttestasjonene benyttet i prosjektet er levert til OTN og vil etter publisering av planlagte vitenskapelige artikler bli gjort offentlig tilgjengelig (open access).

Data fra prosjektet har blitt benyttet av en PhD-student og fire masterstudenter. PhD-student Sindre Håvarstein Eldøy (NTNU Vitenskapsmuseet) har analysert deler av materialet for å svare på ulike forskningsspørsmål knyttet til sjørretens marine vandringsatferd. Noen resultater er gjengitt i denne rapporten mens andre vil bli publisert i vitenskapelige journaler i de kommende årene. Masterstudent Ingegjerd Meyer (NTNU Vitenskapsmuseet) benyttet datasettet for 2016 og 2017 til sin masteroppgave for å sammenligne områdebruk og vandringsatferd til sjørret fra de fem vassdragene som inngår i undersøkelsen. Videre brukte masterstudent Andrine Emilie Halvorsen (UiO) dataene på sjørret og sjørøye fra Botnvassdraget til sin masteroppgave hvor marin vandringsatferd og næringsøkologi til de to artene ble sammenliknet, mens masterstudent Marthe Tangvold Bårdsen (NTNU Vitenskapsmuseet) analyserte data på oppholdstider rundt oppdrettsanleggene i Skjerstadjorden og flere andre fjordsystemer for å kartlegge risikoen for spredning av sykdommer og parasitter mellom oppdrettslaks og sjørret. I tillegg samlet hun inn ungfisk av sjørret fra elvene Saltdalselva, Botnvassdraget, Lakselva (Misvær) og Lakselva (Valnesfjord), som med økonomisk støtte fra oppdrettselskapet Sinkaberg-Hansen ble analysert for tilstedeværelsen av Piscine orthoreovirus (PRV) som forårsaker sykdommen hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB). Masterstudent Simon Nordblad Schmidt (UiT Norges Arktiske Universitet) beskriver i sin oppgave genetikken til sjørreten i de fem vassdragene som inngår i prosjektet, samt tilhørigheten til sjørret fanget i fjorden av sportsfiskere. Alle masteroppgavene forventes publisert i vitenskapelige journaler i løpet av de kommende årene. Kopi av masteroppgaver og vitenskapelige artikler kan fås ved å kontakte prosjektleder.

Prosjektet hadde ikke latt seg gjennomføre uten engasjement og velvilje fra mange personer og institusjoner. En spesiell takk rettes til Frode Tjønn, Saltdal kommune, som har vært lokal kontaktperson og viktig drivkraft for gjennomføringen av prosjektet. Videre takkes Adam Piper, Ashley Vold, Kristina Johansen, Stein Hugo Hemmingsen, Petter Kristensen, Embla Østebrot, Ole Johan Hornenes, Vegard Pedersen Sollien, Johan Åsbakk, Peder Straume, Jo Vegar Arnekleiv, Karstein Hårsaker, Kjell Christian Rambech, Geir Johny Monsen, Sveinung Kristiansen, Geir Jensen, Flavier Morin-Doré, Stian Brodersen, Torstein Kristensen, medlemmer av Saltdal elveeierlag og andre lokale sportsfiskere for hjelp under ulike deler av feltarbeidet. Videre rettes en takk for praktisk hjelp fra ansatte i Edelfarm, Wenberg og Salten Aqua samt fra mange andre lokale personer i forbindelse med praktiske utfordringer underveis i prosjektet. Fellefangst av oppvandrende fisk til Botnvassdraget i 2017 ble tilrettelagt av Øyvind Kanstad-Hansen (Ferskvannsbiologen AS), mens lokale personer stod for driften av fella.

Før, underveis og etter avslutningen av feltinnsatsen har det blitt holdt flere informasjonsmøter på Rognan og i Bodø. Vi takker for mange og konstruktive tilbakemeldinger til prosjektet som vi har fått på disse møtene.

Trondheim, november 2019

Jan Grimsrud Davidsen
Prosjektleder

1 Innledning

Sjørørret (*Salmo trutta*) er en viktig sportsfisk og det foregår et betydelig fiske etter sjørørret i mange innsjøer, elver og kystnære områder langs norskekysten. Trolig fiskes det antallsmessig mer sjørørret enn laks i Norge, men mye av sjørørreten fiskes i mindre vassdrag og langs kysten, og blir trolig underregistrert i fangststatistikken (Fiske & Aas, 2001). På samme måte som sjørørret er sjørøye (*Salvelinus alpinus*) også en populær sportsfisk i Nord-Norge.

I motsetning til laksen (*Salmo salar*), som gjennomfører store deler av fødevandringen sin til havs, oppholder sjørørret og sjørøye seg i fjorder og ved kysten etter utvandringen fra ferskvann. Mange kystnære områder påvirkes av akvakultur, gruvedrift, havneutbygging, sportsfiske og annen menneskelig aktivitet, og dette medfører at disse to artene i langt større grad enn laksen kan bli påvirket av menneskelig aktivitet under sjøoppholdet. Lakseoppdrett er en næring i vekst langs kysten av Norge. Da aktiviteten ofte foregår i fjorder eller nært kystlinjen er dette en aktivitet som har stort potensiale for å komme i konflikt med sjørørret og sjørøye. Spesielt kan overføring av sykdommer og parasitter fra oppdrettslaks påvirke villfisk negativt.

Oppdrettsvirksomhet og andre aktiviteter langs kysten medfører at miljøforvaltningen har behov for god kunnskap om sjørørret og sjørøye. God kystsoneplanlegging krever tilgang på informasjon om konsekvenser av aktuelle inngrep, men datagrunnlaget er mangelfullt på en rekke områder. Et eksempel på dette er at det til tross for flere nye undersøkelser av sjørørretens områdebruk langs kysten fortsatt er store kunnskapshull. Siden 1990-tallet har det vært en reduksjon i rapporterte fangster av sjørørret i elvene rundt Skjerstadjorden (ssb.no). Årsaken til nedgangen er ukjent, men det spekuleres i om dette skyldes økt omfang av oppdrettsaktivitet i fjordsystemet, et økt fiske etter sjørørret i sjøen, mangel på pelagiske fisk (som er en viktig næringskilde for større sjørørret; Davidsen mfl., 2017), eller en kombinasjon av noen eller alle disse faktorene.

Hensikten med denne undersøkelsen var å bedre kunnskapen om sjørørret og sjørøyes områdebruk og vandringer i Skjerstadjorden gjennom alle årstider. Ved hjelp av elektronisk merking (akustisk telemetri) av enkeltfisk med sendere som varte i inntil to år ble det dokumentert når og hvor fiskene oppholdt seg i sjøen. Genetiske undersøkelser har blitt gjennomført for å kartlegge graden av genetisk sammenheng mellom sjørørretbestandene i utvalgte vassdrag rundt fjordsystemet, samt fastslå om sjørørret fanget i fjorden kom fra noen av disse utvalgte vassdragene. I tillegg ble bestandsstatus til sjørørret og sjørøye i Botnvassdraget kartlagt ved hjelp av fellefangst av oppvandrende fisk.



Merking av fisk i Knallerdalselva, Botnvassdraget. Foto: Ingegjerd Meyer

2 Materiale og Metode

2.1 Områdebeskrivelse

Skjerstadvjorden

Skjerstadvjorden (figur 1) ligger innenfor Saltstraumen i Fauske, Bodø og Saltdal kommuner. Fjorden er til sammen 41 km lang og har utløp til Saltfjorden via Godøystraumen i nord og Saltstraumen i sør. Fjordsystemet har stor tilførsel av ferskvann og har derfor et lag med brakkvann i overflaten om sommeren. På nordsiden av Skjerstadvjorden går Valnesfjorden nordover til Valnesvassdraget. I den sørøstlige enden av Saltdalsfjorden har Saltdalselva utløp. I sør strekker Misværfjorden seg til utløpet av Lakselva.

Saltdalselva (Saltdal kommune)

Saltdalselva har bestander av både laks, sjørret og sjørøye, men sjørreten dominerer. Lakseførende strekning er 66 km. Eneste innsjø er Vassbotnvatn, som ligger i en sideelv.

Botnvassdraget (Saltdal kommune)

Innsjøen Botnvatnet drenerer til Saltdalsfjorden øst for Saltdalselva via den 500 m lange Botnelva. Vatnet har tilsig fra Knallerdalselva og Ingeborgforsen. Anadrom fisk går ca. 8 km opp i vassdraget (Knallerdalselva). Vassdraget har en god bestand av sjørøye (som gyter på innløpselva, Loge, 2001), betydelig med sjørret, men kun sporadiske observasjoner av laks.

Lakselva ved Misvær (Bodø kommune)

Lakselva i Misvær har bestander av både laks og sjørret. Lakseførende strekning er ca. 7 km. Det er gjennomført en rekke fiskeundersøkelser i vassdraget, både før og etter rotenonbehandlingen i 1990.

Laksåga/Øvervatnet i Sulitjelmavassdraget (Fauske kommune)

Hovedelva i vassdraget er Sjonståelva, men det omfatter også de nedenforliggende innsjøene Øvervatnet og Nervatnet, som munner ut i Skjerstadvjorden gjennom Finneidstraumen. Sjonståelva er kraftig regulert for kraftproduksjon og har sannsynligvis ingen egen bestand av sjørret. Laksåga er også regulert, men bestandsituasjonen skal være bedre her.

Kosmovatnet (Fauske kommune)

Kosmovatnet (8,3 km²; 1 m.o.h; NVE 2018) er et brakkvannsområde som munner ut i sjøen via Laukåsstraumen i Valnesfjorden. Ved flo sjø strømmer saltvann gjennom straumen inn i Kosmovatnet. Lakselva har utløp innerst i Kosmovatnet, og har bestander av både sjørret og laks.



Montering av lyttestasjon på oppdrettslokalitet. Foto: Sindre Eldøy

Lokaliteter for oppdrett av laks

Skjerstadvjorden brukes av Edelfarm AS og Wenberg AS for produksjon av oppdrettslaks. I undersøkelsesperioden benyttet de seks lokaliteter:

Øksengård (Saltdalsfjorden, indre del)

2016: Ny årgang fisk ble satt ut i perioden 11.01 – 26.04.2016, snittvekt ved utsetting 97 g, 0,744 mill fisk. Total produksjon på lokaliteten var 1154220 kg.

2017: 0,646 mill fisk med en snittvekt på 2,2 kg. Utsetting av ny årgang fisk i perioden 25.08. – 26.09.2017. 1,037 mill fisk med en snittvekt på 65 g. Brakklegging av lokaliteten i 164 dager fra 15.12.2017. Total produksjon på lokaliteten var 1053075 kg.

2018: Utsatt i tidsrommet 19.04. – 05.06.2018, snittvekt ved utsetting 100 gr, 0,682 mill fisk. Total produksjon på lokaliteten var 959556 kg.

Daumannvik (Saltdalsfjorden, ytre del)

2016: 0,75 mill fisk med en snittvekt ved utsettelse på 311 g. Total produksjon på lokaliteten var 3119354 kg.

2017: 0,546 mill fisk med en snittvekt på 4,9 kg. Ny årgang fisk ble satt ut i perioden 25.08 – 26.09.2017, 1,037 mill fisk, snittvekt ved utsetting 65 g. Total produksjon på lokaliteten var 67496 kg.

2018: 1,017 mill fisk med en snittvekt på 213 g. Total produksjon på lokaliteten var 3333805 kg.

Storvika (Skjerstadvjorden)

2016: 0,657 mill fisk med en snittvekt 4,4 kg. Utslaktet 14.06.2016. Nytt utsett i perioden 04. – 28.08.2016. 0,858 mill fisk med en snittvekt på 66 g.

2017: 0,854 mill fisk med snittvekt på 0,45 kg.

2018: 0,591 mill fisk med snittvekt på 4,65 kg. Ferdig slaktet 09.05.2018. Gjenværende fisk med en beholdning på 0,826 mill fisk med en snittvekt på 413 g. Nytt utsett i perioden 10.08 – 09.09.2018. 0,828 mill fisk med en snittvekt 69 g

Leivsethamran (Skjerstadvjorden)

2016: 0,567 mill fisk med en snittvekt på 2,59 kg. Utslaktet 29.10.2016

2017: 0,596 mill fisk med en snittvekt på 2,77 kg. Utsett av ny fisk i 04.-05.01.2017. 0,654 mill fisk med en snittvekt på 91 g.

2018: 0,5826 mill fisk med en snittvekt på 2,77 kg. Ferdig utslaktet 29.10.2018

Skysselvika Vest (Skjerstadvjorden)

2016: 15139 fisk med en snittvekt på 3,33 kg. Fisk flyttet til anlegget 11.07.2016.

2017: Fisk flyttet inn 09.09.2017. Fisk flyttet ut 28.11.2017. 12987 fisk satt ut i perioden.

2018: 8862 fisk med en snittvekt på 3,69 kg. 0,2993 mill fisk inn med en snittvekt på 129 g. Nytt utsett 01.11.2018. 0,315 mill fisk med en snittvekt på 69 g.

Hundholmen (Skjerstadvjorden)

2016: 7716 fiks med en snittvekt på 7,0 kg. Slaktet 01.03.2016

2017: Ingen fisk i anlegget fram til 20.09.2017. 10902 fisk satt ut med en snittvekt på 790 g.

2018: Ved start 10716 fisk med en snittvekt på 1,7 kg. Lokaliteten tom fra 16.07.2018

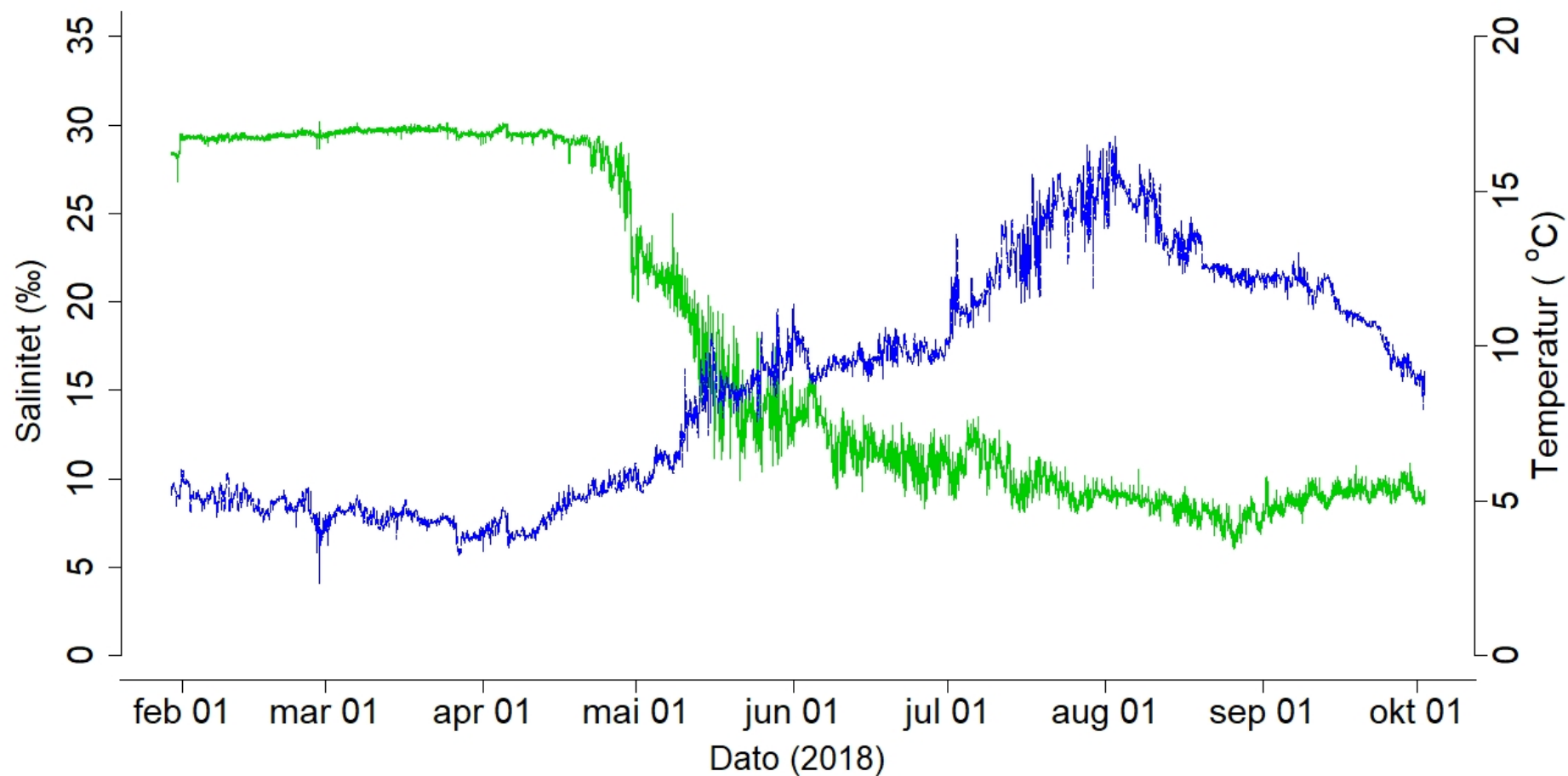
I perioden 2016-2018 var antall lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) per fisk ved lokalitetene i Skjerstadvjorden, jfr. Salten Aqua, over lusegrensen én gang (tabell 1).

Tabell 1: Oversikt over anlegg og perioder hvor antall lakselus per fisk på anleggene i Skjerstadvjorden lå over lusegrensa.

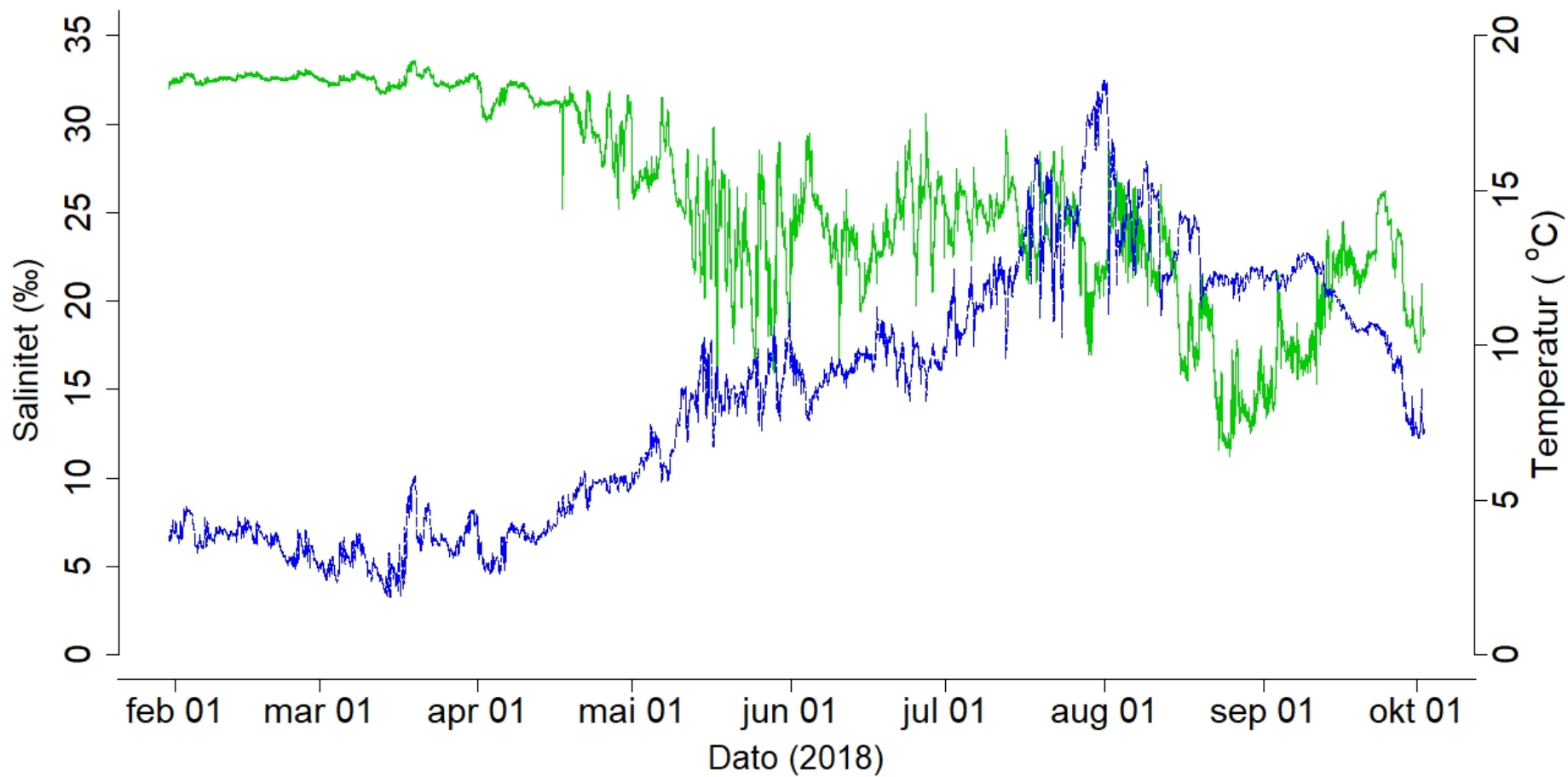
<u>Uke</u>	<u>År</u>	<u>Oppdrettsanlegg</u>	<u>Voksne hunnlus</u>	<u>Lus i bevegelige stadier</u>
45	2018	Daumannvik	0,66	1,08

2.2 Målinger av vanntemperatur og salinitet

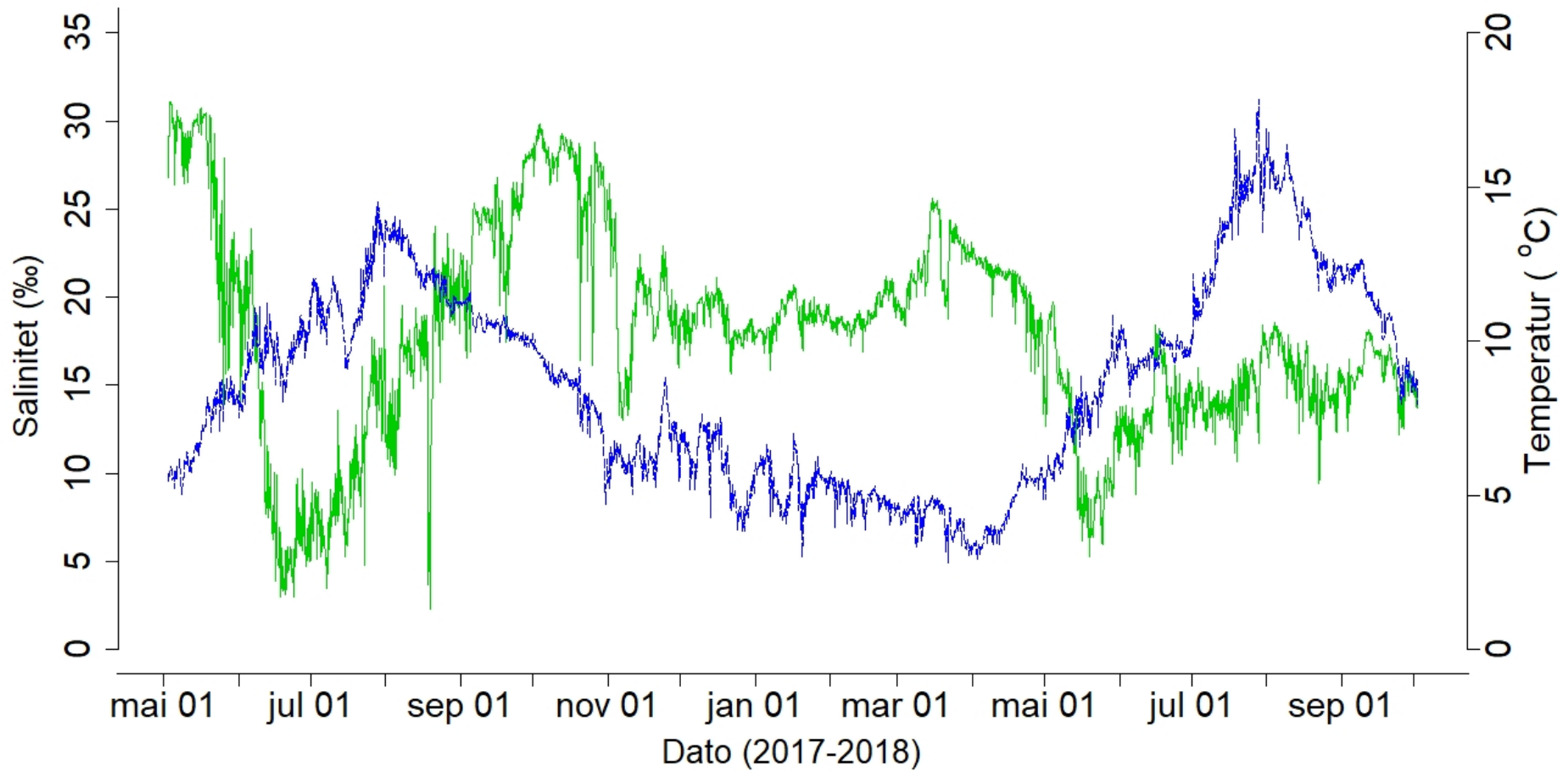
For å kunne beskrive under hvilke forhold sjøørreten oppholdt seg i de ulike habitat ble salinitet og temperatur i fjordsystemet kontinuerlig målt med dataloggere (DST milli-CT, www.star-oddi.com) plassert under blåse på ca.1 meters dybde (figur 2-5).



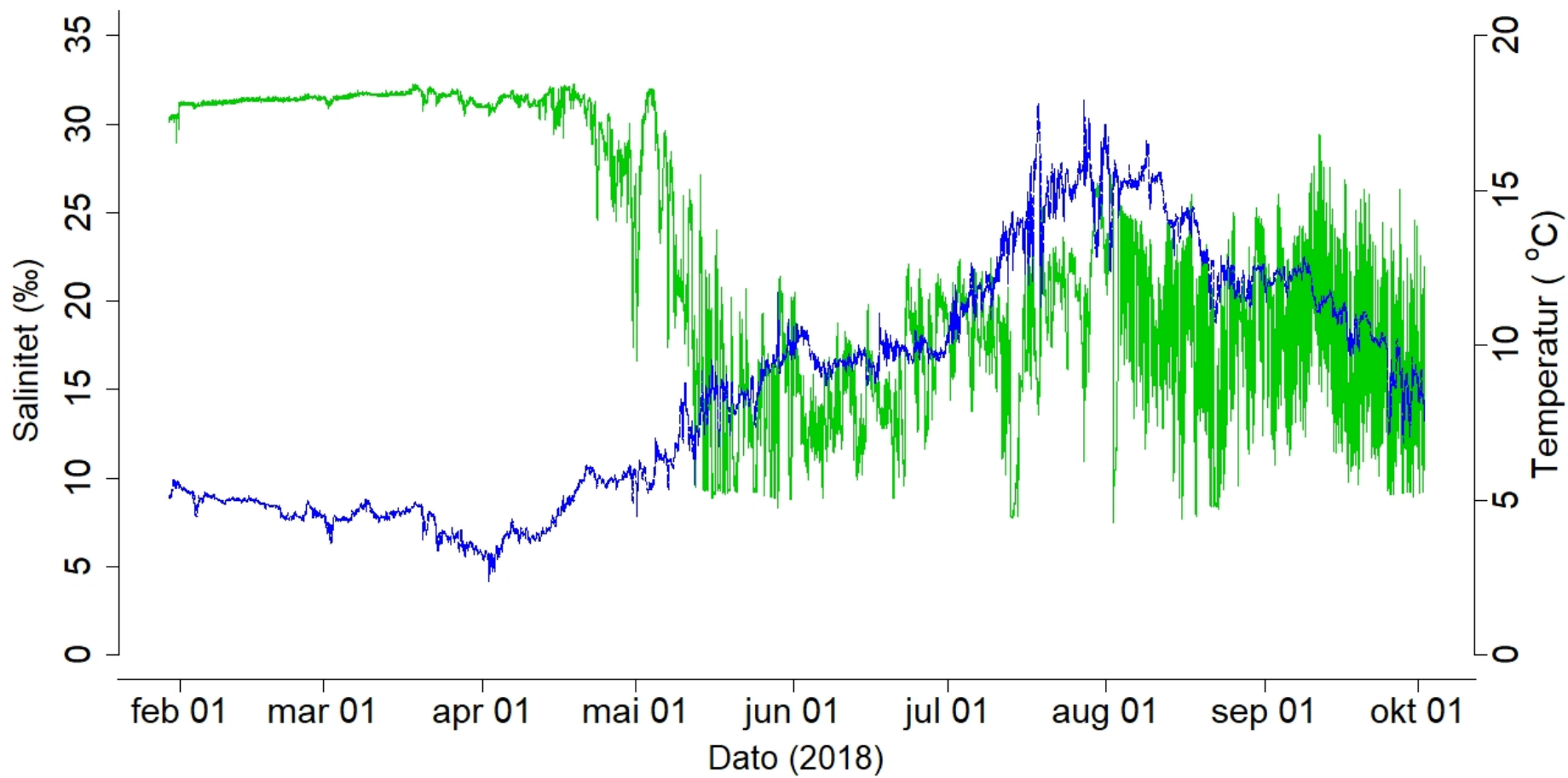
Figur 2: Vanntemperatur (blå) og salinitet (grønn) i åpningen av Misvær fjorden (stasjon 48) i perioden januar til oktober 2018.



Figur 3: Vanntemperatur (blå) og salinitet (grønn) ved nordsiden av Mjønesodden (stasjon 59) i perioden januar – oktober 2018.



Figur 4: Vanntemperatur (blå) og salinitet (grønn) i Fauskevika (stasjon 31) i perioden mai 2017 – oktober 2018.



Figur 5: Vanntemperatur (blå) og salinitet (grønn) ytterst i Saltdalsfjorden (stasjon 22) i perioden januar – oktober 2018.

2.3 Fangst og merking av sjørret med akustiske sendere

I perioden fra våren 2016 til våren 2018 ble i alt 269 ørret og 55 røye fanget, merket med akustiske sendere (tabell 2) og gjenutsatt ved fangstplassen. Fiskene ble inndelt i merkegrupper etter når og hvor fisken ble merket (tabell 3). I Botnvassdraget ble fiskene enten fanget med stang og sluk/flue eller i Storruse. I de fire andre vassdragene ble fiskene utelukkende fanget med stang og sluk/flue. Fordelingen av naturlig lengde og vekt for de to artene fremgår av figur 6-9. Det var forskjell på naturlig lengde på ørreten merket i de fem vassdragene (ANOVA, d.f. = 4, $P < 0,001$). Ørreten fra Saltdalselva (gjennomsnitt 571 mm), Botnvassdraget (452 mm) og Lakselva ved Misvær (439) var større enn ørreten fra Laksåga ved Sulitjelma (384 mm) og Kosmovatnet ved Valnesfjord (369 mm) (figur 6).

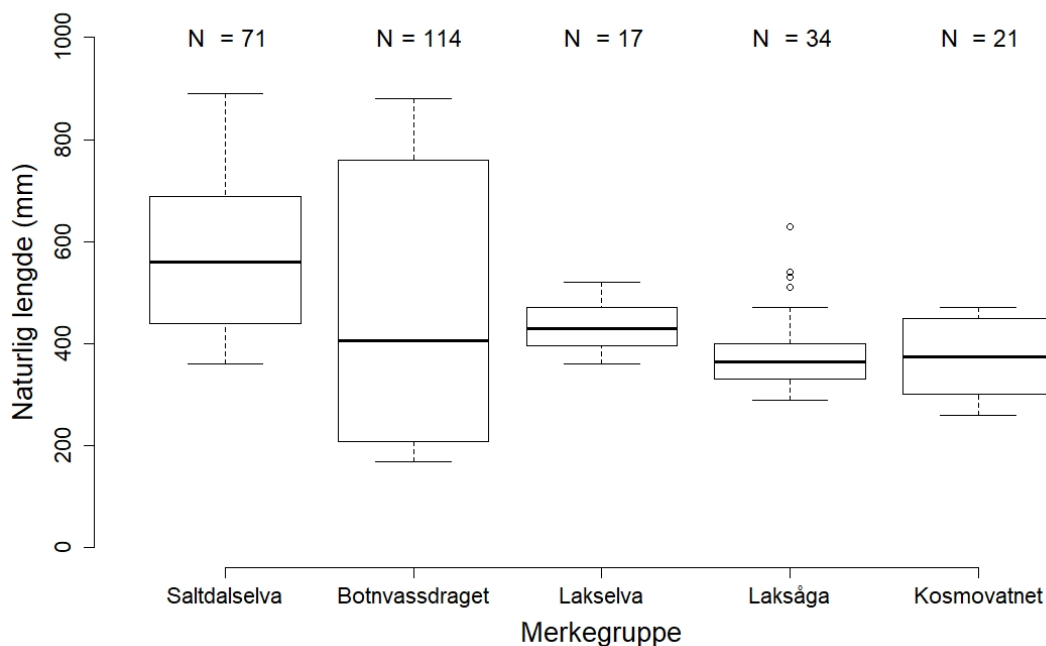
Før merking ble fisken bedøvet i ca. 4 min med 2-phenoxy-ethanol (EEC No 204 589-7; 0,5 ml per l vann), og deretter overført til et merkerør med friskt vann. En desinfisert akustisk sender ble forsiktig innført i bukhulen gjennom et 2-3 cm snitt i buken. Såret ble lukket med to til tre sting (Sutur: Resolon 3/0 for fisk > 25 cm; Resolon 5/0 for fisk < 25 cm). Etter merking ble fiskens lengde (naturlig lengde) og vekt notert. Fem til ti skjell ble tatt for senere analyse av alder og tilbakeberegning av vekst (kun ørret). Eventuelle lakselus ble talt. En bit av fettfinnen ble lagt på sprit og frosset for genetiske analyser. I tillegg til den indre merkingen med akustisk sender ble et lite plastmerke (Carlinmerke) med telefonnummer til prosjektleder (for rapportering av gjenfangst) festet under ryggfinnen. Oppholdet i merkerøret varte ca. 5 min, og i denne perioden ble gjellene kontinuerlig tilført friskt vann. Etter merkingen ble fisken oppbevart i en stamp skjermet for lys noen få minutter inntil den hadde normal svømmeatferd og pustefrekvens. Den ble da satt ut i et rolig parti i elva eller fjorden så nært fangststedet som mulig. Nødvendige tillatelser til merking og fangst ble gitt av Mattilsynet og Fylkesmannen i Nordland.

Tabell 2: Oversikt over modeller av akustiske sendere fra Thelma Biotel brukt ved merking av ørret og røye. Sensor angir om merket var utstyrt med sensor for temperatur (T) eller dybde og temperatur (D/T).

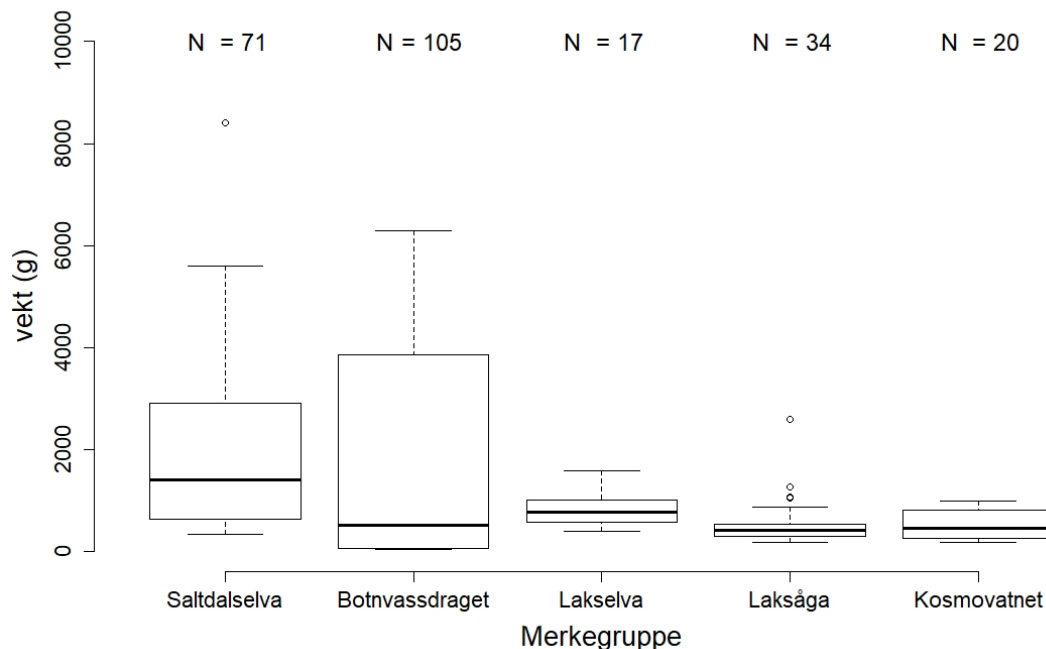
Modell	Diameter (mm)	Lengde (mm)	Vekt i luft (g)	Signalstyrke (dB re 1µPa @1m)	Sendeintervall (sekunder)	Estimert batterilevetid (dager)	Sensor
ID-LP7	7.3	18	1,9	139	30-90	150	nei
ID-LP9	9	21	3.1	142	30-90	270	nei
ID-MP9L	9	29	5,3	146	30-90	330	nei
T-MP9L	9	33	5.5	146	30-90	330	T
ID-MP13	13	33	11.5	153	30-90	600	nei
T-MP13	13	35	12.0	153	30-90	600	T
DT-LP13	13	31	9.7	150	30-90	780	D/T

Tabell 3: Oversikt over antall ørret og røye fanget i fem ulike vassdrag, samt i Skjerstadjorden, merket med ulike modeller av akustiske sendere. Tall angitt i parentes er røye.

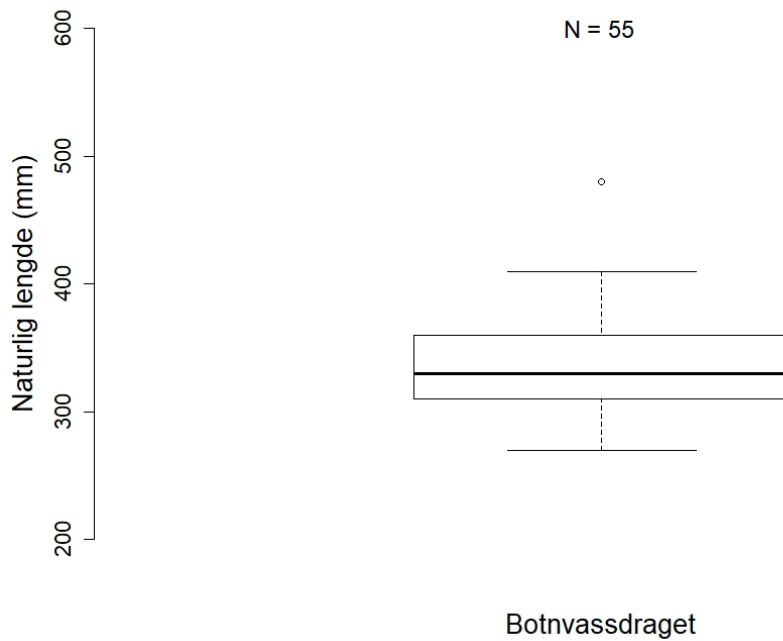
Område	År for merking	Samlet antall fisk	Fordeling av merketyper						
			N	ID-LP7	ID-LP9	ID-MP9L	T-MP9L	ID-MP13	T-MP13
Sensor:						Temperatur		Temperatur	Dybde & temperatur
Saltdalselva	2016/2018	71	1		10		30	30	
Botnvassdraget	2016/2018	114 (54)	50		10 (31)	(3)	32	3	19 (20)
Lakselva (Misvær)	2016/2017	17			1		4	12	
Laksåga (Sulitjelma)	2017	34		1	11		6	16	
Kosmovatnet/Straumen (Valnesfjord)	2017	21			10	2		9	
Skjerstadjorden (Mjønes, Nordvika)	2017	10			1		9		



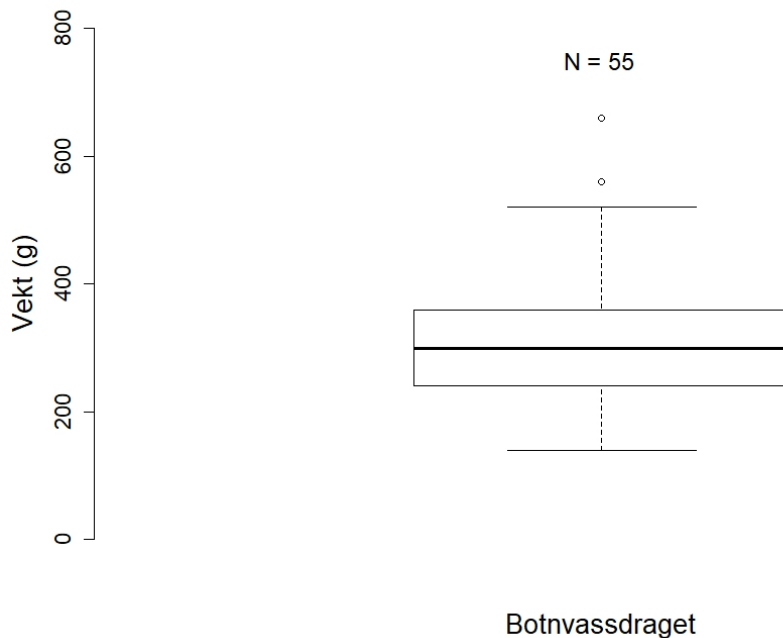
Figur 6: Naturlig lengde for ørret merket i mai-juni 2016-2018 i vassdrag rundt Skjerstadvfjorden (i Lakselva var fire ørret merket i oktober). I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel. Lakselva er ved Misvær, Laksåga er ved Sulitjelma mens Kosmovatnet er ved Valnesfjorden.



Figur 7: Vekt for ørret merket i mai-juni 2016-2018 i vassdrag rundt Skjerstadvfjorden (i Lakselva var fire ørret merket i oktober). I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel. Lakselva er ved Misvær, Laksåga er ved Sulitjelma mens Kosmovatnet er ved Valnesfjorden.



Figur 8: Naturlig lengde for røye merket i oktober 2016-2017 i Botnvassdraget. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdi er angitt med sirkel.



Figur 9: Vekt for røye merket i oktober i Botnvassdraget 2016-2017. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel.

2.4 Registrering av vandringsatferd ved akustiske lyttestasjoner

De akustiske senderne sendte ut et unikt lydsignal (69 kHz) som ble registrert når fisken var innen rekkevidde av en lyttestasjon. Til sammen ble det opprettet 82 lyttestasjoner med mottaker modell VR2W eller VR2-AR, www.vemco.ca, men ikke alle stasjoner var operative hele perioden (figur 1). I fjordsystemet ble lyttestasjonene enten montert på fast forankrede foringsflåter ved oppdrettsanleggene, eller på 5 meters dybde festet til et 14 mm tau montert med en C3 stangblåse på havoverflaten og et 140 kg anker på bunnen eller med akustisk utløser. De 30 lyttestasjonene av typen VR2-AR hadde intern utløser mens 11 lyttestasjoner av typen VR2W ble satt ut med en akustisk utløser av typen Sub Sea Sonic modell ARI-60-E montert nederst på tauet. I vassdragene ble lyttestasjonene montert på en påle eller metallfot slik at de stod loddrett plassert på bunnen.

I overgangen mellom de ulike sonene ble det plassert linjer av automatiske lyttestasjoner. Når sjørreten eller sjørøya vandret fra en sone til en annen ble den registrert med individnummer samt dato og klokkeslett for passeringen. I tillegg ble svømmedybde og/eller kroppstemperatur registrert for individene merket med akustisk sender med dybde- og/eller temperatursensor (se tabell 2 og 3). Hver lyttestasjon stod i ett av følgende habitater: ferskvann, estuarie, (områder i sjøen med registrert innslag av ferskvann) eller fjord.

Rekkevidden på lydsignalet fra de akustiske senderne varierte med salinitet, havstrømmer og vind. Fjordsystemet i denne undersøkelsen er langt og komplekst, noe som medfører store forskjeller i både tid og sted for disse miljøvariablene. For å få vurdert effektiviteten på linjene med lyttestasjoner ble det gjort to ulike analyser. 1) Fra 2018-datasettet ble det beregnet at ti av ti fisk fra Botnvasdraget registrert på ytterste linje ved Saltstraumen (stasjon 41, 42, 44, 45; figur 1) også hadde blitt registrert på innerste linje ved Saksenvika (stasjon 3-5), hvilket gir en effektivitet på 100% på sistnevnte linje. 2) I 2017 var det utplassert 22 lyttestasjoner med innbygget akustiske merke (Vemco model VR2-AR) som sendte ut en lyd tilsvarende den fra fiskemerkene hvert 10. minutt. Analyse av registreringer av disse signalene på nabolyttestasjoner viste at rekkevidden var lik andre tilsvarende undersøkelser (200-400 m; Eldøy mfl., 2015; Bordeleau mfl., 2018).

Det var lyttestasjoner utplassert fra mai 2016 til oktober 2018, men antallet varierte mellom år (figur 1). Data fra lyttestasjonene ble overført til en bærbar datamaskin ca. hver fjerde måned gjennom hele undersøkelsen. På fem av de seks oppdrettslokalitetene til Edelfarm AS og Wenberg AS ble det montert en lyttestasjon på 5 meters dybde sentralt i anlegget (figur 1). Tillatelse til å plassere lyttestasjoner i fjordsystemet ble innhentet fra Kystverket. Alle lyttestasjonene inngikk i de to internasjonale forskernettverkene Ocean Tracking Network (www.oceantrackingnetwork.org) og European Tracking Network (www.lifewatch.be/etn/).



Lyttestasjon før utsetting i sjøen. Foto: Jan Grimsrud Davidsen

2.5 Registrering av gjenfangst

Hver fisk ble utvendig merket med et Carlinmerke med prosjektleders telefonnummer, slik at eventuelle gjenfangster fra sportsfiskere kunne bli rapportert. Lokale grunneiere informerte i tillegg kjøpere av fiskekort om prosjektet.

2.6 Tilbakeberegning av alder og lengdevekst

Aldersanalyse ble basert på skjell fra de merkede sjøørretveteranene (Nall, 1930; Závorka mfl., 2014). For å minimere effekt av håndtering, ble det ikke tatt skjellprøver av sjøørretsmolt. Tilbakeberegningen av lengde ble foretatt etter Lea-Dahls metode (Dahl, 1910; Lea, 1910), og den årlige lengdeveksten ble deretter beregnet. Lea-Dahls metode forutsetter direkte proporsjonalitet mellom skjellstørrelse og fiskelengde. På grunn av allometri i skjellveksten når fisken er mindre enn ca. 10 cm (Frost & Brown, 1967) vil lengden ved første års alder bli underestimert i større eller mindre grad ved bruk av denne metoden. De tilbakeberegnete lengdene ved høyere alder antas å være lite påvirket av dette, slik at metoden vurderes som tilstrekkelig nøyaktig for formålet. Røye fra oppgangsfella som ble prøvetatt ble aldersbestemt ved lesning av otolitt.

2.7 Dataanalyser av vandringsatferd og områdebruk

Kondisjonsfaktoren hos fisk viser forholdet mellom vekt og lengde. Lengde-vekt forholdet hos fisk beskrives vanligvis med en eksponentiell funksjon (Le Cren, 1951): $W = a \cdot L^b$, der W = vekt (g), L = lengde (cm), a = en konstant og b varierer mellom 2,5 og 4,0 hos forskjellige fiskearter. Hos fiskearter som ikke forandrer kroppsform etter som fisken vokser (isometrisk vekst) er $b = 3$. Dette antas stort sett å være gjeldende for laksefisk (Svenning & Christensen, 1996). Ved å benytte $b = 3$ og $a = k/100$ i Le Crens formel kan vi utlede Fultons formel for k-faktor (Fulton, 1904):

$$K = \frac{\text{vekt (gram)} \times 100}{\text{lengde}^3 \text{ (cm)}}$$

Normalt har en sjøørret som ikke har gytt siste høst en kondisjonsfaktor på 1,0 til 1,1. Imidlertid vil k-faktoren variere avhengig av tid på året og tilgang på mat. Støinger (individer som har gytt høsten før) kan ha k-faktor på under 0,9. Hos ørretbestander med god næringstilgang er det en tendens til at k-faktoren øker med økende fiskestørrelse. Kondisjonsfaktoren kan derfor ikke sammenlignes direkte mellom to bestander med ulik kroppsstørrelse.

På lyttestasjonene ble det gjort til sammen 3 489 046 registreringer. I Botnvassdraget, Misvær elveos, utløpet av Laksåga i Øvervatnet (Sulitjelma) og i Kosmovatnet (figur 1) ble mange sjøørret og sjørøye registrert samtidig i lange perioder. Dette øker risikoen for falske registreringer av fisk på grunn av signalkollisjoner fra senderne. For å minimere denne risikoen ble dataene fra disse stasjonene filtrert slik at en id kode måtte registreres to ganger innen 10 minutter for å bli akseptert som en gyldig registrering av fisk (Pincock, 2012). Etter filtrering av falske signaler og signaler fra referansemerkene i lyttestasjonene av typen VR2W-AR var det 2 104 202 godkjente registreringer av merket ørret og røye.

Ved beregning av oppholdstid rundt oppdrettsanleggene og de tilhørende kontrollstasjoner måtte individuelle fisk oppholde seg minimum 30 minutter innenfor et område for at dette ble godkjent som et opphold. For at et nytt opphold skulle bli godkjent måtte fisken være borte i minimum en time. For å analysere om sjøørreten oppholdt seg i lengre total tid rundt oppdrettsanlegg enn kontrollstasjonen ble det brukt en generell linear modell (GLM) med Gammadistribusjon.

Dato for oppvandring til Saltdalselva, Botnvassdraget, Lakåga (Sulitjelma), Kosmovatnet og Lakselva (Misvær) ble satt ut fra siste gang fisken ble registrert på lyttestasjonene (uten etterpå å bli registrert i fjorden) ved henholdsvis utløpet av Saltdalselva, Botnvassdraget, utløpet av Nedre

vatnet ved Fauske (stasjon 28), utløpet av Straumen ved Valnesfjord og utløpet av Lakselva (figur 1). Alle gruppegjennomsnitt ble beregnet på bakgrunn av individuelle gjennomsnitt for å sikre uavhengighet i dataene. Statistiske analyser ble gjort i R versjon 3.5.1 (R Core Team 2019 <https://www.R-project.org/>).

2.8 Mageinnhold og stabile isotoper

Fra 26 sjørøye og 128 sjørørret som døde i oppgangsfella (hovedsakelig grunnet oter), ble det tatt prøver av mageinnhold, muskel, samt skjell og otolitter. Forekomsten av ulike grupper av næringsdyr i mageinnholdet ble identifisert og deres relative forekomst vurdert ut fra den såkalte volum-% metoden.

Mens mageprøver viser et øyeblikksbilde av hva fisken spiser, gir analyser av stabile isotoper (SIA) en oversikt over den enkelte fisks næringsgrunnlag de siste par månedene. Stabile isotoper er varianter av grunnstoffer som ikke endres over tid og vil derfor kunne spores etter hvert som de omsettes i næringskjeden. I denne undersøkelsen ble forholdet mellom ulike isotoper (signaturen) av karbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) og nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) i prøver fra sjørørret og sjørøye samt deres potensielle byttedyr kartlagt.

Karbonsignaturen sier noe om energikilden (type planter) som er det viktigste grunnlaget for fiskeproduksjonen. Nitrogensignaturen sier noe om fiskens trofiske posisjon, og er følgelig godt egnet til å vurdere om et individ er fiskespiser.

Muskelprøver ble tatt ut bak ryggfinnen på død fisk og frosset ned. Prøvene ble tørket ved 50 °C i to døgn og homogenisert. For bestemmelse av isotopene ble 1 mg prøvemateriale overført til en 5 x 9 mm tinnkapsel.

Prøvene ble analysert ved NTNU Vitenskapsmuseet sitt dateringslaboratorium. Tinnkapselen ble plassert i en «Thermo Scientific FLASH 2000» elementanalysator med kolonner satt opp for «NC med Flash IRMS». Prøvene ble forbrent med O_2 i en bæregass av He ved 1020 °C, og NO_x redusert til N_2 med Cu ved 680 °C. Forbrenningsproduktene ble separert i en gasskolonne, og via et «Thermo Fisher Scientific Confo IV Universal Interface» overført til et «Thermo Electron DELTA V Advantage IRMS» for bestemmelse av isotopforholdene. Forholdet mellom stabile isotoper av karbon og nitrogen rapporteres som promille avvik fra forholdet i referansematerialer, og beregnes som $\delta^{13}\text{C}$ eller $\delta^{15}\text{N}$ (‰) = $[(R_{\text{prøve}} / R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$, der R representerer forholdet mellom tung og lett isotop ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ eller $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Primær referanse for karbon er marint karbonat, Pee Dee Belemitt (Craig 1953), og for nitrogen atmosfærisk luft (Mariotti 1983). For kontroll av nøyaktigheten er det sammen med prøvene målt på et materiale med kjente verdier for $\delta^{15}\text{N}$ og $\delta^{13}\text{C}$: Acetanilide #1, CAS # 103-84-4 fra Indiana University (se <http://pages.iu.edu/~aschimme/files/list%20of%20reference%20materials%20for%20EA-IRMS.pdf>).

Resultatene av SIA analysene ble fremstilt i biplott med $\delta^{13}\text{C}$ -signaturen på x-aksen og $\delta^{15}\text{N}$ signaturen langs y-aksen.

2.9 Oppgangsfelle

I 2017 ble det montert en fiskefelle som fanget oppvandrende fisk ved utløpet av Litjvatnet i Botnvassdraget. Fellefangsten ble tilrettelagt av Øyvind Kanstad-Hansen (Ferskvannsbiolegen AS), mens lokale personer driftet fella. Fella bestod av en ruse med ledegjerder slik at den dekket hele elvebredden. Oppstart var 26.06., men da det var en del hull i ledegjerdet fungerte ikke fella optimalt før 01.08. Fella var stengt i perioden 16.09.-17.09. og ble demontert 19.09. Grunnet tekniske problemer de første tre dager av driften, samt oter som jaget på fisk fanget i fella, ble det funnet 26 døde sjørøye og 128 sjørørret i fella. Disse ble lengdemålt og frosset ned. Ingen av disse fiskene var merket.

2.10 Genetiske analyser

Det ble samlet inn fettfinneprøver til DNA-analyse i 2017 og 2018 fra ungfisk i Botnvassdraget, Lakselva (Misvær), Lakselva (Valnesfjord), Laksåga (Sulitjelma) og Saltdalselva for å undersøke bestandsstrukturen i elvene i Skjerstadvfjorden. Prøvene ble tatt fra individer i aldersgruppene 0+ til 2/3+ for å sikre at fiskene var gytt i elva hvor de ble innsamlet. Det ble i tillegg tatt prøver fra individer fanget i Junkerdalselva og Lønselva, for å undersøke om det var genetiske forskjeller innen Saltdalselva vassdraget.

DNA ble ekstrahert fra finner og skjellprøver med Qiagen Blood and Tissue (QIAGEN) etter produsentens veiledning. DNA-kvaliteten ble bestemt med gelelektroferese og DNA-mengden bestemt med PicoGreen dsDNA concentration assays (ThermoFisher) etter produsentens anvisninger.

For å sikre at det bare ble analysert ørret, og ikke laks og hybrider mellom ørret og laks, ble det etablert en molekylæranalyse basert på Pendas mfl. (1995) og Karlsson mfl. (2013). Den samme analysen inneholdt også en markør til molekylær kjønnsbestemmelse (Yano mfl., 2012). Den ribosomale 5S-markøren (Pendas mfl. 1995), den mitokondrielle *Salmo-Mito-951*-markøren (Karlsson mfl. 2013), og kjønnskromosommarkøren *SdY* (Yano mfl., 2012) ble oppkopierte med polymerase kjedereaksjon (PCR) i 3 µl volumer. Hver reaksjon inneholdt 0,5 µl 0,05-0,25 ng/µl DNA, 1,5 µl polymerase, 0,4 µl av et miks av F/R primere, og 0,6 µl H₂O. Markørene ble oppkopierte med følgende PCR program: 15 min ved 95°C, 27 kjeder med 30 s ved 94°C, 3 min ved 60°C, 1 min ved 72°C, deretter 30 min ved 72°C. DNA kopiene ble analysert på en 3130XL genetic analysator (Applied Biosystems), med LIZ-500 (Applied Biosystems) som intern standard. Genotype plottet for hver enkelt prøve ble visuelt analysert og arten bestemt. Av det totale 558 individer var 479 ørret, 35 laks, og 44 ørret x laks hybrider. Bare individer identifisert som ørret ble inkludert i de videre analyser.

2.10.1 Genetisk struktur i Skjerstadvfjorden

For å undersøke bestandsstruktur mellom elvene og for tilordning av ørret fanget av sportsfiskere i sjøen, ble 294 individer analysert. Hvert individ ble analysert med 5509 enkelt nukleotidpolymorfismer (SNPs), på en kommersiell tilgjengelig SNP chip (CIGENE) ved bruk av Illumina Infinium assay (Illumina). Det ble inkludert 18 replikatprøver i analysen for å kontrollere for kontaminering og feil koblet til håndtering av prøvene. Det var samsvar mellom alle originale og de replikerte prøvene. Av 294 analyserte individer hadde 279 høy nok kvalitet (> 96 % call rate og > 95 % av SNP markørene tilstede) på dataene til å bli inkludert i videre analyser. SNP markører med MAF < 1 % ble også fjernet fra datasettet.

Diversitet (eksempelvis forventet heterozygositet, H_e , innavlskoeffisient, F_{IS} , og avvik fra Hardy-Weinberg likevekt, HWE) samt variasjonsverdier (eksempelvis F_{ST}) ble beregnet i R versjon 3.5.1 (R Core Team 2019 <https://www.R-project.org/>) med pakkene *diveR*sity (Keenan mfl., 2013) og *PGDSpider* v. 2.1.1.5 (Lischer & Excoffier, 2011).

For å identifisere SNP-markører som kunne være påvirket av retningsbestemt og balanserende seleksjon, og for å etablere genetisk nøytral basislinje, brukte vi *BayeScan* 2.1 (Foll & Gaggiotti, 2008). Standardparameterne i *BayeScan* ble anvendt i analysen, med prior odds (PO) på 1000 og en falsk positiv rate (FDR) på $q = 0.05$ (Appendiks 1). Det ble deretter etablert tre datasett for å undersøke SNP-markørenes evne til å bestemme genetisk struktur i datasettet: 1. med alle SNP-markører, 2. med SNP-markører som kunne være påvirket av retningsbestemt seleksjon, og 3. med nøytrale SNP-markører. Vi observerte ikke forskjeller i styrken til å bestemme bestandsstruktur mellom datasettet med alle SNP-markørene (1.) og datasettet med nøytrale SNP-markører (3.). Datasettet som bare inneholdt SNP-markører som sannsynligvis er påvirket av retningsbestemt seleksjon (2.), klarte bare å påvise svak genetisk struktur, noe som formentlig ville påvirke treffsikkerheten på de videre analysene. Vi valgte derfor å basere alle videre analyser på datasettet med nøytrale SNP-markører (1532 SNPs).

Den genetiske strukturen for ørret innsamlet i elvene ble undersøkt med tre ulike metoder, hvor to av metodene er basert på allelfrekvenser (PCA og DAPC, analysert i R pakken adegenet (Jombart, 2008) og den tredje er basert på koblingslikevekter og Hardy-Weinberg likevekter (STRUCTURE, Pritchard mfl., 2000). Analysen av prinsipale komponenter (PCA) ble utført uten annen informasjon enn lokalitetsnavn. Vi brukte priors (lokalisert eller bestandsinformasjon) i DAPC analysen. I DAPC ble antallet av genetiske klynger estimert med *findcluster* modulen i adegenet. Python programmet STRAUTO V1.0 (Chhatre & Emerson, 2017), ble brukt for å utnytte parallellberegninger på en klynge computer (SpyGene) til STRUCTURE 2.3.4 analysen. Vi brukte en modell som antok; admixture (NOADMIX = 0), korrelerte allelfrekvenser (FREQSCORR = 1), og som brukte lokaliteter som prior (LOCPRIOR = 1). Antallet bestander (k) ble estimert i området fra k 1 til 10, med 200.000 burn-ins og 500.000 iterasjoner i fem replikate kjørsler. STRUCTURE resultatene ble analysert (LnP(k) og Evanno (Evanno mfl., 2005) og visualisert med STRUCTURE HARVESTER (Earl, 2012) og CLUMPAK (Kopelman mfl., 2015). For å øke sannsynligheten for presis tilordning til bestand for individene som ble fanget i sjøen, ble det bare inkludert individer med genetisk medlemskoeffisient (q) på mer enn 80% i de endelige referansebestandene. For ytterligere å sikre at individene som ble inkludert i hver referansebestand hadde opphav i bestanden ble det utført selv-tilordnings analyser i både STRUCTURE (kommandoen StrAuto) og med selv-tilordnings modulen rubias (Moran & Anderson, 2018) i R.

2.10.2 Bestandstilørighet til sjøørret fanget av sportsfiskere i Skjerstadjorden

Til bestemmelse av genetisk tilørighet av ørret fanget i sjøen (n = 87), brukte vi tre ulike tilordningsmetoder; STRUCTURE (POPFLAG = 1), rubias (*infermixture*), og GeneClass2 (Rannala & Mountain, 1997) som implementert i R pakken Geneplot (McMillan & Fewster, 2017). Tilordningen i STRUCTURE ble utført "tilordningsmodus" med bestandssidentifikasjon og k = 5. I STRUCTURE ble tilordningen også utført i standardmodus uten andre antagelser enn k = 6 - 8. Begge analyser ble gjentatt fem ganger. I rubias brukte vi *infermixture* funksjonen med 10.000 burnins og 25.000 MCMCs. Geneplot bruker saddlepoint-tilnærming og modellen tillater visualisering av resultatene som 2D scatter-plots. All sjøørret som ble akustisk merket for telemetriprosjektet ble tilordnet hjemmeelv med STRUCTURE i standardmodus uten andre antagelser enn k = 5.

2.10.3 Effektiv bestandsstørrelse og korrelasjon mellom geno- og fenotyper

NeEstimator 2.1 (Do mfl., 2014) ble brukt til beregning av den nåværende effektive bestandsstørrelsen innen hver av referansebestandene. Programmet bruker tre ulike metoder til samtidig bestemmelse av den effektive bestandsstørrelsen i en enkelt prøve. Vi brukte videre en ny bias-korrigert metode som er basert på koblingslikevekt i enkelt prøver som er implementert i NeEstimator 2.1 (2018). Vi grupperte de genetiske klyngene med rapportert lengde (N = 82) eller vekt (N = 72) for ørreten fanget av sportsfiskere for å undersøke om ørret av bestemte størrelser fra bestemte elve(r) i større eller mindre grad fanges i fisket.

3 Resultater

3.1 Smoltalder, vekstrate, og kondisjon

Gjennomsnittlig smoltalder hos sjøørret varierte mellom 3,2 og 3,9 år i de ulike vassdragene (tabell 4). Fisk fanget i Lakselva/Kosmovatnet ved Valnesfjord og Lakselva ved Misvær hadde lavest smoltalder, mens fisk fanget i Saltdalselva og Botnvassdraget hadde høyest smoltalder. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet smoltlengde varierte mellom 14,9 og 18,2 cm. Fisk fanget i Laksåga ved Sulitjelma hadde størst smoltlengde.

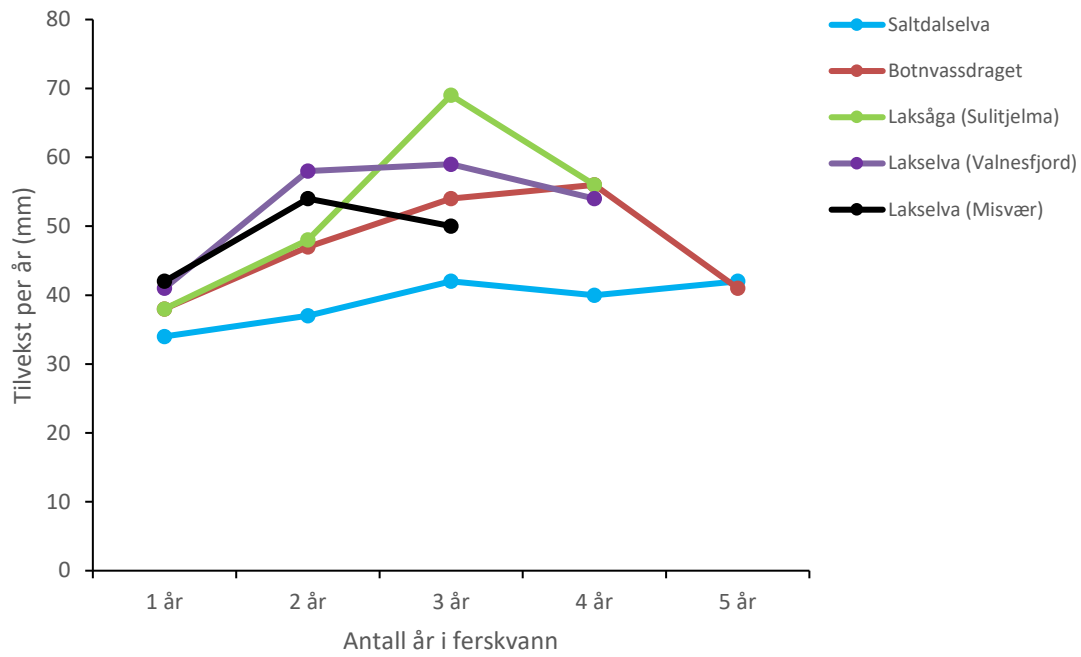
Sjøørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget hadde lavest gjennomsnittlige årlige vekst i ferskvann før smoltifisering (figur 10). Sjøørret fra Lakselva ved Valnesfjord og Lakselva ved Misvær hadde størst tilvekst de første to leveårene, mens sjøørret fra Laksåga ved Sulitjelma hadde størst tilvekst det tredje året. I sjøen var det sjøørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget som hadde størst årlig tilvekst (figur 11).

Sjørøye fanget i oppgangsfella i 2017 hadde en gjennomsnittsalder på 5,4 år (variasjonsbredde 4-8 år). Tilsvarende alder på sjøørret var 4,3 år (variasjonsbredde 3-10 år). Det var ikke mulig å tilbakeberegne vekstrate og smoltalder til sjørøye, da skjellmaterialet fra denne arten ikke er velegnet til formålet.

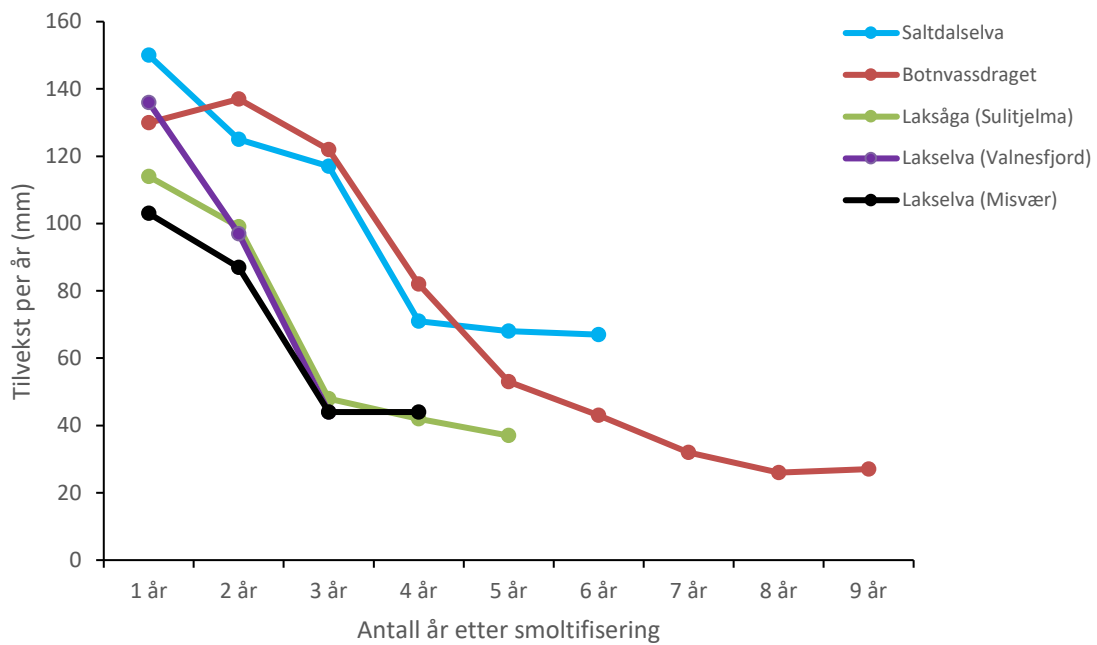
Kondisjonsfaktoren til ørret merket i Lakselva ved Misvær ($K = 0,96$) og Kosmovatnet ved Valnesfjorden (inkludert Straumen og Lakselva; $0,91$) var høyere (figur 12) enn i Laksåga ($0,83$), Saltdalselva ($0,83$) og Botnvassdraget ($0,82$) (ANOVA, d.f. = 4, $P < 0,001$). Med unntak av fire ørret merket i Lakselva i oktober, var all fisk merket i mai-juni før eventuell utvandring til sjøen. Når en ekskluderer de fire ørret merket på høsten i Lakselva var kondisjonsfaktoren her på $0,99$. K-faktor for røye i Botnvassdraget er vist i figur 13.

Tabell 4: Tilbakeberegnet smoltalder og smoltlengde for sjøørret merket med akustiske sendere i fem vassdrag som drenerer til Skjerstadvassdraget.

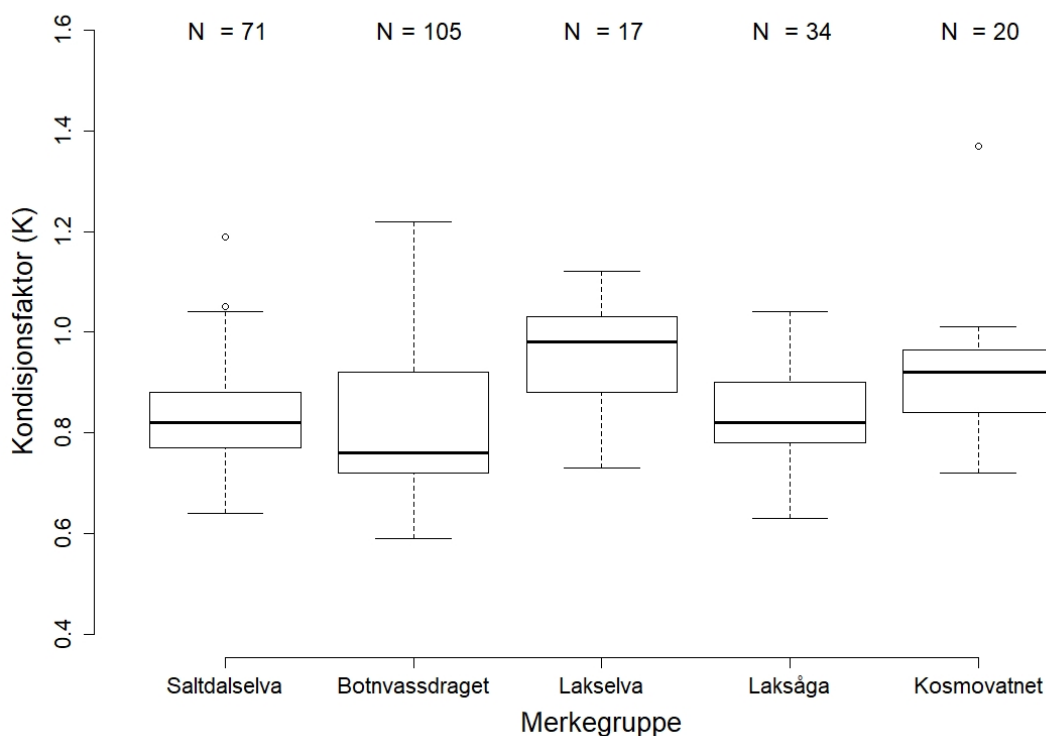
Lokalitet	Smoltalder		Min-Max		N	Smoltlengde		Min-Max	
	(år)	STDV	(år)	(cm)		STDV	(cm)	N	
Saltdalselva	3,9	0,7	2-6	42	14,9	2,9	9,2-22,5	45	
Botnvassdraget	3,7	1,0	3-5	82	17,7	3,5	11,5-26,5	85	
Laksåga (Sulithjelma)	3,5	0,7	3-5	13	18,2	3,8	13-25,6	13	
Lakselva (Misvær)	3,2	0,7	3-5	9	15,8	4,1	13-26,4	9	
Lakselva (Valnesfjord)	3,2	1,0	2-6	19	16,7	3,9	11,4-27,3	19	



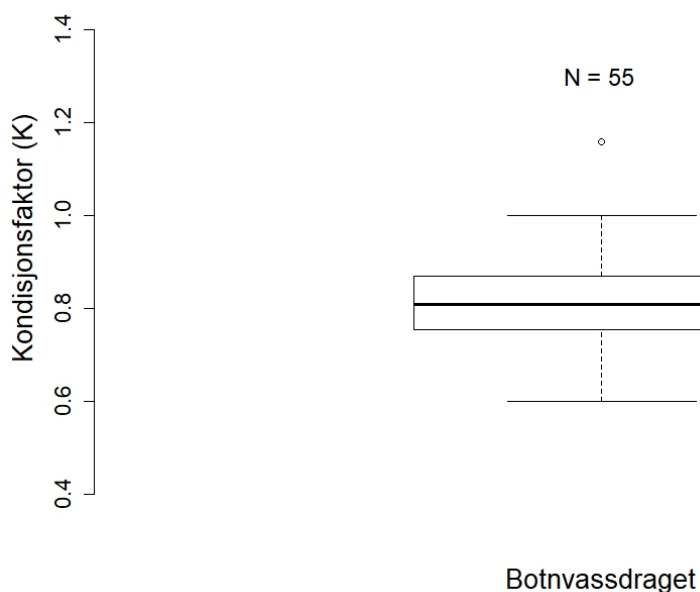
Figur 10: Årlig tilvekst til sjørret før smoltifisering (tilvekst i ferskvann).



Figur 11: Årlig tilvekst til sjørret etter smoltifisering (tilvekst i sjøen).



Figur 12: Fultons kondisjonsfaktor for ørret merket i mai-juni 2016-2018 i vassdrag rundt Skjerstadjorden (i Lakselva var fire ørret merket i oktober). I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel. Lakselva er ved Misvær, Laksåga er ved Sulitjelma mens Kosmovatnet er ved Valnesfjorden.

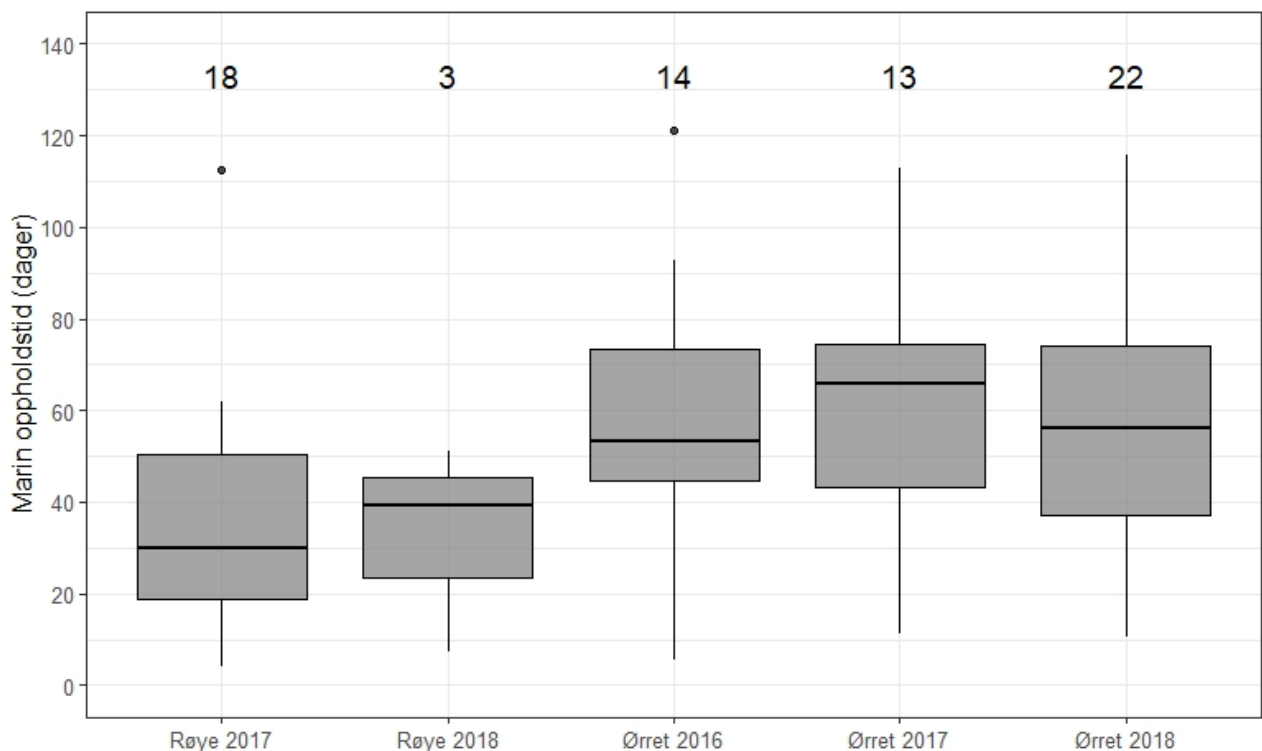


Figur 13: Fultons kondisjonsfaktor for røye merket oktober 2016-2017 i Botnvassdraget. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel.

3.2 Oppholdstid i sjøen og andel merket fisk som returnerte til vassdragene

I alt ble 214 sjørørret (80 %) og 21 sjørøye (38 %) registrert på en eller flere lyttestasjoner i fjorden. Av de 67 ørretene som ikke ble registrert i fjorden oppholdt 14 individer (21 %) seg i Øvrevatnet og/eller Nedrevatnet (Sulitjelma) hvor det var dårlig dekning med lyttestasjoner. Nedrevatnet er et brakkvannsområde med innstrømming av sjøvann, og det antas at dette er et så bra område for sjørørreten at de ikke trenger gå videre ut i fjorden for å beite. De resterende 41 ørret (15 % av de merket ørret) og 29 røye (61 %) forlot aldri ferskvannshabitatet hvor de var merket (tabell 5).

Botnvassdraget og Saltdalselva skilte seg fra de andre vassdragene i undersøkelsen ved ikke å ha utstrakte brakkvannsområder foran elveosen hvor sjørørreten vandret rundt store deler av året. Det var derfor mulig å beregne hvor lenge ørreten var i sjøen under den marine næringsvandringen samt hvor stor andel av merket fisk som kom tilbake til elva. I tillegg ble oppholdstid i sjøen beregnet for de 53 % av sjørørreten fra Laksåga (Sulitjelma) som forlot vassdraget. I Botnvassdraget ble det registrert at 43 % av sjørøya og 35 % av sjørørreten returnerte til elva (tabell 5). I 2016 var sjørørretveteranene i gjennomsnitt 58 dager i sjøen (variasjonsbredde 6-121 dager; standardavvik (S.A.) = 30; figur 14) og i 2017 i gjennomsnitt 63 dager (variasjonsbredde 11-113 dager; S.A. = 32). Sjørørretsmolten merket i 2018 var i gjennomsnitt 55 dager i sjøen (variasjonsbredde 11-116 dager; S.A. = 29). Sjørøya i 2017 var i gjennomsnitt 36 dager i sjøen (variasjonsbredde 4-112 dager; S.A. = 36). Sjørørreten brukte dermed lengre tid i fjorden enn sjørøya (Wilcoxon rank sum test, $W = 227$, $P < 0.01$). Det var en større andel sjørørretveteraner (39 %) enn sjørørretsmolt (26 %) og som returnerte.



Figur 14: Oppholdstid i sjøen for sjørøye og sjørørret fra Botnvassdraget.

I Saltdalselva ble det registrert at 44 % av sjørreten som var merket kom tilbake til elva etter sjøoppholdet, men det var stor forskjell mellom år (23 % i 2016 og 75 % i 2018). I 2016 var gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen 66 dager (variasjonsbredde 34-109 dager), mens det i 2018 var 74 dager (variasjonsbredde 17-127 dager). Fisk som ikke ble registrert tilbake i vassdraget ble enten gjenfanget og avlivet (se tabell 9), vandret til andre vassdrag som ikke inngikk i undersøkelsen, mistet det akustiske merket/hadde feil på dette eller døde under sjøoppholdet.

I Laksåga kom 28 % av sjørreten tilbake til elva etter sjøoppholdet. Oppholdstid i sjøen var i gjennomsnitt 49 dager.

Tabell 5: Oversikt over antall merket sjørret per lokalitet som vandret ut av vassdraget og som ble registrert tilbake etter sjøoppholdet. Sjørret i Botnvassdraget bestod av både smolt (26 % returnerte) og veteraner (39 % retur). For Valnesfjord ble antall fisk som returnerte ikke beregnet da en stor andel oppholdt seg hele perioden i brakkvannsområdene ved Laukåsstraumen og i Kosmovatnet. na angir at det ikke finnes data

Merkelokalitet	Antall fisk registret i sjøen (antall fisk merket totalt)	Antall fisk som returnerte fra sjøen
Saltdalselva (ørret)	63 (71)	28 (44 %)
Botnvassdraget (ørret)	79 (114)	28 (35 %)
Botnvassdraget (røye)	21 (55)	9 (43 %)
Lakselva, Misvær	17 (17)	9 (53 %)
Laksåga, Sulitjelma	18 (34)	7 (39 %)
Lakselva, Valnesfjord	21 (23)	na
Mjønes, Nordvika	10 (10)	Merket i sjøen

3.3 Sesongvariasjon og områdebruk under fjordvandringen

Sjørørret fra alle vassdragene vandret i hovedsak ut i sjøen over en tomåneders periode i mai og juni, og returnerte til elva igjen fra juni til september, med hovedtyngden i august (tabell 6). Sjørøye fra Botnvassdraget vandret ut i løpet av 18 dager i slutten av mai og juni og returnerte fra juni til september, med hovedoppvandring i slutten av juni og starten av juli. Med unntak av en sjørørret fra Saltdalselva som vinteren 2016-2017 overvintret i estuariet innerst i Misværfjorden, ble det ikke registrert noen vandring mellom vassdragene fiskene ble merket i.

Under sjøvandringen benyttet sjørørreten hele Skjerstadvjordssystemet (figur 15), men bruken varierte mellom fisk fra de ulike vassdragene (figur 16-20). Sjørørretveteranene fra Saltdalselva (figur 16) og Botnvassdraget (figur 17) benyttet i stor grad Skjerstadvjorden mellom Fauske og Saltstraumen, mens Saltdalsfjorden mellom Rognan og Fauske kun ble benyttet i mindre grad (typisk et par dager) underveis mellom vassdragene og Skjerstadvjorden. Sjørørretveteraner fra Lakselva (Misvær) ble kun registrert inne i Misværfjorden (figur 18).

Blant sjørørreten fra Laksåga (Sulitjelma) vandret 47 % av individene til Skjerstadvjorden mens de resterende 53 % ble værende i Øvre- og Nedrevatnet. Det var en overvekt av hunnfisk (61 %, N = 11) i gruppen som vandret til sjøen, mens det nesten kun var hannfisk (88 %, N = 14) i gruppen som ble igjen i vassdraget og brakkvannssonen. Videre var sjørørreten som vandret til sjøen lengre (gjennomsnittlig total lengde 423 mm; N = 34, t-test, P < 0.001) enn fisken som ble værende (341 mm). Til gjengjeld hadde fjordvandrerne dårligere kondisjon (0,81; N = 34, t-test, P < 0,01) enn de mer stasjonære individene (0,81). På samme måte som sjørørreten fra Saltdalselva og Botnvassdraget, brukte sjørørreten fra Laksåga som vandret til Skjerstadvjorden området mellom Fauske og Saltstraumen (figur 19), mens Saltdalsfjorden kun hadde sporadiske besøk.

Kun to av de 17 sjørørretene merket i Lakselva ved Valnesfjord, Kosmovatnet og Laukåsstraumen (figur 20) vandret ut i Valnesfjorden og Skjerstadvjorden. De resterende oppholdt seg i brakkvannsområdene Laukåsstraumen og Kosmovatnet gjennom hele sesongen.

Figurene 21-24 viser fordelingen av sjørørret i fjordsystemet i 2017, som var det året med best dekning av lyttestasjoner i fjorden. Det eneste området i sjøen hvor sjørørret ble registrert i vintermånedene januar - mars var i estuariet til Lakselva innerst i Misværfjorden (figur 21). Ellers i fjordsystemet ble sjørørret registrert fra mai og med økende antall utover i juni og juli (figur 22 og 23). I august avtok antall sjørørret i fjorden, og i september/oktober ble kun få sjørørret registrert i fjorden (figur 23). I november og desember ble det ikke registrert sjørørret i fjordsystemet (figur 24).

Det ble registrert 37 sjørørret på den ytterste linjen med lyttestasjoner (stasjonene 41, 42, 44, 45). Fem av disse (2 % av totalt antall sjørørret som ble registrert i sjøen) var vest for linjen (dvs. i Saltstraumen eller vest for Saltstraumen) i minimum 14 dager. Alle fem kom tilbake til Skjerstadvjorden samme sommer. Dette betyr at 98 % den merkede sjørørreten, og 100 % av den merkede sjørøya, ikke gikk ut i eller gjennom Saltstraumen.

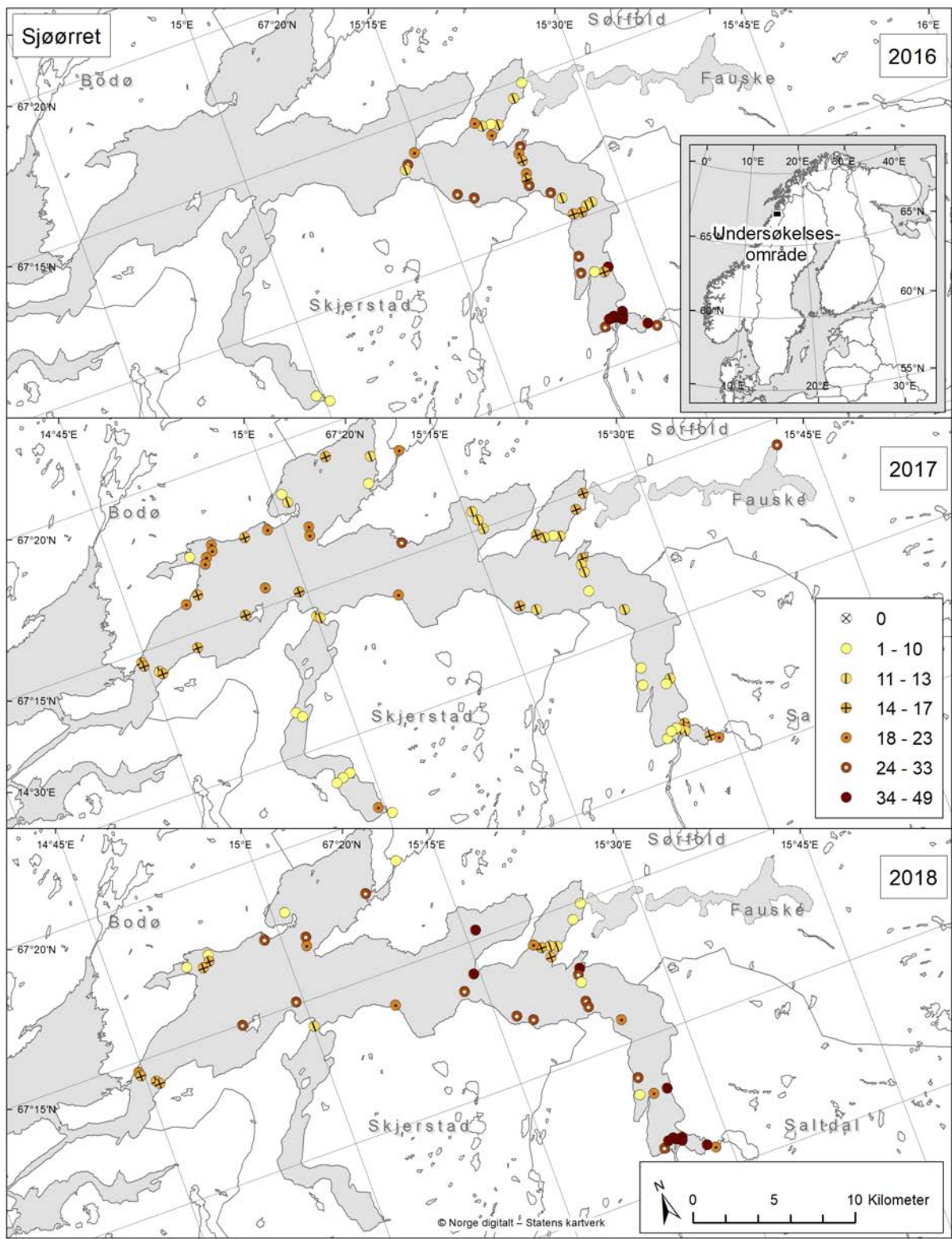
Mesteparten av sjørøya fra Botnvassdraget oppholdt seg i Saltdalsfjorden mellom Rognan og Fauske under hele sommervandringen (figur 25), men det var enkelte som benyttet hele fjordsystemet. De første sjørøyene ble registrert i fjorden i slutten av mai, med flest individer i fjorden i juni. I juli avtok antall sjørøye i fjorden, og i august ble de kun registrert i Saksenvika innerst i Saltdalsfjorden, nær Botnvassdraget (figur 26-29). Det ble ikke registrert sjørøye i fjorden fra september til april.

Tabell 6: Oversikt over perioder for ut- og oppvandring av sjørret og sjørøye i vassdrag rundt Skjerstadfjorden. * angir at det var sjørrettsmolt. na angir at det ikke finnes data.

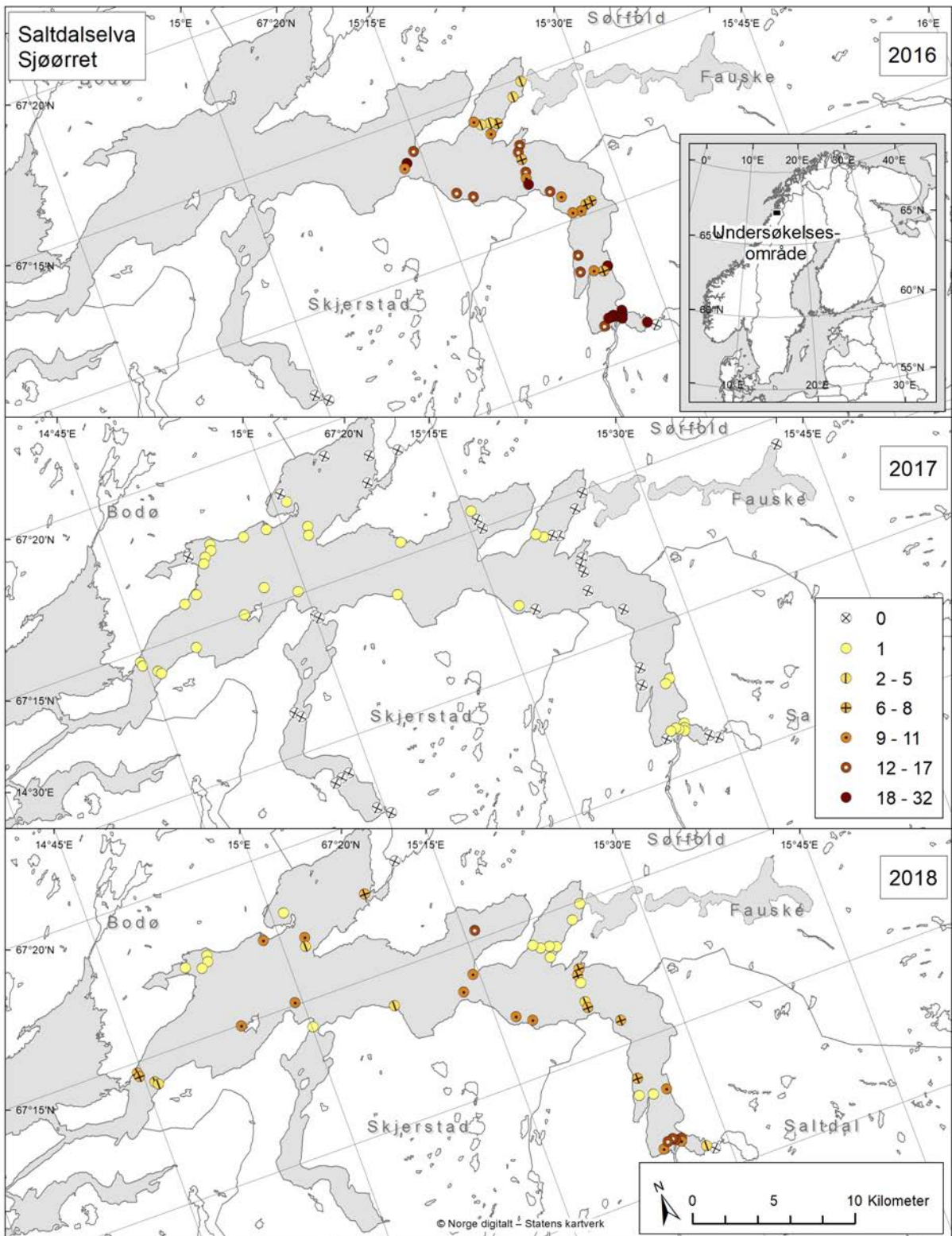
		Saltdalselva	Botnvass- draget, sjørret	Botnvass- draget sjørøye	Lakselva, Misvær	Laksåga, Sulitjelma	Lakselva, Valnesfjord
Utvandring	2016	30.04.-24.06.	22.05.-06.07.	na	na	na	na
	2017	31.05.	20.05.-08.06.	30.05.-16.06.	03.05.-28-07.	04.06.-30.06.	23.05.-09.07.
	2018	06.05.-29.05.	30.05.-12.07. *	08.05.-31.05.	na	na	na
Oppvandring	2016	09.07-24.08.	18.07.-10.09.	na	na	na	na
	2017	na	20.07.-20.09.	12.06.-27.09.	22.07.-29.08.	25.07.-31.08.	25.06.
	2018	27.05.-19.09.	04.07.-08.09.	15.05.-21.07.	na	na	na



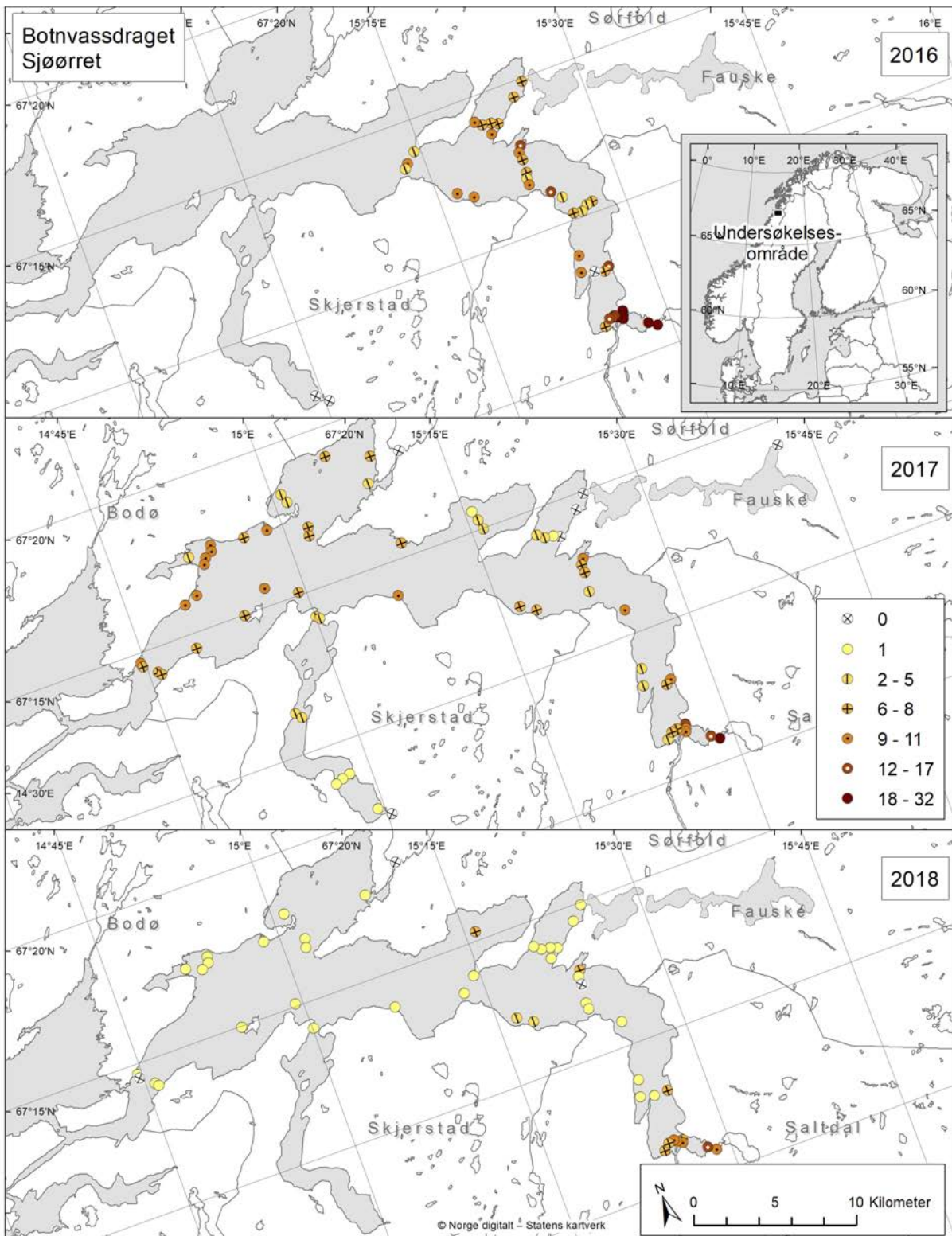
Merking av sjørret ved Kosmovatnet. Foto: Lars Rønning



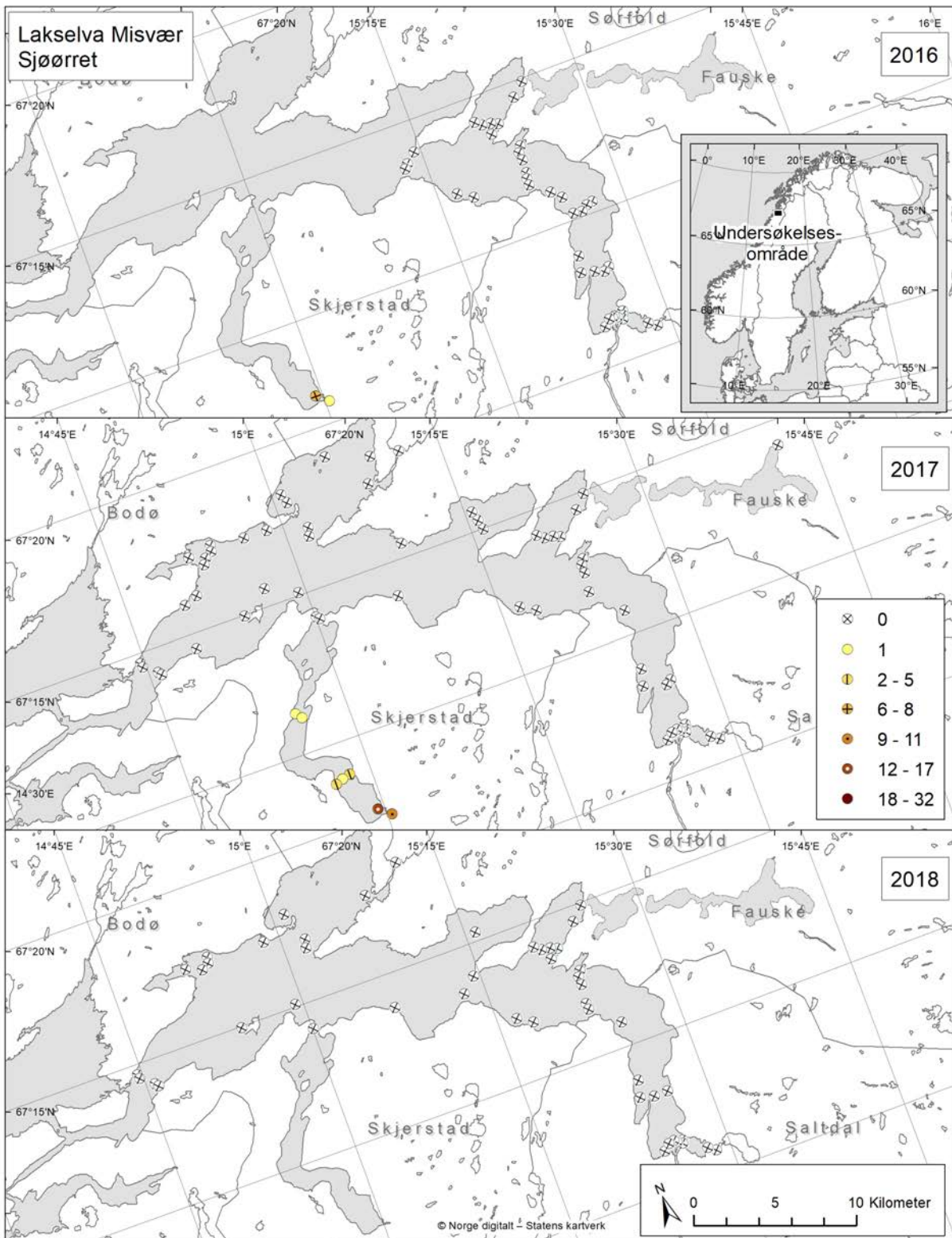
Figur 15: Sjørretens områdebruk i Skjerstadvassdraget. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Sjørreten ble merket i Saltdalselva, Botnvassdraget, Lakselva (Misvær), Laksåga (Sulitjelma) Lakselva (Valnesfjorden) og i selve fjorden ved Mjønes og Nordvika. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



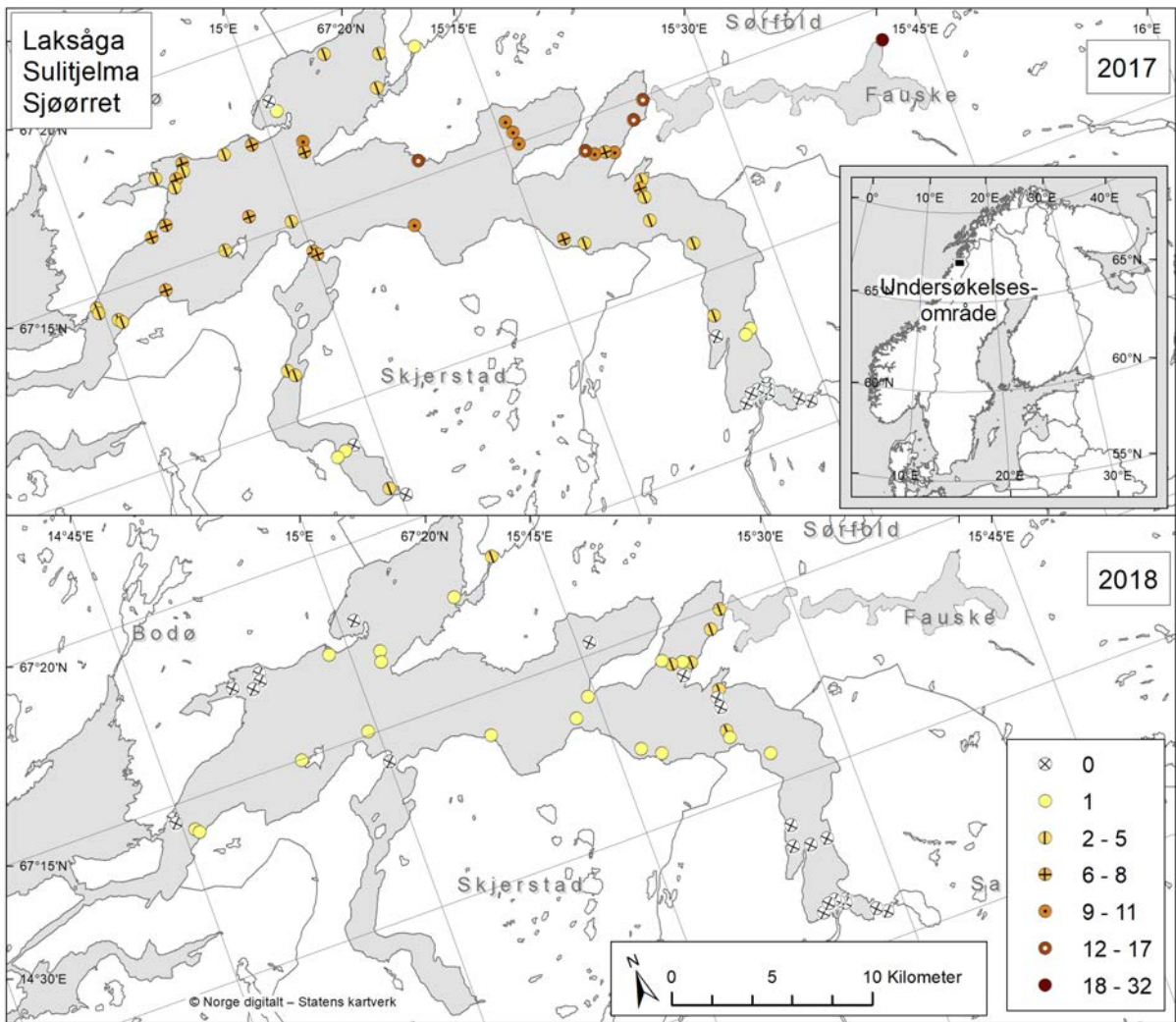
Figur 16: Områdebruk i Skjerstadvassdraget til sjørret merket i Saldalselva. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



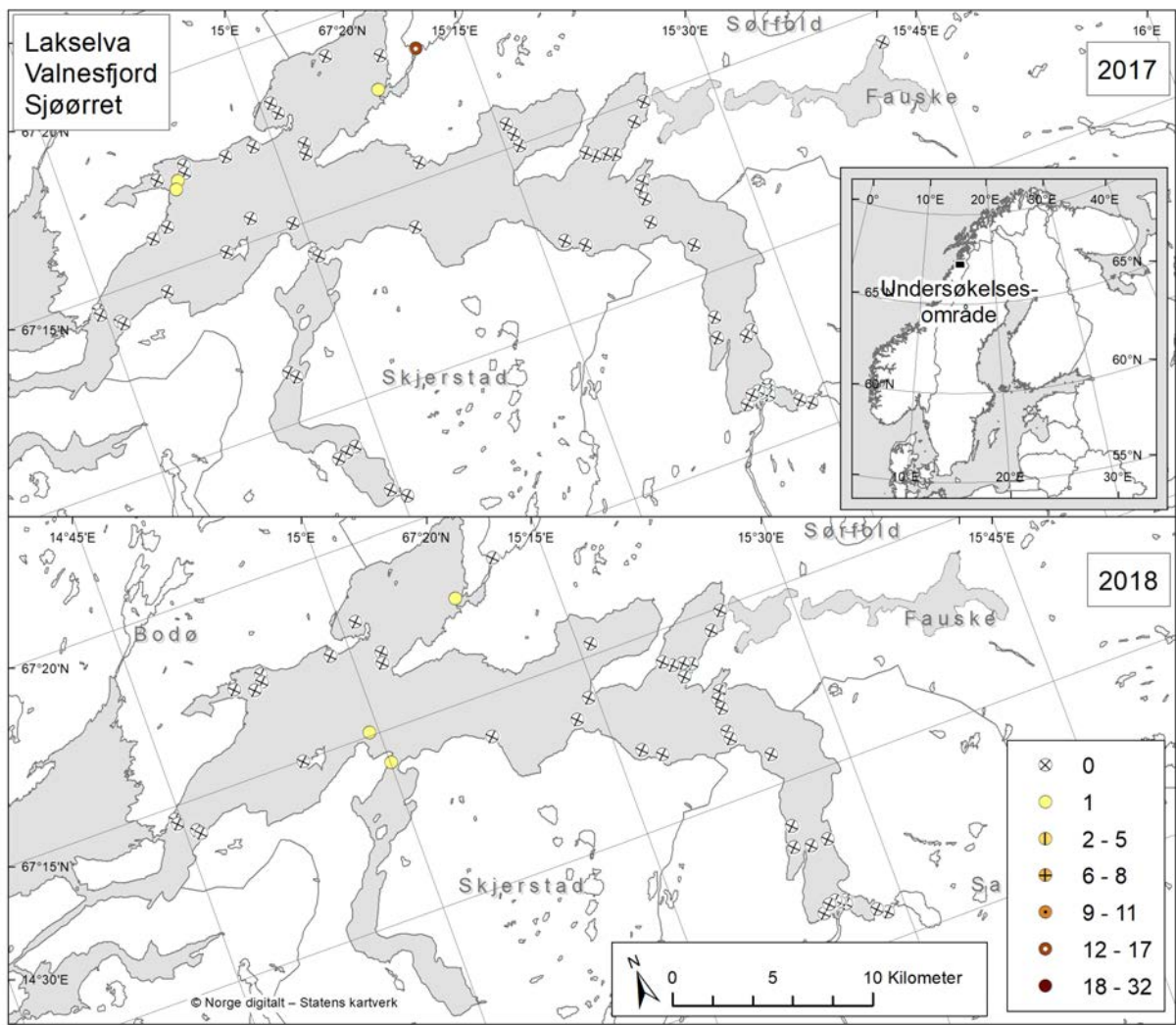
Figur 17: Områdebruk i Skjerstadvassdraget til sjørret merket i Botnvassdraget. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



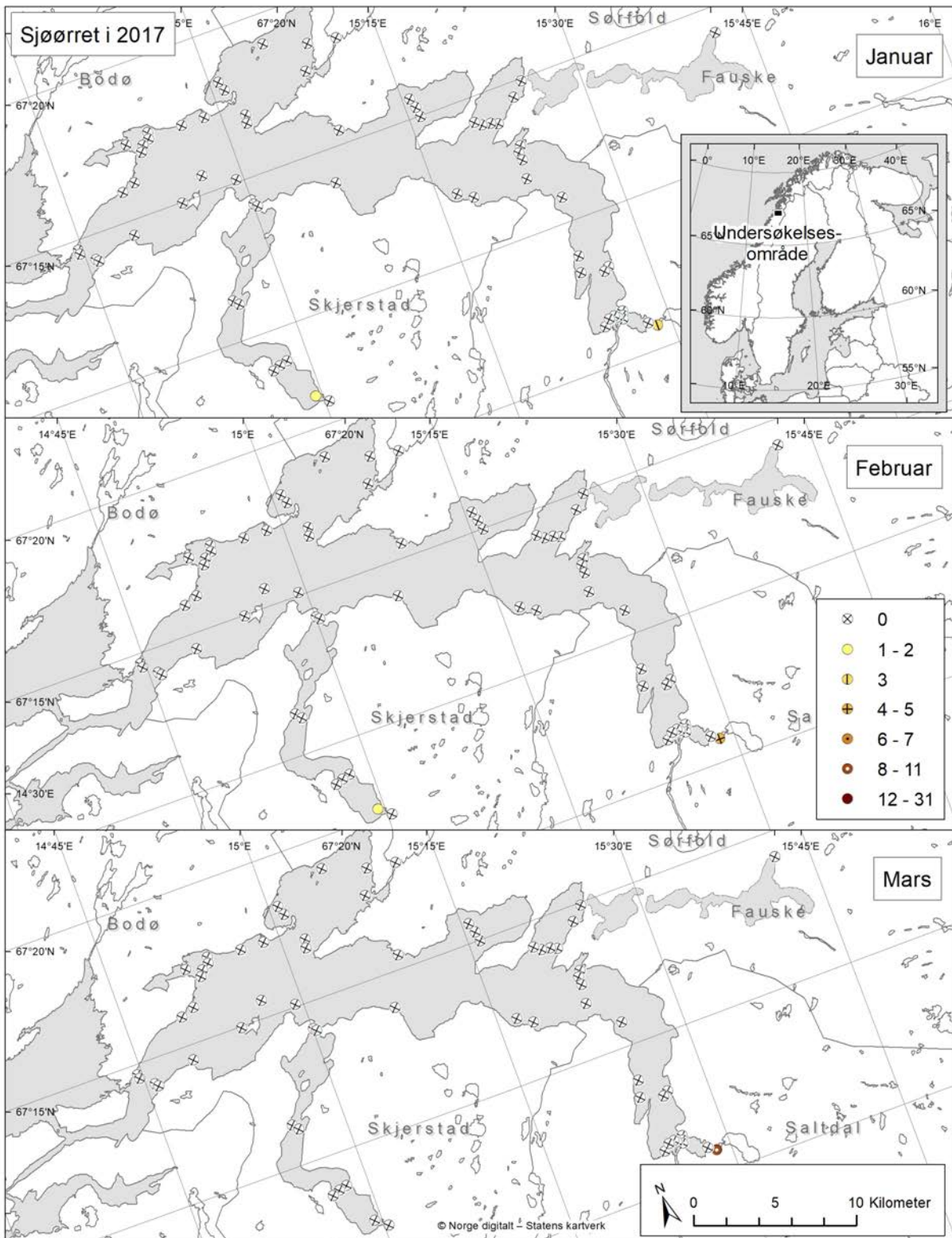
Figur 18: Områdebruk i Skjerstadvassdraget til sjørret merket i Lakselva (Misvær). Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



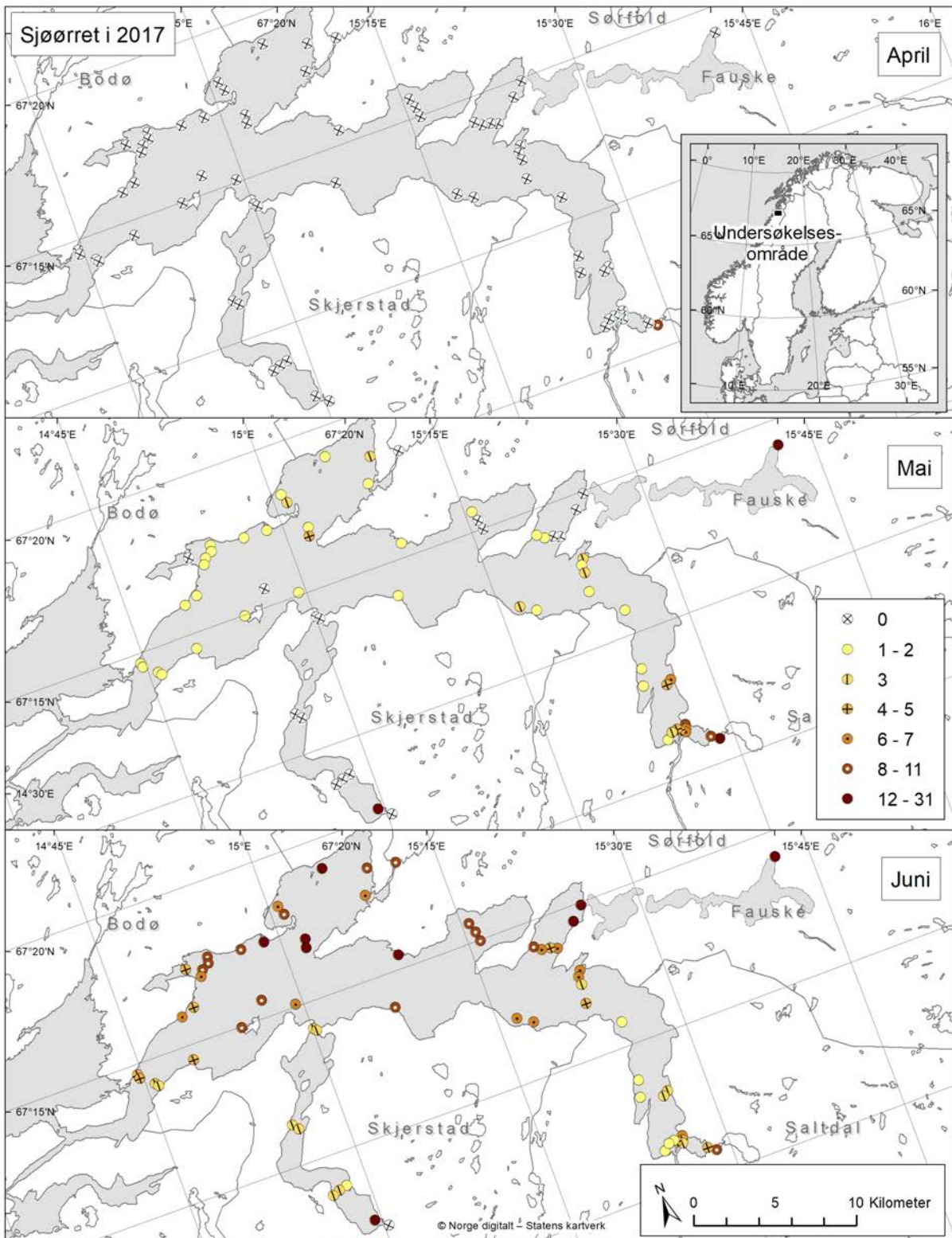
Figur 19: Områdebruk i Skjerstadvjordsystemet til sjørret merket i Laksåga (Sultjelma). Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



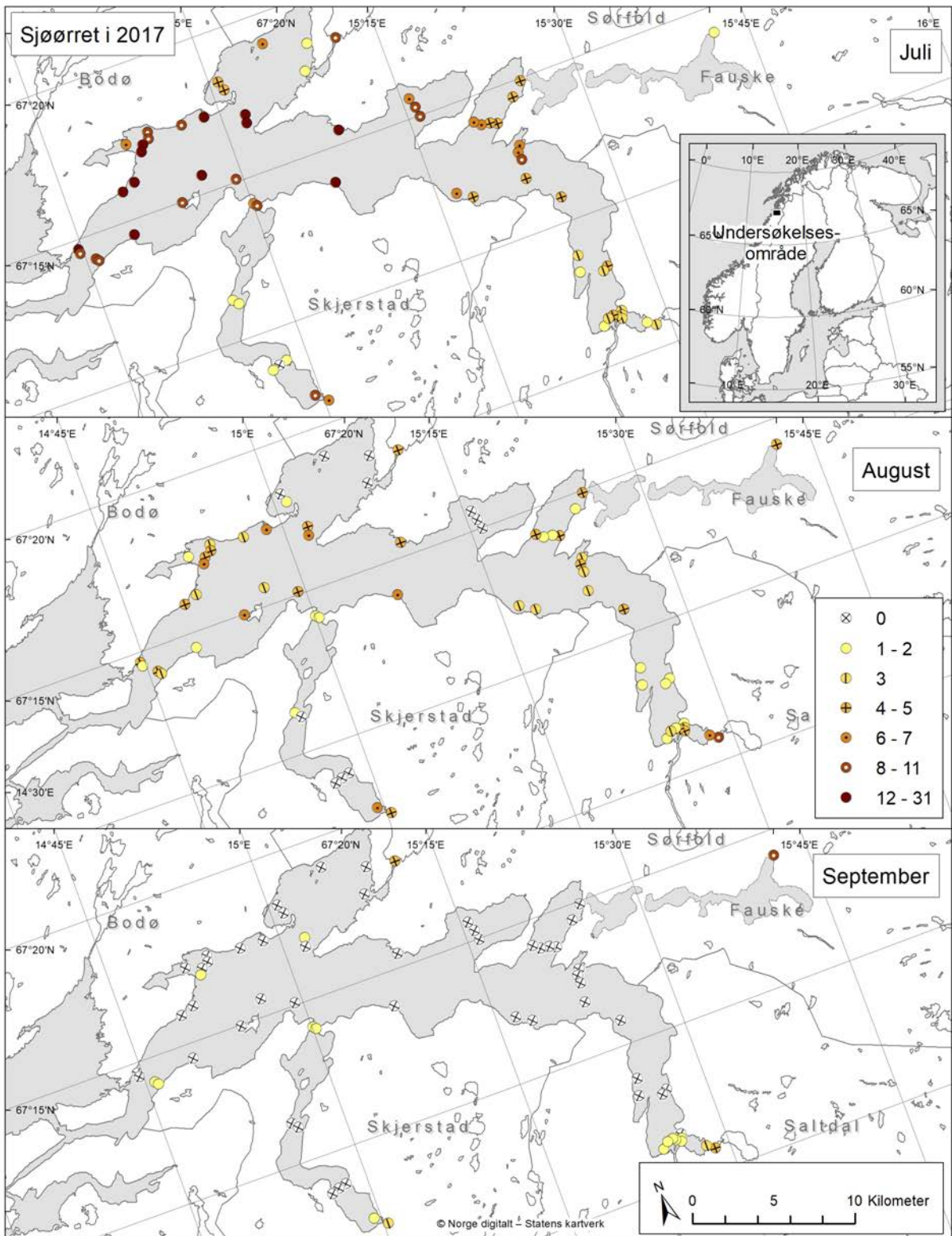
Figur 20: Områdebruk i Skjerstadvjordssystemet til sjørret merket i Lakselva, Kosmovatnet og Straumen ved Valnesfjord. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



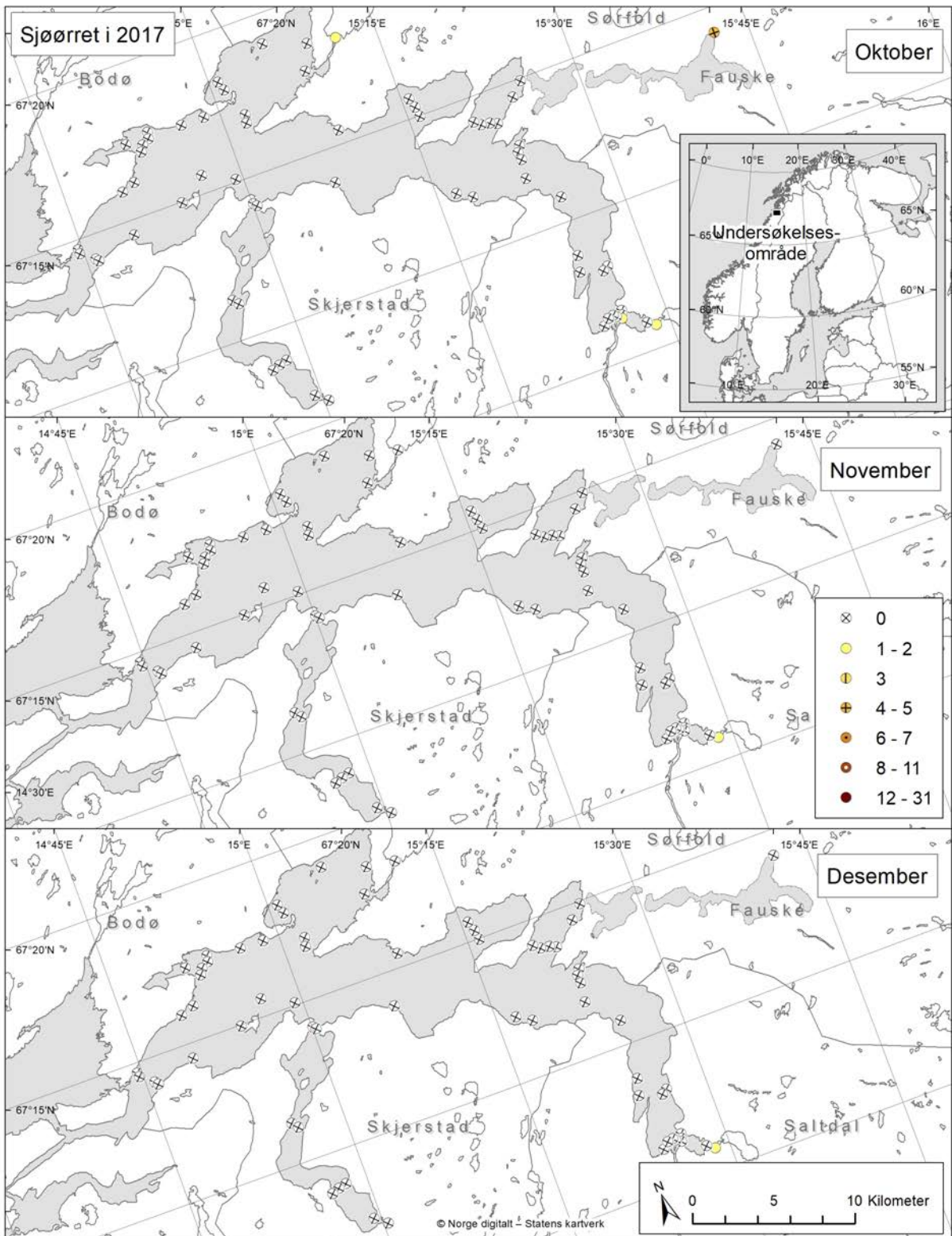
Figur 21: Sjørretens områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden januar til mars 2017. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørretten ble merket i Saltfjorden, Botnvassdraget, Lakselva (Misvær), Laksåga (Sulitjelma) Lakselva (Valnesfjorden) og i selve fjorden ved Mjønes og Nordvika.



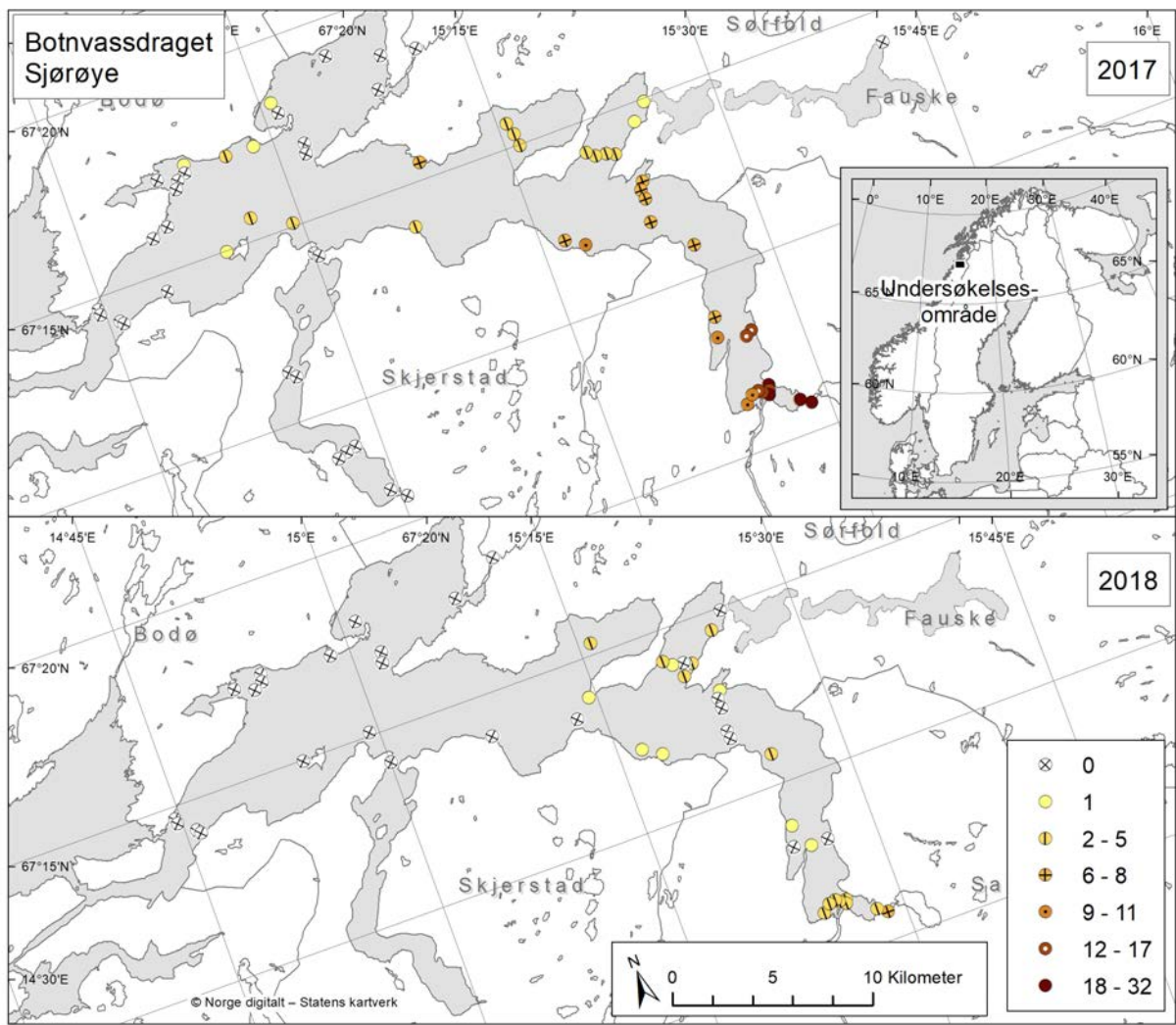
Figur 22: Sjørretens områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden april til juni 2017. Figuren viser hvor mange sjørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørretet ble merket i Saltdalselva, Botnvassdraget, Lakselva (Misvør), Laksåga (Sulitjelma) Lakselva (Valnesfjorden) og i selve fjorden ved Mjønes og Nordvika.



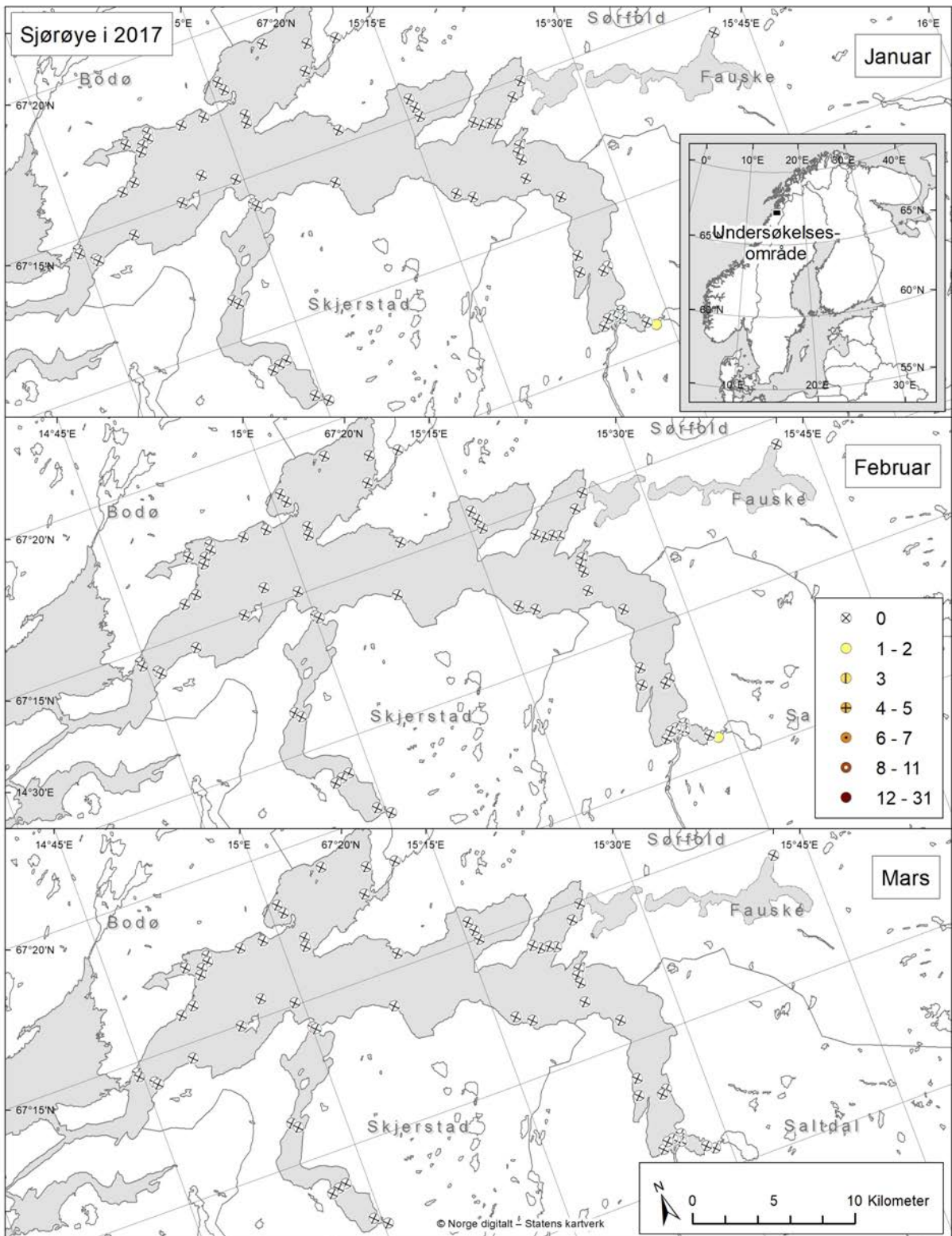
Figur 23: Sjørørretens områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden juli til september 2017. Figuren viser hvor mange sjørørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørørret ble merket i Saltdalselva, Botnvassdraget, Lakselva (Misvær), Laksåga (Sulitjelma) Lakselva (Valnesfjorden) og i selve fjorden ved Mjønes og Nordvika.



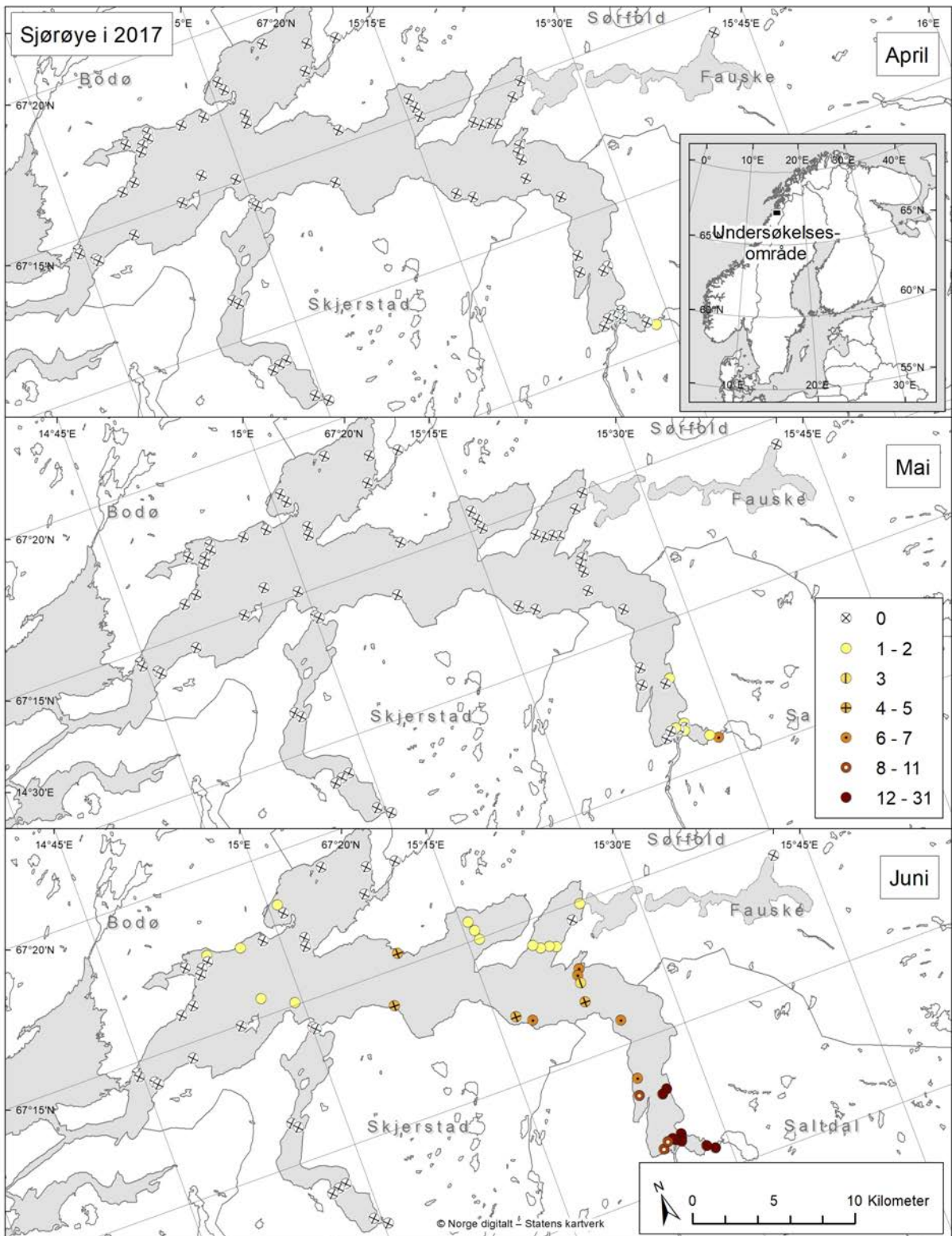
Figur 24: Sjørørretens områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden oktober til desember 2017. Figuren viser hvor mange sjørørret merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørørreten ble merket i Saldalselva, Botnvassdraget, Lakselva (Misvær), Laksåga (Sulitjelma) Lakselva (Valnesfjorden) og i selve fjorden ved Mjønes og Nordvika.



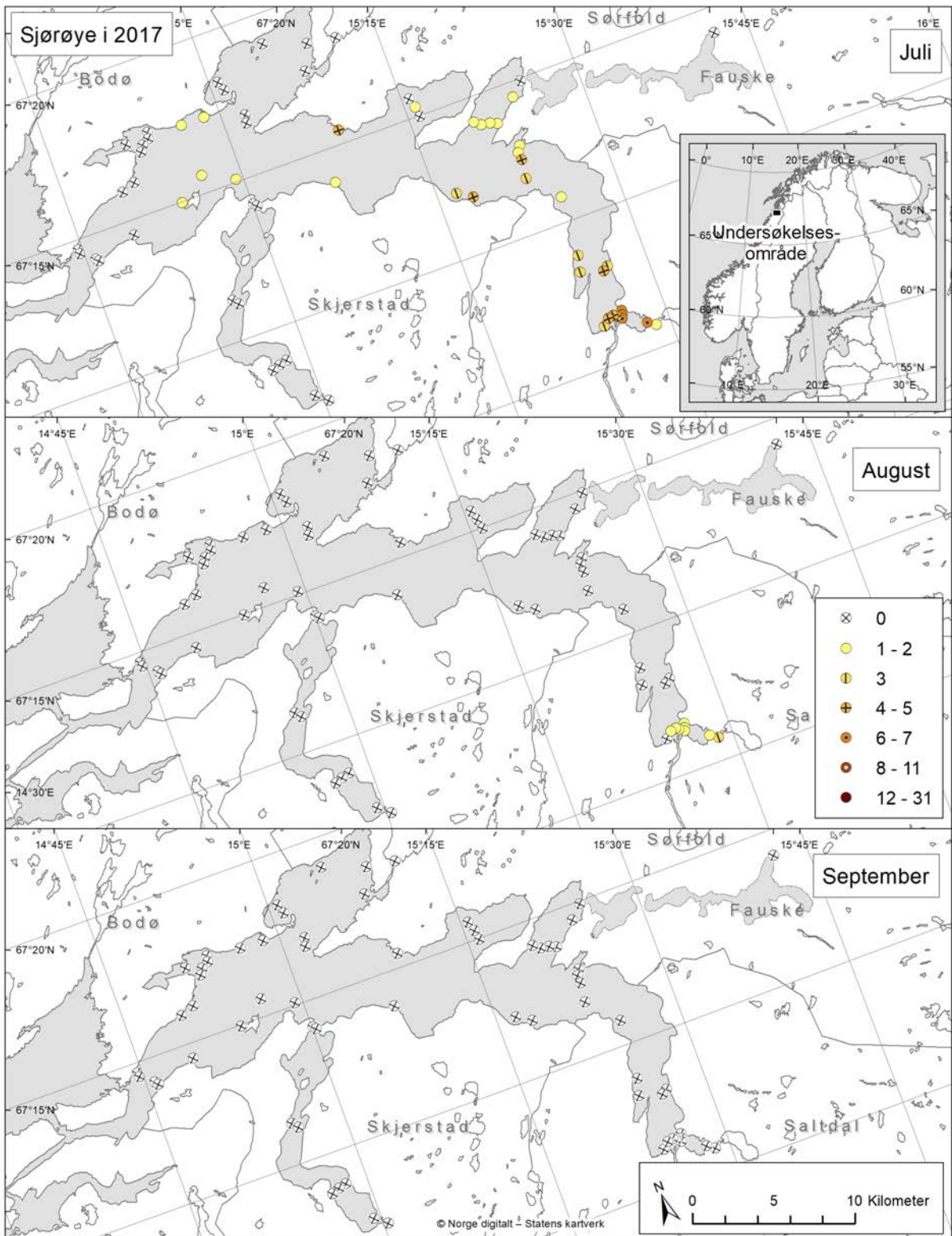
Figur 25: Områdebruk i Skjerstadvassdraget til sjørøye merket i Botnvassdraget. Figuren viser hvor mange sjørøye merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per år. Antall lyttestasjoner og antall merket fisk varierte mellom år.



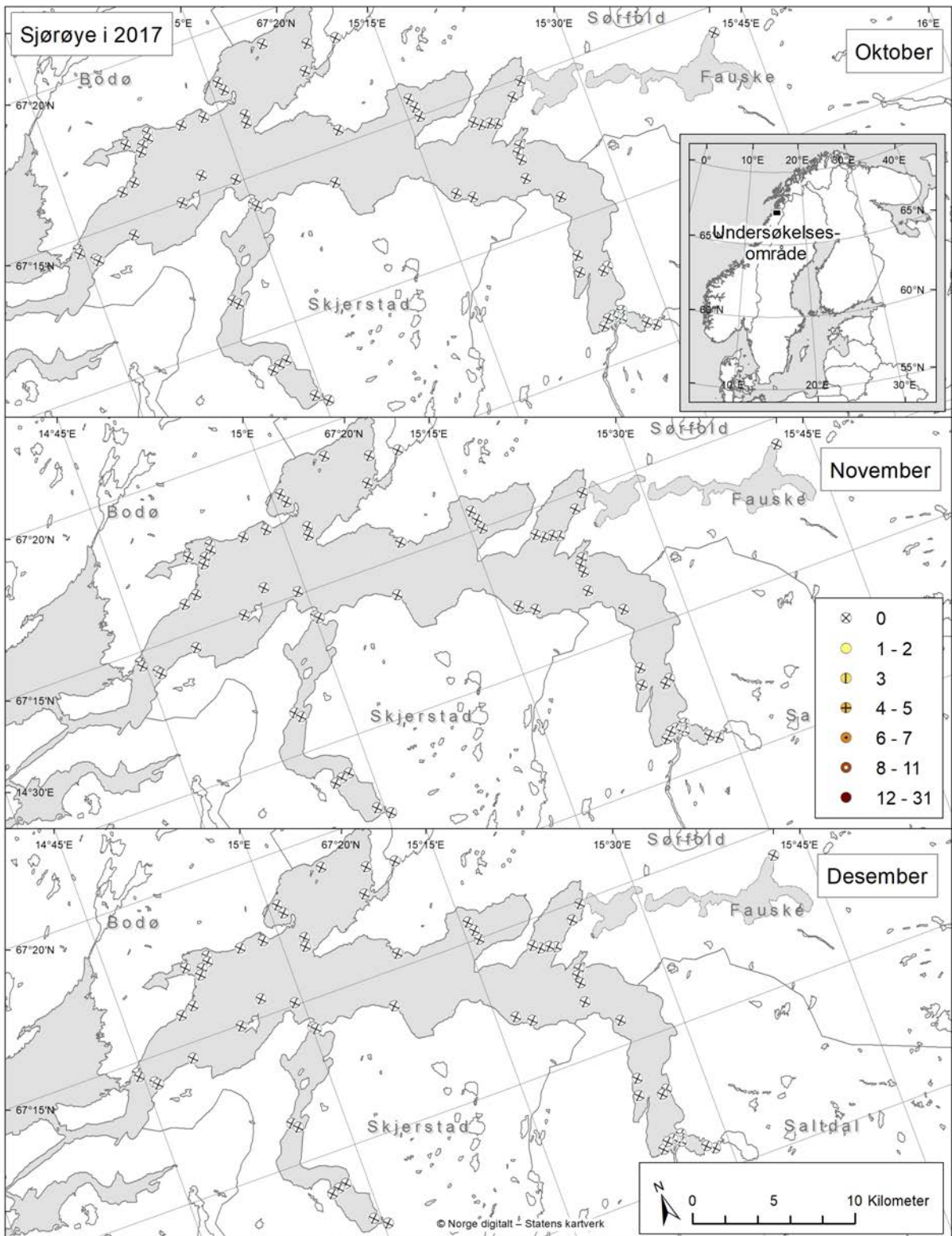
Figur 26: Sjørøyas områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden januar til mars 2017. Figuren viser hvor mange sjørøye merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørøya ble merket i Botnvassdraget.



Figur 27: Sjørøyas områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden april til juni 2017. Figuren viser hvor mange sjørøye merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørøya ble merket i Botnvassdraget.



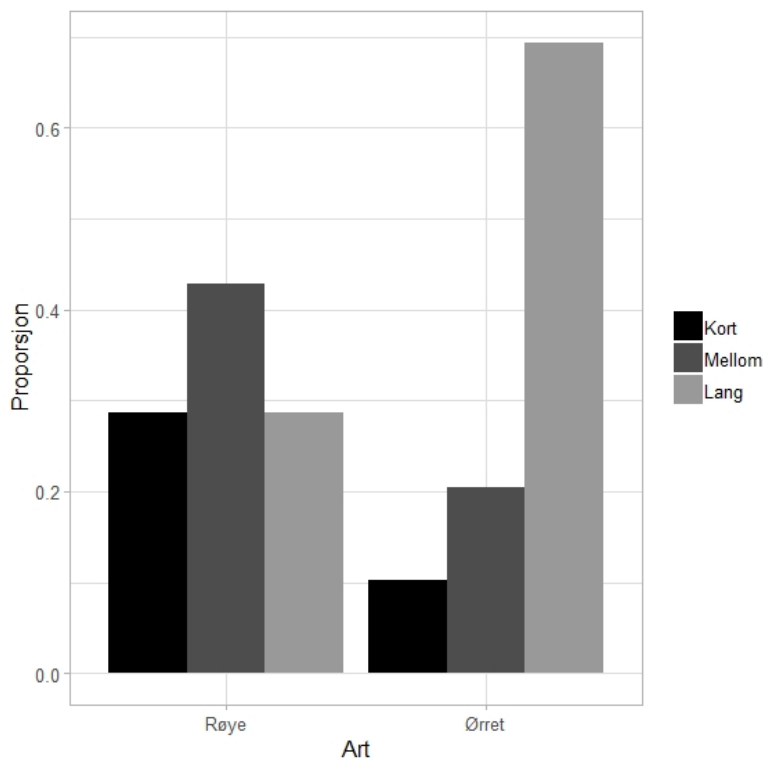
Figur 28: Sjørøyas områdebruk i Skjerstadfjordsystemet i perioden juli til september 2017. Figuren viser hvor mange sjørøye merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørøya ble merket i Botnassdraget.



Figur 29: Sjørøyas områdebruk i Skjerstadvassdraget i perioden oktober til desember 2017. Figuren viser hvor mange sjørøye merket med akustisk sender som ble registrert per stasjon per måned. Sjørøya ble merket i Botnvassdraget.

Hvor langt de vandret fra vassdraget de kom fra varierte mellom sjørret og sjørøye fra Botnvassdraget (χ^2 contingency test, $\chi^2 = 9,4$; $df = 2$; $P < 0.01$). Hos sjørreten var det 65 % (figur 30) langtvandrende individer som vandret forbi Fauske (stasjonene 37-40, figur 1), mens det hos sjørøye var kun 29 %. Hvis fisken ble registrert på yttersiden av lyttestasjonene innerst i Saltdalsfjorden (stasjonene 3-9) men ikke på stasjonene 37-40, ble de definert som mellomvandrende. Dette gjaldt for 19 % av sjørreten og 43 % av sjørøya. De resterende 15 % av sjørreten og 29 % av sjørøya ble ikke registrert utenfor Saksenvika innerst i fjorden ved utløpet av Botnvassdraget, og de ble derfor definert som kortvandrende.

Langtvandrende sjørretveteraner brukte i gjennomsnitt 2,9 dager (S.A. = 2,9 dager) fra elvemunningen til de passerte lyttestasjonene ved Fauske (stasjonene 37-40), noe som er en strekning på 15 kilometer korteste vei i sjøen, mens sjørretsmolten brukte 18,5 dager (S.A. = 8,3 dager). Langtvandrende sjørøyeveteraner brukte i gjennomsnitt 13,3 dager (S.A. = 8,7 dager) på samme strekningen.



Figur 30: Andel av henholdsvis kort-, mellom- og langtvandrende sjørøye og sjørret fra Botnvassdraget som vandret ut i Skjerstadvjorden.

3.4 Antall og varighet på opphold ved oppdrettsanlegg

Det var færre sjørret og en gjennomsnittlig kortere, men ikke statistisk signifikant, oppholdstid ved oppdrettsanleggene i Skjerstadvjorden enn ved de tilhørende kontrollstasjonene (tabell 7).

Elleve sjørøye oppholdt seg ved Øksengård kontrollstasjon (gjennomsnittlig oppholdstid 74 minutter, tabell 8), mens ingen sjørøye ble registrert ved oppdrettsanlegget. Fire sjørøye ble registrert ved Daumannvik oppdrettsanlegg (gjennomsnittlig oppholdstid 41 minutter), mens ingen sjørøye ble registrert ved kontrollstasjonen. Ingen sjørøye ble registrert ved Leivsethamran oppdrettsanlegg, mens fire sjørøye (gjennomsnittlig oppholdstid 52 minutter) ble registrert ved kontrollstasjonen. Tolv sjørøye oppholdte seg ved Storvika oppdrettsanlegg (gjennomsnittlig oppholdstid 123 minutter) og 9 sjørøye ble registrert ved kontrollstasjonen (gjennomsnittlig oppholdstid 242 minutter). Datamaterialet på sjørøye var for lite for statistiske analyser av forskjeller i oppholdstid mellom oppdrettsanlegg og kontrollstasjoner.

Tabell 7: Antall sjøørret registrert ved oppdrettsanlegg i Skjerstadjorden samt gjennomsnittlig varighet av hvert besøk. P-verdi angir om det var signifikant forskjell i lengden av oppholdstid for sjøørret ved henholdsvis anlegget og tilhørende kontrollstasjon. Eventuelle forskjell ble testet med en generell linear modell (GLM) med Gammadistribusjon.

Oppdrettsanlegg/ kontrollstasjon	Antall registrerte fisk (N)	Gjennomsnittlig oppholdstid i minutter (S.D.)	Variasjonsbredde	P-verdi
Øksengård (st.13)	4	84 (24)	53-124	> 0,05
Øksengård kontroll (st.14)	34	86 (61)	31-212	
Daumannvik (st.20)	32	100 (82)	30-698	> 0,05
Daumannvik kontroll (st.21)	43	100 (106)	30-433	
Leivsethamran (st.34)	21	82 (28)	31-166	> 0,05
Leisethamran kontroll (st.30)	51	87 (76)	30-351	
Storvika (st.36)	206	107 (90)	30-1238	> 0,05
Storvika kontroll (st.35)	151	100 (51)	30-687	

Tabell 8: Antall sjørøye registrert ved oppdrettsanlegg i Skjerstadjorden samt gjennomsnittlig oppholdstid. NA angir at det ikke er noen verdi.

Oppdrettsanlegg/ kontrollstasjon	Antall registrerte fisk (N)	Gjennomsnittlig oppholdstid i minutter (S.D.)	Variasjonsbredde
Øksengård (st.13)	NA	NA	NA
Øksengård kontroll (st.14)	11	74 (25)	34-157
Daumannvik (st.20)	4	41 (19)	40-72
Daumannvik kontroll (st.21)	NA	NA	NA
Leivsethamran (st.34)	NA	NA	NA
Leisethamran kontroll (st.30)	4	52 (10)	34-63
Storvika (st.36)	12	123 (59)	40-315
Storvika kontroll (st.35)	9	242 (210)	49-483

3.5 Rapporterte gjenfangster

Av 269 ørret merket med akustiske sendere hadde 189 fisk i tillegg et ytre Carlinmerke med prosjektlederens telefonnummer, slik at eventuelle gjenfangster fra sportsfiskere kunne rapporteres. For røye gjaldt dette for samtlige av de 55 merkede fiskene.

I løpet av årene 2016-2019 ble det fra sportsfiskere rapportert gjenfangst av 19 ørret (10 %), hvorav én ble gjenutsatt. Én ørret (6 %) ble fanget i et sildegarn, én ørret (6 %) ble tatt med ukjent metode, mens resterende fisk (89 %) ble tatt på fiskestang. Ti ørret (53 %) ble rapportert fanget i fjorden.

I samme periode ble det rapportert om gjenfangst av fire røye (7,2 %), En av disse ble gjenutsatt. Én røye (25 %) ble fanget ved isfiske i Botnvassdraget, mens de resterende (75 %) ble tatt på stang. Én røye (25 %) ble fanget i fjorden.

Ingen fisk ble gjenfanget i andre vassdrag enn der de opprinnelig ble merket. To sjøørret som ble merket ved Mjønes sommeren 2017 ble mai måned året etter registrert ved manuell lyttestasjon (VR100) i Saltdalselva. I tillegg til rapporterte gjenfangster fra fiskere gjenfangede prosjektteamet fire røye og ni ørret (tabell 9).



Fiskene var merket med ytre merking (Carlinmerke) med telefonnummer for rapportering av gjenfangst. Foto: Jan Grimsrud Davidsen

Tabell 9: Oversikt over gjenfangster av sjøørret og sjørøye merket i 2016-2018 fra Skjerstadvfjorden og omkringliggende vassdrag. * angir gjenfangst i ferskvann. Lengde er naturlig lengde ved merking. VR100 angir at fisken ble registrert ved manuell lyttestasjon i elva (disse ble altså ikke gjenfanget av fiskere). Sjørøye er fremhevet med fet skrift for enklere oversikt.

Nr	Art	Merkested	Lengde (mm)	Gjenfangststed	Gjenfangstdato	Fangstredskap	Gjenutsatt
1	Sjøørret	Saltdalselva	410	Straumen (Valnesfjord)	06.06.2016	Stang	Ja
2	Sjøørret	Saltdalselva	430	Kistrand	16.06.2016	Stang	Nei
3	Sjøørret	Botnvassdraget	430	Nordvika	23.07.2016	Stang	Nei
4*	Sjøørret	Saltdalselva	420	Saltdalselva Melby/Næsby sone	20.08.2016	Stang	Nei
5*	Sjøørret	Saltdalselva	400	Saltdalselva	01.09.2016	Stang	Nei
6*	Sjørøye	Botnvassdraget	380	Knallerdalselva	19.10.2016	Håv	Ja
7	Sjøørret	Mjønes	425	Kistrand	08.06.2017	Stang	Nei
8*	Sjørøye	Botnvassdraget	310	Botnvatnet	20.06.2017	Stang	Ja
9*	Sjøørret	Botnvassdraget	45	Bottenvatnet	01.07.2017	Stang	Nei
10	Sjøørret	Botnvassdraget	650	Mjønes	04.07.2017	Stang	Nei
11*	Sjøørret	Kosmovatnet	450	Bjørnbakkfossen (Kosmovatnet)	23.07.2017	Stang	Nei
12	Sjøørret	Sulitjelma Laksåga	380	Øynesodden ved Fauske	24.07.2017	Stang	Nei
13*	Sjøørret	Sulitjelma Laksåga	420	Ivrvatnet i Vatnbygda	18.08.2017	Stang	Nei
14*	Sjørøye	Botnvassdraget	330	Knallerdalselva	18.10.2017	Håv	Ja
15*	Sjørøye	Botnvassdraget	350	Knallerdalselva	19.10.2017	Håv	Ja
16	Sjøørret	Straumen	400	Straumen (Valnesfjord)	08.02.2018	VR100	na
17	Sjøørret	Straumen	460	Straumen (Valnesfjord)	08.02.2018	VR100	na
18	Sjøørret	Straumen	290	Straumen (Valnesfjord)	08.02.2018	VR100	na
19*	Sjørøye	Botnvassdraget	340	Botnvatnet	Påske 2018	Isfiske	Nei
20*	Sjøørret	Mjønes	470	Saltdalselva	09.05.2018	VR100	na
21*	Sjøørret	Mjønes	510	Saltdalselva	09.05.2018	VR100	na
22	Sjøørret	Straumen	300	Straumen (Valnesfjord)	09.05.2018	VR100	na
23	Sjøørret	Straumen	275	Straumen (Valnesfjord)	09.05.2018	VR100	na
24*	Sjørøye	Botnvassdraget	300	Botnvatnet	28.05.2018	Storruse	Ja
25	Sjørøye	Botnvassdraget	410	Saltdalsfjorden ved Minnebukta	19.06.2018	Stang	Nei
26*	Sjørøye	Botnvassdraget	345	Botnvatnet	01.07.2018	Stang	Nei

Nr	Art	Merkested	Lengde (mm)	Gjenfangststed	Gjenfangstdato	Fangstredskap	Gjenutsatt
27*	Sjøørret	Lakselva Misvær	470	Lakselva (Misvær)	04.07.2018	Stang	Nei
28	Sjøørret	Saltdalselva	610	Misværfjorden, indre del	05.07.2018	Stang	Nei
29	Sjøørret	Botnvassdraget	450	Saksenvika	21.07.2018	Stang	Nei
30*	Sjøørret	Saltdalselva	610	Saltdalselva	15.08.2018	Stang	Nei
31	Sjøørret	Saltdalselva	475	Kvikstad	17.08.2018	Sildegarn	Nei
32*	Sjøørret	Botnvassdraget	35	Knallerdalsleva	03.10.2018	VR100	na
33*	Sjøørret	Botnvassdraget	34	Knallerdalsleva	03.10.2018	VR100	na
34?	Sjøørret	Botnvassdraget	209	Ukjent lokalitet	Høsten 2018	Ukjent	Nei
35	Sjøørret	Saltdalselva	700	Oldeeid, Misværfjorden	01.06.2019	Stang	Nei
36*	Sjøørret	Saltdalselva	570	Saltdalselva	08.08.2019	Stang	Nei

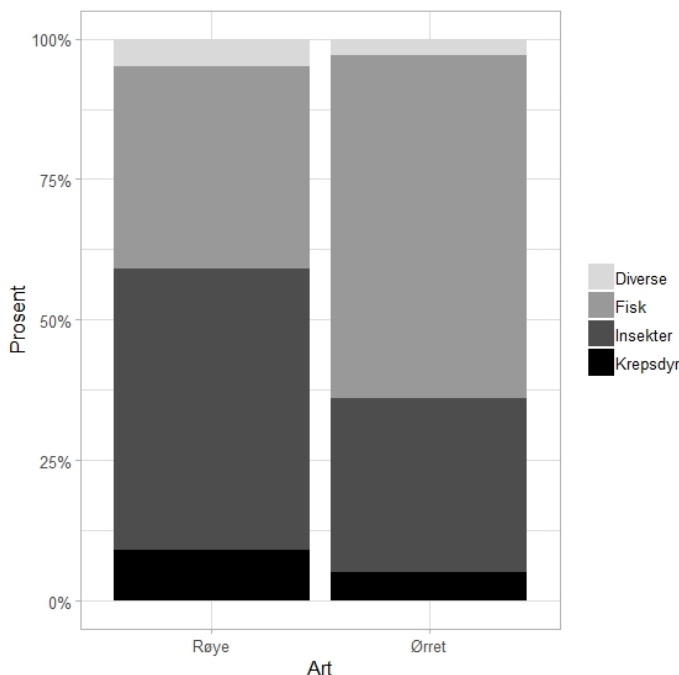
3.6 Diett til sjørøye og sjørret fra Botnvassdraget

Av de 154 fiskene som døde i oppgangsfella i 2017 ble det tatt muskelprøver fra 110 sjørret (gjennomsnittlig lengde 336 mm; variasjonsbredde 185-720) og 26 sjørøye (gjennomsnittlig lengde 276 mm; variasjonsbredde 204-390) som ble analysert for signaturen av karbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, angitt som $\delta^{13}\text{C}$) og nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, angitt som $\delta^{15}\text{N}$). Signaturen av stabile isotoper i fiskekjøttet kan brukes til å vurdere hvilke byttedyr fisken har spist under sjøoppholdet. Sjørretten var signifikant lengre enn sjørøya (Wilcoxon rank sum test, $W = 1021$; $P < 0.01$). For detaljer vedrørende vekt og alder, se Halvorsen (2019).

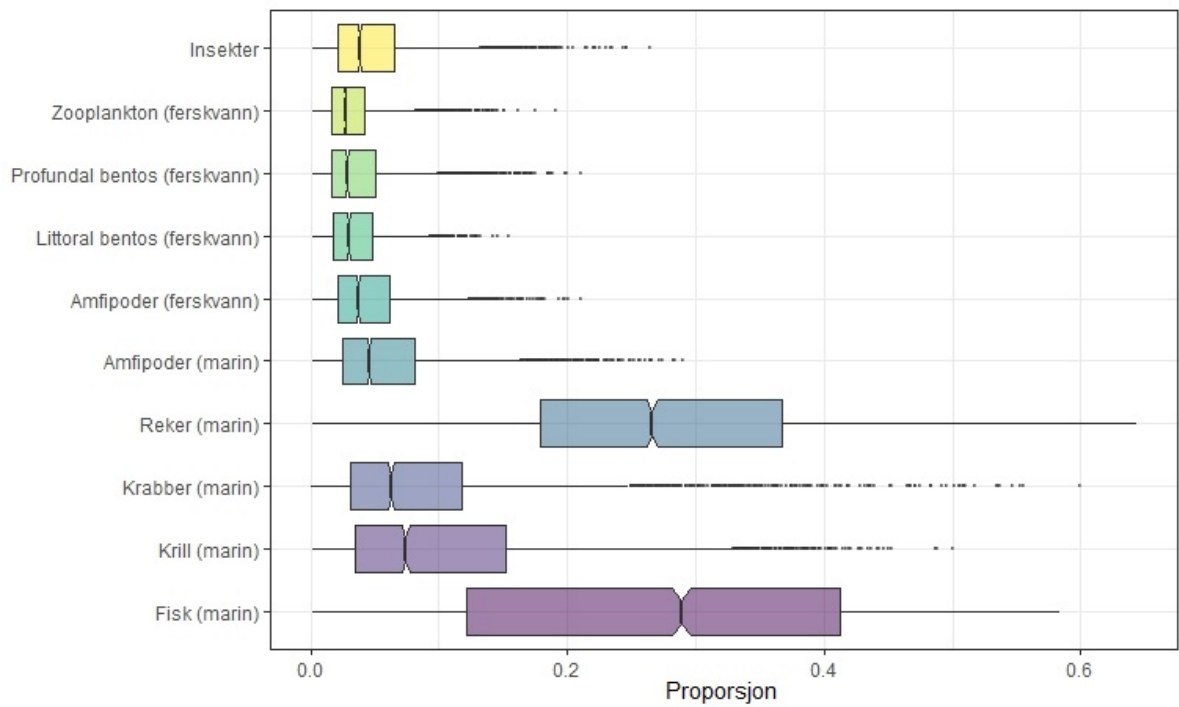
Maginnholdet ble undersøkt hos 128 sjørret og 26 sjørøye. Av disse hadde 21 sjørret (16,4 %) og 11 sjørøye (42,3 %) mat i magen, men store deler av innholdet var fordøyd og derved ikke gjenkjennbart (figur 31).

Sjørretten var i større grad enn sjørøye fiskepisende, mens sjørøya hadde en mer variert diett med innslag fra mange byttedyrgrupper. De viktigste byttedyrgruppene funnet i magen til sjørret var fisk og reker (figur 32), mens det for sjørøye var bunndyr fra strandsonen og amfipoder (krepsdyr), begge med opphav fra ferskvann (figurene 31 og 33). Basert på analysen av stabile isotoper hadde sjørretten generelt sett en mer marin diett (høyere $\delta^{15}\text{N}$ signatur) enn sjørøya (figur 34).

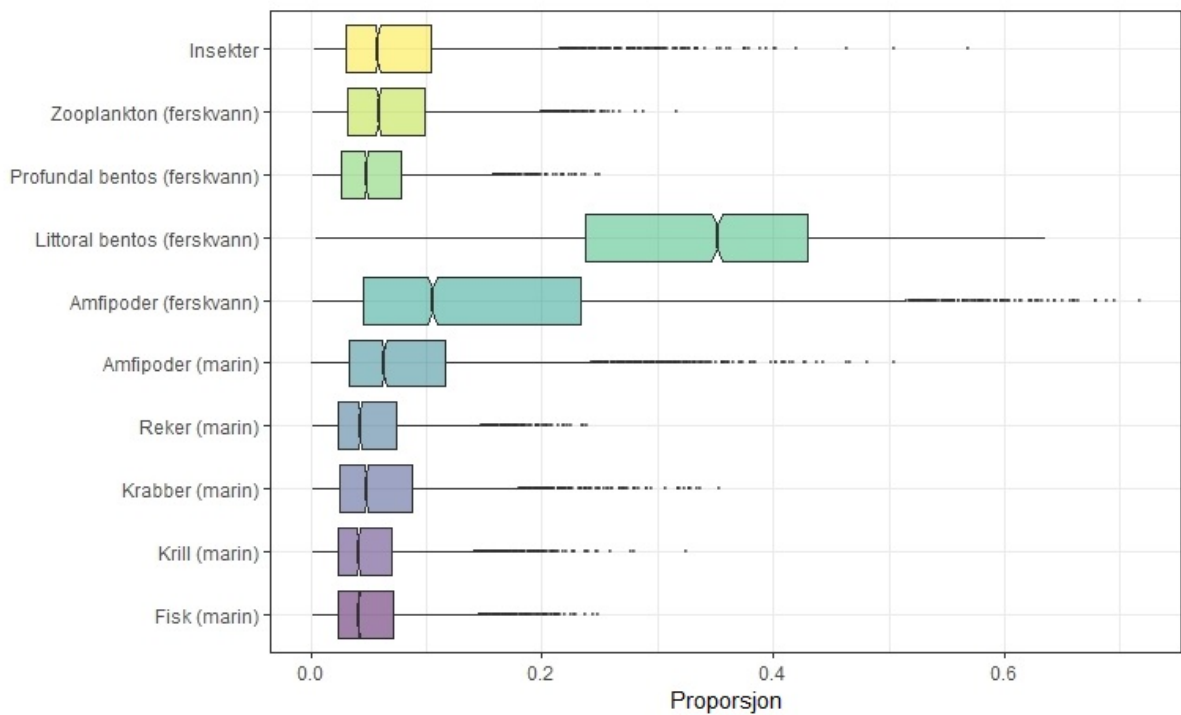
For sjørret (figur 35) var det en klar positiv sammenheng mellom total kroppslengde og $\delta^{15}\text{N}$ signatur (Spearmans korrelasjon, $\rho = 0.75$; $P < 0.001$), hvilket tyder på at større sjørret spiste byttedyr høyere i næringskjeden enn mindre sjørret under sjøoppholdet. Vi fant ikke tilsvarende korrelasjon mellom kroppslengde og $\delta^{15}\text{N}$ signaturen hos sjørøye ($\rho = -0.32$; $P > 0.05$). Om en kun ser på individer med lavt nivå av $\delta^{15}\text{N}$ signatur ($\delta^{15}\text{N} < 12$, som inkluderer alle individene av sjørøye), var det ingen forskjell i kroppslengde mellom de to artene (Wilcoxon rank sum test; $W = 563$; $P > 0.05$), men det var likevel en signifikant høyere $\delta^{15}\text{N}$ signatur for sjørret sammenlignet med sjørøye ($W = 112$; $P < 0.001$). Dette betyr at selv ved samme kroppslengde hadde sjørret en høyere $\delta^{15}\text{N}$ signatur enn sjørøya og derved en diett bestående av byttedyr plassert lengre oppe i fødekjeden (reker og fisk).



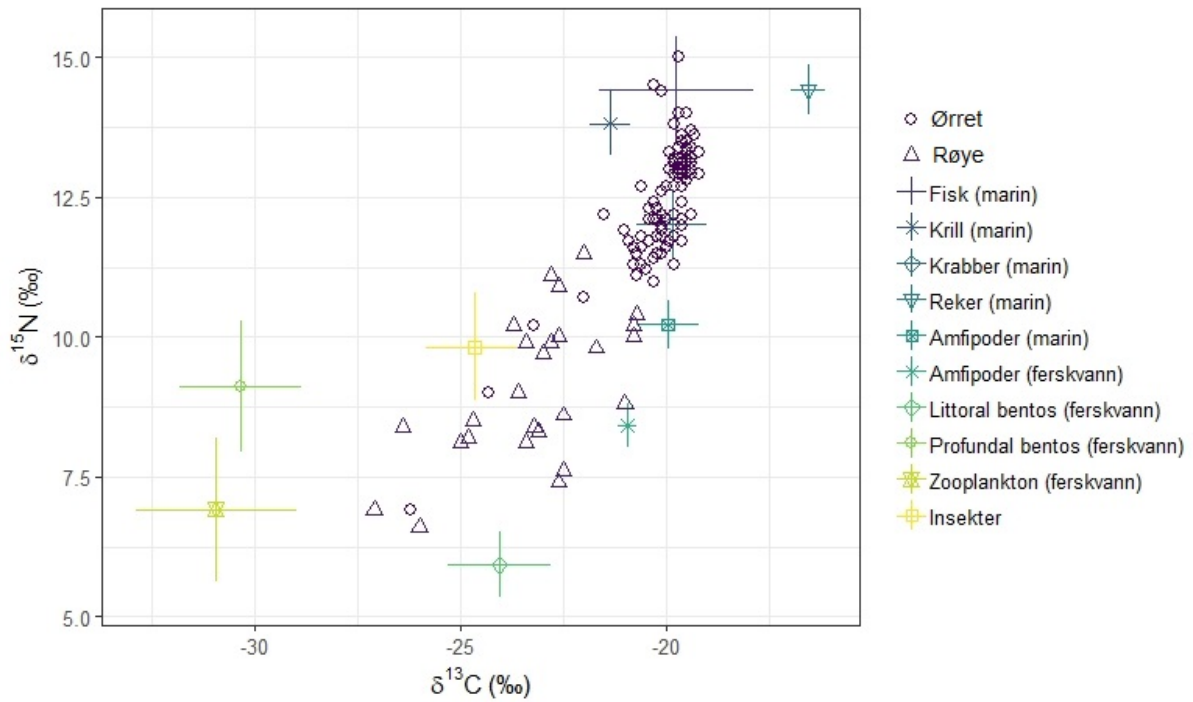
Figur 31: Mageinnhold fordelt på krepsdyr, insekter, fisk og diverse (uidentifisert) til sjørøye og sjørret fanget i oppgangsfella ved Botnvassdraget 2017.



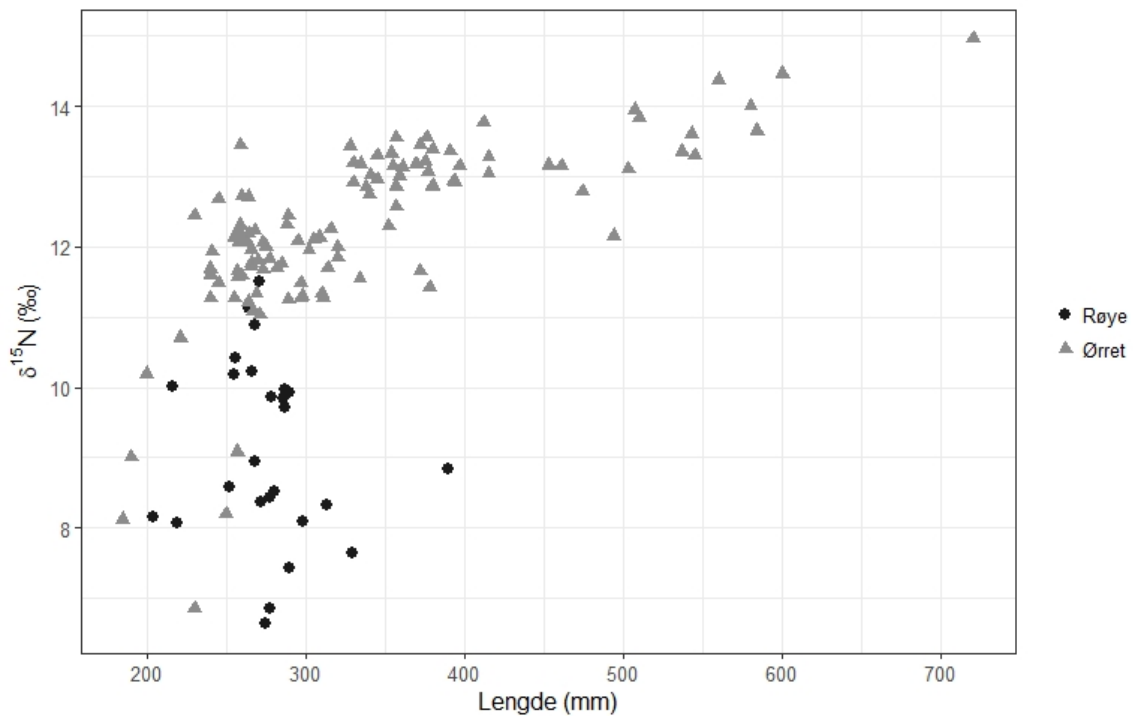
Figur 32: Fordeling av mageinnhold fra sjørret fanget i oppgangsfella ved Botnvassdraget 2017.



Figur 33: Fordeling (%) av mageinnhold fra sjørøye fanget i oppgangsfella ved Botnvassdraget 2017.



Figur 34: Isotopplot av sjørøye og sjørrett fanget i oppgangsfella i Botnvassdraget i 2017, samt deres potensielle byttedyr. For byttedyr angir symbolet gjennomsnitt for gruppen, mens vannrette og lodrette streker angir standardavvik.



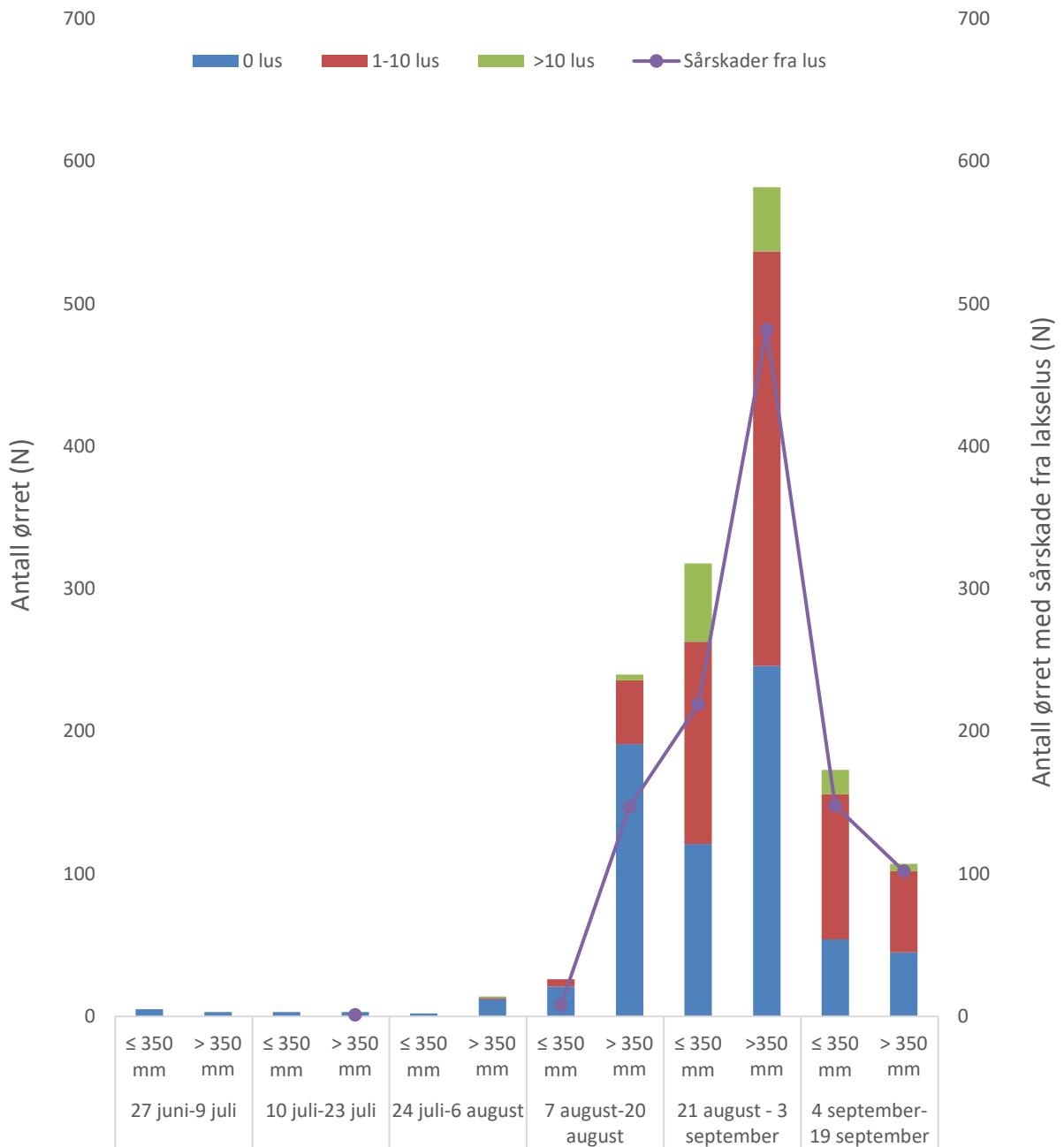
Figur 35: Nivå av $\delta^{15}\text{N}$ i forhold til kroppslengde hos sjørrett og sjørøye fanget i oppgangsfella i Botnvassdraget i 2017.

3.7 Oppgangsfella i Botnvassdraget 2017

I perioden da fella var i drift ble det registrert 1476 oppvandrende sjørret (figur 36) og 104 sjørøye (figur 37). Hovedoppvandringen for sjørret var i perioden midten av august til midten av september (figur 36), noe som samsvarer med videoregistreringene fra 2018 (Sjursen mfl., 2019). Fordelingen av individer større eller mindre enn 35 cm fremgår av figur 18. Av de 1476 registrerte sjørretene hadde 1107 individer (75 %) sårskader (spor etter lusebitt på skinnet) fra lakselus, mens 44 % ble registrert med 1-10 fastsittende lakselus og 9 % med mer enn ti lus.

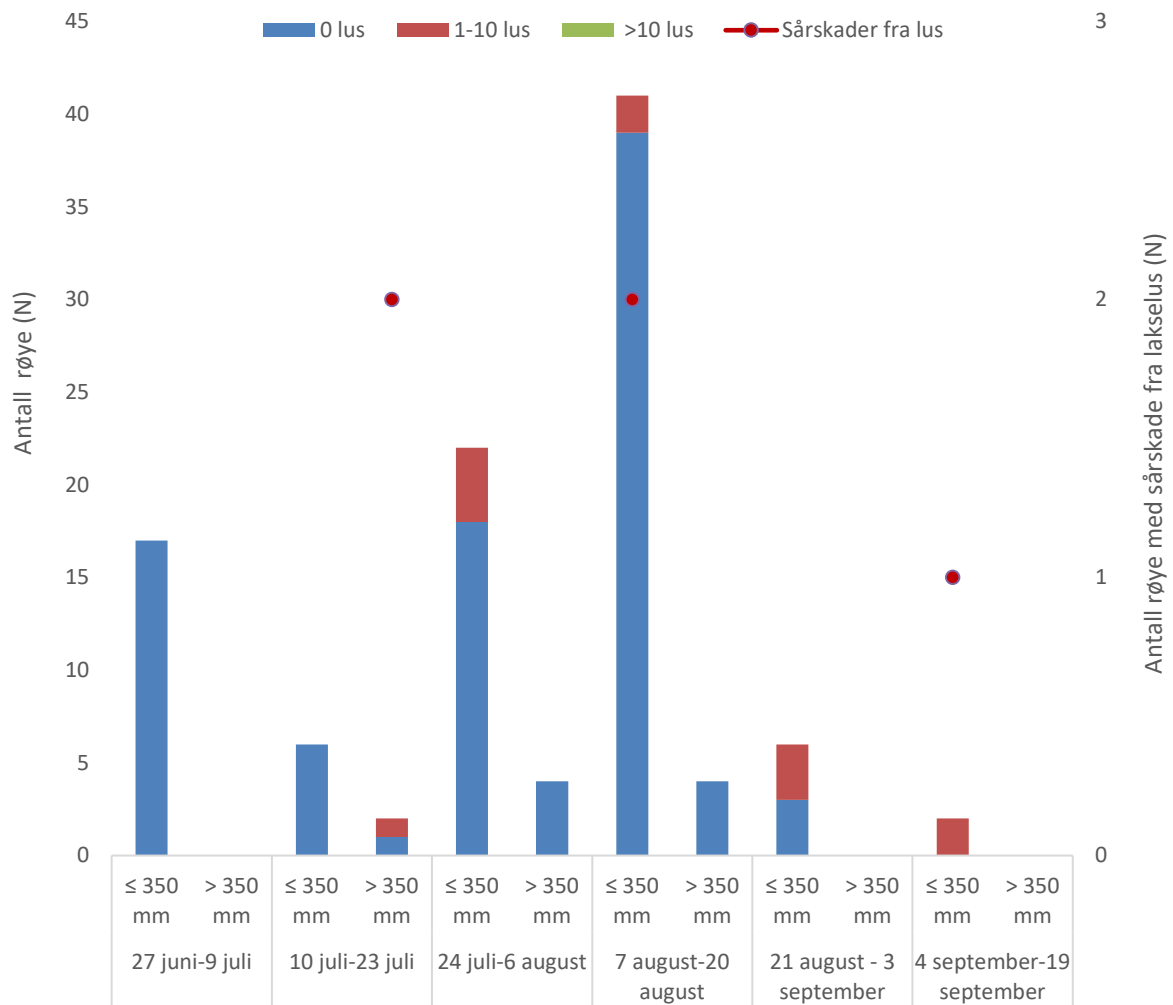
Hovedoppvandringen for sjørøye var fra midten av juli til midten av august (figur 37). Tolv individ (11 %) ble registrert med 1-10 lakselus, og ingen med flere enn ti lus. Fem av fiskene (5 %) hadde sårskader. Fordelingen av individer større eller mindre enn 35 cm fremgår av figur 32.

Med unntak av størrelsesgruppen 20-29 cm, tilsvarer lengdefordelingen av sjørret fanget i oppgangsfella i 2017 lengdefordelingen observert på video i 2018 (figur 38). Det ble fanget vesentlig færre sjørøye (fordelt på alle størrelsesgrupper) i oppgangsfella i 2017 enn det som ble observert på videoregistreringer i 2018 (figur 39; se Sjursen mfl., 2019 for detaljer om videoovervåkingen). Dette skyldes antakeligvis at disse fiskene vandret opp i juli mens ledegjerdet for storrusa enda ikke var tett langs land, og sjørøya kunne dermed vandre utenom storrusa.



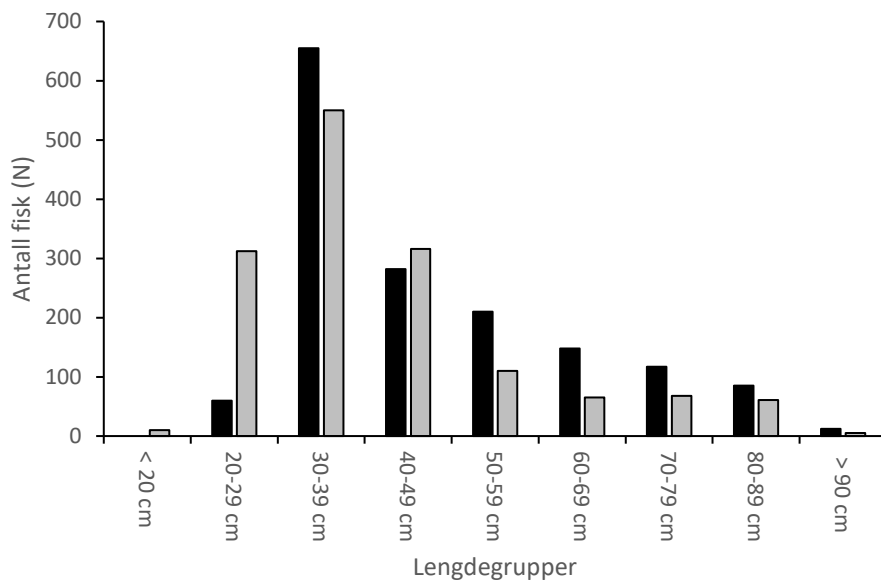
Lengdegrupper av ørret fordelt på periode for oppvandring

Figur 36: Antall oppvandrende sjørret fanget i felle i Botnvassdraget 27 juni – 19 september 2017. Sjørretten er inndelt etter kroppsstørrelse ≤ 350 mm og > 350 mm. Antall individ med synlige lakselus og/eller sårskader fra lakselus er også angitt.

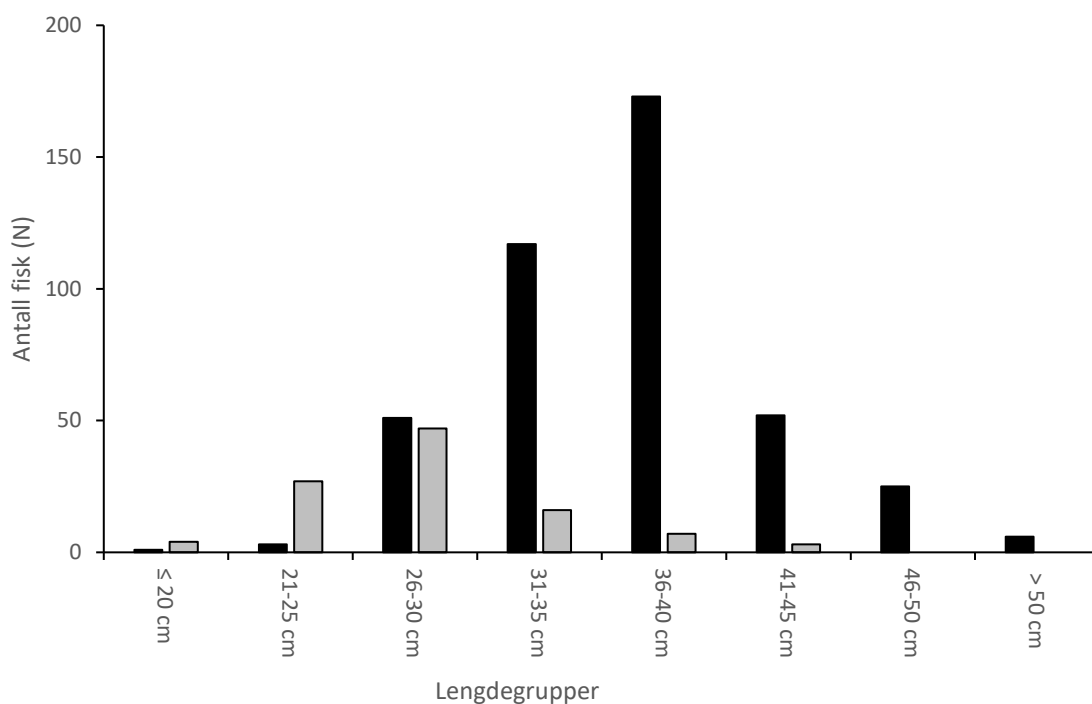


Lengdegrupper av røye fordelt på periode for oppvandring

Figur 37: Antall oppvandrende sjørøye fanget i felle i Botnassdraget 27 juni – 19 september 2017. Sjørøya er inndelt etter kroppsstørrelse ≤ 350 mm og > 350 mm. Antall individ med synlige lakselus og/eller sårskader fra lakselus er også angitt.



Figur 38: Antall oppvandrende sjørret fordelt på ulike lengdegrupper fanget i ruse (2017, N = 1497, grå) og observert på video (2018, N = 1569, svart).



Figur 39: Antall oppvandrende sjørøye fordelt på ulike lengdegrupper fanget i ruse (2017, N = 104, grå) og observert på video (2018, N = 428, svart).

3.8 Genetiske analyser

3.8.1 Genetisk struktur til ørret i elver i Skjerstadfjorden

Totalt ble 294 ørret analysert med 5509 SNPs. Etter kvalitetsanalyser hadde 266 individer akseptable genotyper for 1532 nøytrale SNPs (vedlegg, Tabell V1).

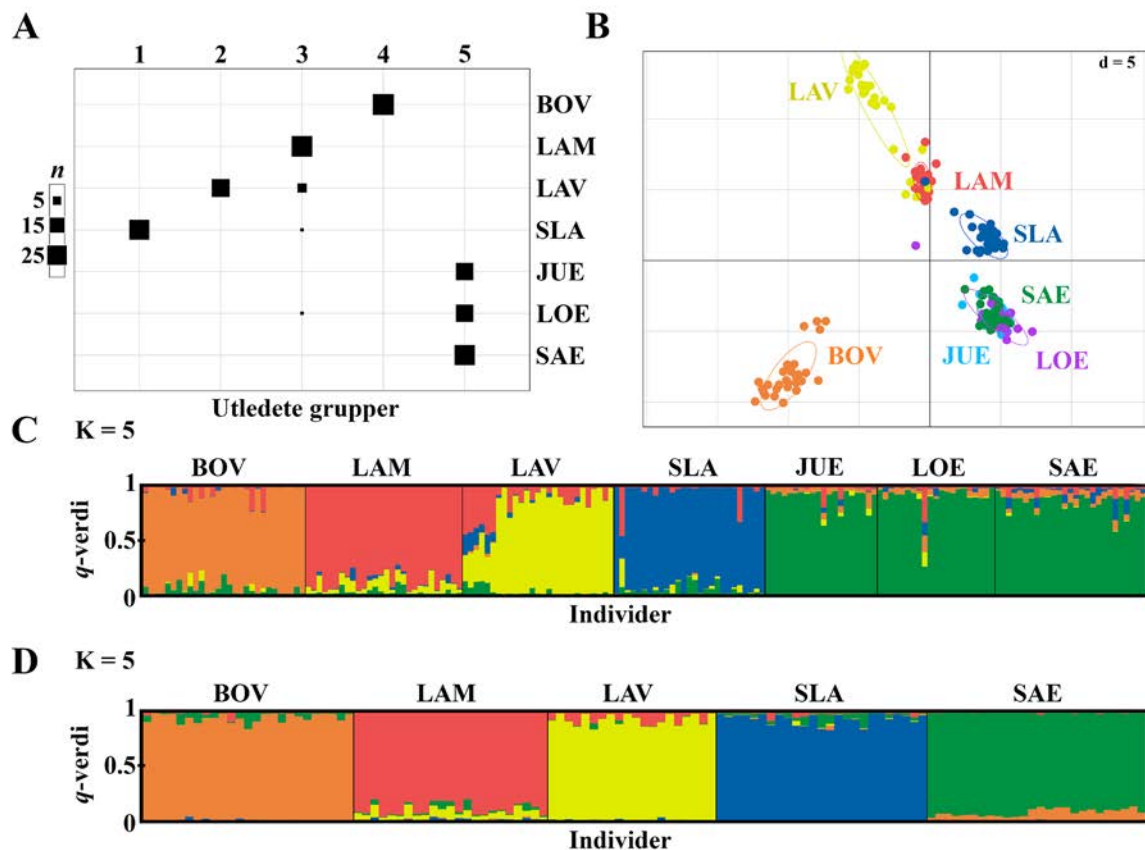
Den genetiske variasjonen (observert [H_o] og forventet [H_e] heterozygositet) var høyest i Lakseelva (Misvær) ($H_o = 0,32$; $H_e = 0,32$) og lavest i Botnvassdraget ($H_o = 0,25$; $H_e = 0,24$) (tabell 10). Innnavskoeffisientene (F_{is}) var ikke signifikante for referansebestandene (tabell 10). Ikke overraskende var F_{is} signifikant for ørreten fanget av sportsfiskere i sjøen, da det er forventet at dette var en gruppe fisk som kommer fra flere ulike bestander.

Det ble påvist at de fem hovedelvene alle var genetisk forskjellige (figur 40 A-C). Alle analyser (PCA, DAPC, og STRUCTURE) viste at det mest sannsynlig er fem ulike genetiske grupper blant de syv undersøkte lokalitetene, men at det er noe genflyt fra Lakselva (Misvær, LAM) til Lakselva (Valnesfjord, LAV) og litt genflyt fra Lakselva (Misvær, LAM) til Laksåga (Sulitjelma, SLA) og Lønselva (LOE) (figur 40 A-C). Ørret fra Botnvassdraget (BOV) må anses som den mest isolerte bestanden (figur 40 A-C), til tross for at elva ligger nært Saltdalselva. Det ble ikke påvist genetiske forskjeller mellom de tre lokaliteter (SAE, JUE, og LOE) innen Saltdalselva (SAE) (figur 40 A-C), og ørret fra disse lokalitetene ble derfor behandlet som en bestand (SAE) i de videre analysene.

Basert på analysen av bestandsstruktur ble det etablert grupper av «genetisk rene» individer innen hver bestand for genetisk å tilordne ørret fanget i sjøen av sportsfiskere. Antallet bestander i det nye datasettet ble testet (vedlegg, figur V3), og det mest sannsynlige antallet bestander var $K = 5$ (figur 40 D).

Tabell 10: Bestandsparametre for referansebestander samt individer fisket av sportsfiskere fra fjorden bestemt av R-pakken *diveRsity*. Tabellen inkluderer antall individer som ble analysert med 1532 SNPs (Ngeno), antall individer i referansebestandene (Nref), observert (H_o) og estimert heterozygositet (H_e) samt innnavskoeffisient (F_{is}) bestemt som avvikelse fra Hardy-Weinberg likevekt.

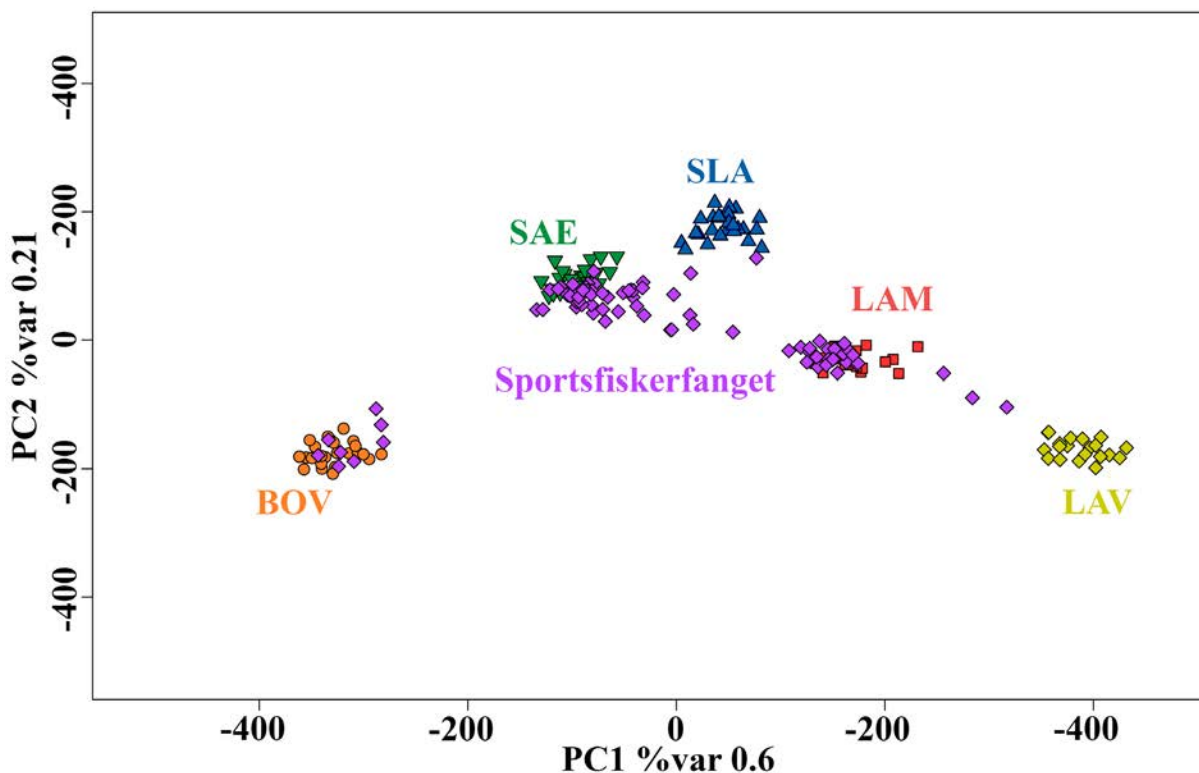
Vassdrag	Kode	Innsamlingsår	N _{geno}	N _{ref}	H _o	H _e	F _{is}	F _{is} konfidensintervall
Botnvassdraget	BOV	2017	32	25	0,25	0,24	-0,016	-0,043 til 0,007
Lakselva (Misvær)	LAM	2017	31	23	0,32	0,32	-0,016	-0,039 til 0,001
Lakselva (Valnesfjord)	LAV	2017	31	20	0,29	0,29	-0,023	-0,049 til -0,004
Laksåga (Sulitjelma)	SLA	2017	30	25	0,32	0,31	-0,036	-0,058 til -0,016
Saltdalselva	SAE	2017	32	26	0,31	0,31	0,006	-0,029 til 0,013
Junkerdalselva	JUE	2018	22	-	-	-	-	-
Lønselva	LOE	2018	21	-	-	-	-	-
Sportsfiskerfanget		2017/18	95	87	0,32	0,35	0,088	0,070 til 0,104



Figur 40: Bestandsstrukturen til ørret fra fem vassdrag; Botnvassdraget BOV, Lakselva i Misvær LAM, Lakselva i Valnesfjord LAV, Laksåga i Sulitjelma SLA, og Saldalselva SAE som løper ut i Skjerstadfjorden. I Saldalsvassdraget ble det også tatt prøver av ørret fra Junkerdalselva (JUE) og Lønselva (LOE) (A-C). Det mest sannsynlige antallet av bestander i prøvesettet var fem. Dette ble sammenfallende vist med DAPC findcluster (A), PCA (B) og STRUCTURE (C) analyser. Etablering av sterke genetiske referansebestander (D), ble foretatt basert på STRUCTURE-analyse av utvalgte individer fra C.

3.8.2 Bestandstilørighet til sjørret fanget av sportsfiskere

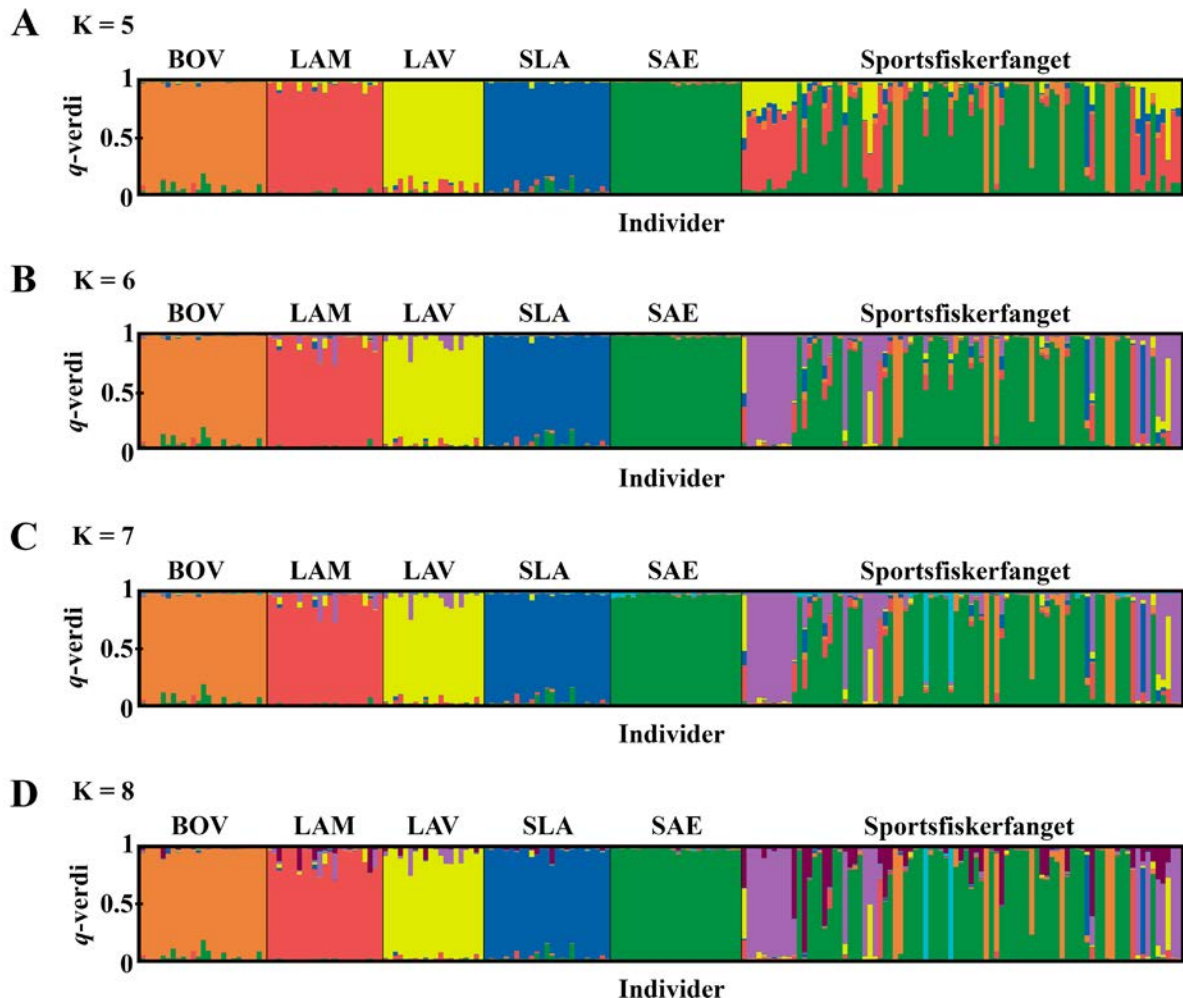
PCA- og STRUCTURE-analysene viste at 45 %, 8 %, og 2 % av fiskene tatt i sportsfiske tilhørte henholdsvis Saldalselva (SAE), Botnvassdraget (BOV), og Lakselva (Misvær, LAM) når den genetiske tilørighet ble satt konservativt til 80 % (figur 41 og 42A). En ørret ble tilordnet Laksåga (Sulitjelma, SLA) i PCA-analysen (figur 41), men STRUCTURE-analysen viste at denne var en hybrid mellom bestanden i Laksåga (Sulitjelma, SLA) og en ukjent bestand (se under; figur 42A). Ingen av ørretene fanget av sportsfiskerne hadde genetisk opphav i Lakselva (Valnesfjord, LAV) (figur 41 og 42A).



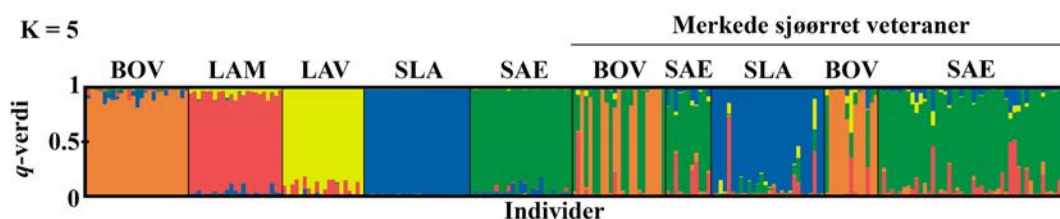
Figur 41. Gruppering av referansebestander fra Botnvasstraget (BOV, oransje), Saltdalselva (SAE, grønn), Laksåga (Sulitjelma; SLA, blå), Lakselva (Misvær; LAM, rød) og Lakselva (Valnesfjord; LAV, gul) samt ørret fanget av sportsfiskere (Sportsfiskerfanget, lilla) basert på genetisk informasjon. De to mest innflytelsesrike komponenter beskriver henholdsvis 60% og 21% av variasjonen i datasettet. Av figuren ser det ut som en stor andel sportsfanget sjørørret hadde tilhørighet til Lakselva Misvær (LAM), men analyser i STRUCTURE viste at dette ikke var tilfellet.

I alt ble 55 % av fiskene fanget i sportsfisket tilordnet de etablerte referansebestandene. For de resterende fiskene ble det observert signaturer på genetisk oppblanding mellom ulike bestander (figur 42A). Av erfaring vet vi at dette, i denne typen analyser, også kan bety at det mangler referansebestander i datasettet. Med andre ord, ikke alle bestandene som er opphav til fisken som ble fanget i sportsfisket var inkludert i datasettet. Dette kommer også ganske tydelig frem i PCA-analysen, hvor en del av de sportsfiskerfanget individene (lilla i plottet, figur 41) ikke grupperer seg med de kjente referansebestandene og en stor del av individene viser tilhørighet med Lakselva (Misvær). Vi foretok derfor en mer detaljert STRUCTURE-analyse for å undersøke om denne hypotesen var rett. Det ble påvist at det er ytterligere et vassdrag som bidrar signifikant til en andel (18 %) av ørreten fanget i sportsfisket (lilla gruppe i figur 42B). Når antallet mulige bestander (K) i datasettet økes til K = 7 og K = 8, kan vi se at en liten andel av de sportsfiskerfangede sjørørretene har genetisk opphav i ytterligere to bestander (turkis og burgunderrød, figur 42C-D), som ikke var inkludert i referansematerialet. Individene som inngår i den lilla gruppe i figur 42B, var individene som PCA analysen grupperte med referanse bestanden fra Lakselva (Misvær). Det ble påvist at det er ytterligere et vassdrag som bidrar signifikant til en andel (18 %) av ørreten fanget i sportsfisket (lilla gruppe i figur 42B). Når antallet mulige bestander (K) i datasettet økes til K = 7 og K = 8, kan vi se at en liten andel av de sportsfiskerfangede sjørørretene har genetisk opphav i ytterligere to bestander (turkis og burgunderrød, figur 42C-D), som ikke var inkludert i referansematerialet. Notater på innleverte skjellkonvolutter viste at av fisk med ukjent genetisk tilhørighet var tolv fisk fanget ved Mjønes-Naurstad, ti fisk i Valnesfjorden, fem fisk i Kosmovatnet og to 2 fisk i Saksenvika. Sjørørret fra Saltdalselva og Botnvasstraget ble i al hovedsak fanget ved Mjønes-Naurstad (henholdsvis 53 % og 33 %) og i Valnesfjorden (33 % og 50 %).

I Saltdalselva var 91% av ørreten som ble fanget og akustisk merket for telemetriundersøkelsen tilhørende til elven, mens 9% tilhørte en bestand som ikke var inkludert i undersøkelsen (figur 43). I Botnvassdraget var 61% av den merkede ørreten tilhørende denne elven, 33% av fiskene var fra Saltdalselva, og 6% fra bestander som ikke var inkludert i undersøkelsen. For Laksåga (Sulitjelma), tilhørte 96% av den merkede ørreten denne elven og 4% bestander som ikke var inkludert i undersøkelsen (figur 43). Sjørørret med opphav fra Saltdalselva merket i Botnvassdraget var i gjennomsnitt 70 cm (variasjonsbredde 42-85 cm).



Figur 42: Genetisk tilordning av ørret fanget av sportsfiskere i Skjerstadfjorden til referansebestander (A) og tilordning uten antakelse av antall bestander (B-D) ved bruk av STRUCTURE. I hvert panel (A-D) er hver vertikal bjelke et individ og andelen av farge for hvert individ viser den genetiske tilhørighet (q) til de ulike bestander, slik at individer som har en q -verdi lik eller høyere enn 0,8 tilhørighet til en bestand tilhører denne bestanden. Fargen lilla ($K = 6$ til $K = 8$), turkis ($K = 7$ og $K = 8$) og burgunderrød ($K = 8$) hos individer fanget av sportsfiskere, viser at individene sannsynligvis tilhører tre bestander (elver) som ikke var inkludert i referansematerialet. Vassdragene i figuren er Botnvassdraget (BOV), Lakselva (Misvær; LAM), Lakselva (Valnesfjord; LAV), Laksåga (Sulitjelma; SLA) og Saltdalselva (SAE).



Figur 43: Genetisk tilordning av akustisk merket ørret for telemetriundersøkelsen i Skjerstadvjorden til referansebestander ved bruk av STRUCTURE. Hver vertikal bjelke et individ og andelen av farge for hvert individ viser den genetisk tilhørighet (q) til de ulike bestander, slik at individer som har en q-verdi lik eller høyere enn 0,8 tilhørighet til en bestand tilhører denne bestanden. Vassdragene i figuren er Botnvassdraget (BOV), Lakselva (Misvær; LAM), Lakselva (Valnesfjord; LAV), Laksåga (Sulitjelma; SLA) og Saltdalselva (SAE), og akustisk merket ørret er markert som «Merket sjørret veteraner» over elven de er fanget og merket.

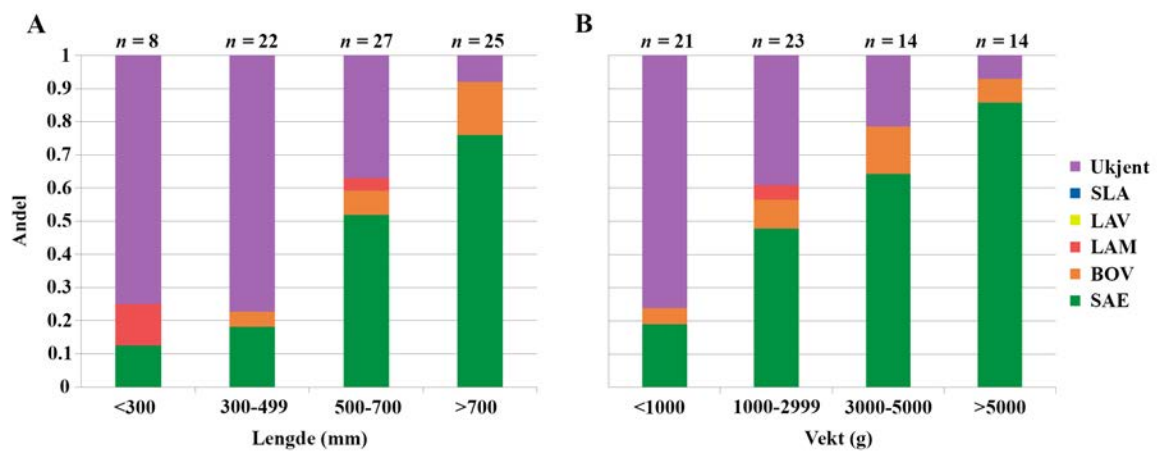
3.8.3 Effektiv bestandsstørrelse og korrelasjon mellom geno- og fenotyper

Ørret i Saltdalselva hadde den signifikant største effektive bestandsstørrelsen av alle de undersøkte elvene. Lakselva (Misvær) og Laksåga hadde nest største effektive bestandsstørrelser og var ikke signifikant forskjellige. Lakselva (Valnesfjord), hadde mindre effektiv bestandsstørrelse og Botnvassdraget hadde den signifikant minste effektive bestandsstørrelsen av alle de undersøkte elvene (tabell 11). Merk at effektiv bestand er et genetisk begrep som beregnes ut fra en formel, og tallet stemmer ikke nødvendigvis med det faktiske antallet individ i elva til enhver tid, men det er en nyttig måte å beregne om bestander er store nok til å være bærekraftige.

Tabell 11. Effektiv bestandsstørrelse, som er antallet individer som bidrar til den neste generasjonen, i de fem ulike elvene i Saltdalsfjorden.

Populasjon	Effektiv bestandsstørrelse (N_e)	N_e Konfidensintervall
Botnvassdraget (BOV)	48,7	47,2-50,4
Lakselva (Misvær; LAM)	153,5	142,2-166,5
Lakselva (Valnesfjord; LAV)	70,7	67,5-74,3
Laksåga (Sulitjelma; SLA)	167,3	154,4-182,3
Saltdalselva (SAE)	256,6	229,8-290,0

For å se resultatene for effektive bestandsstørrelser i sammenheng med hvilke elver som bidro til de sportsfiskefangete individene, og for å undersøke om det er noen sammenheng mellom tilhørighet til bestand og størrelse på fiskene (fenotype), grupperte vi vekt og lengde på fiskene med den genetiske tilhørigheten funnet i STRUCTURE-analysen for $K = 7$ (se figur 42). Hele 76 % av sjørreten lengre enn 700 mm og 86 % av sjørreten tyngre enn 5000 g hadde genetisk opphav i Saltdalselva. For resterende fisk lengre enn 700 mm kom 16 % fra Botnvassdraget og 8 % fra den ukjente bestanden. For sjørret mellom 500-700 mm hadde 52 % opphav i Saltdalselva, 37 % i den ukjente bestanden, 7 % i Botnvassdraget, og 4 % i Lakselva (Misvær). Saltdalselva var også kildeb Bestand til den største andelen av sjørret (65 %) mellom 3000 og 5000 g, mens 21 % hadde opphav i den ukjente bestanden og 14 % hadde opphav i Botnvassdraget. For sjørret mindre enn 500 mm hadde hele 77 % av individene opphav i den ukjente bestanden, 17 % i Saltdalselva, 3 % Botnvassdraget, og 3 % i Lakselva (Misvær). Den ukjente bestanden var også kilde til den største andelen (57 %) av sjørret under 3000 g, mens 34 % kom fra Saltdalselva, 7 % fra Botnvassdraget og 2 % fra Lakselva (Misvær) (figur 44).



Figur 44. Sammenhengen mellom (A) lengde (mm) og (B) vekt (g) og den genetiske bakgrunnen hos individer fanget av sportsfiskere i Skjerstadvassdraget. Antall individer (n) ses over hver kolonne. Det er overlapp av individer i de to figurene, grunnet varierende tilgang på data. Det betyr at noen individer finnes i begge figurer, mens andre bare finnes i den ene. Vassdragene i figuren er Botnvassdraget (BOV), Lakselva (Misvær; LAM), Lakselva (Valnesfjord; LAV), Laksåga (Sulitjelma; SLA) og Saltdalselva (SAE).



Tømming av fiskefella i Botnvassdraget. Foto: Trond Loge.

4 Diskusjon

4.1 Vekst, smoltalder og kondisjon

Estimert vekst i ferskvann og smoltlengde tyder på at ørreten hadde vokst raskere i Laksåga ved Sulitjelma, Lakselva ved Valnesfjord og Lakselva ved Misvær sammenliknet med Saltdalselva og Botnvassdraget. Dette kan skyldes at ungfisk fra de tre første vassdragene har tilgang til næringsrike brakkvannsområder rett ved elveosen, mens fisk i de andre vassdragene må leve i elva under oppveksten frem til de blir smolt. Fordeler ved å kunne vandre til et brakkvannsområde under oppveksten kan være bedre tilgang til næringsdyr slik som småfisk, mindre konkurranse om næring og skjul og høyere vanntemperatur spesielt tidlig i sesongen. Gjennomsnittet og variasjonen i smoltalder i de fem vassdragene tilsvarte resultatene fra lignende undersøkelse i Tosenfjorden lengre sør i Nordland (Davidsen mfl., 2018).

Sjørørret fra Saltdalselva og Botnvassdraget hadde betraktelig bedre vekst enn sjørørret fra de andre vassdragene de første årene i sjøen. Samtidig avtok veksten for sjørørret fra disse to vassdragene et år senere enn de andre. Dette tyder på at sjørørreten i Saltdalselva og Botnvassdraget blir kjønnsmoden senere enn fiskene fra de andre tre vassdragene. Resultatene fra undersøkelsen viser at disse sjørørretene også vandret lengre bort fra elva under sjøvandringen, og samlet sett tyder dette på at de har en livshistoriestrategi med flere år i sjøen og større kroppslengde ved første gyting sammenliknet med fisken fra de andre vassdragene.

4.2 Områdebruk, sesongvariasjon og oppholdstid i fjordsystemet

Skjerstadjorden mellom Fauske og østre del av Saltstraumen fremstår som kjerneområdet for sjørørreten fra Saltdalselva, Botnvassdraget og Laksåga (Sulitjelma). Men det ble registrert sjørørret på alle lyttestasjonene i fjorden, noe som viser at selv om at førstnevnte område er viktig sjørørreten fra disse vassdragene, så utnytter sjørørreten likevel hele fjordsystemet. Det samme ble observert for både sjørørretveteraner og postsmolt i Hemnfjorden og Snillfjorden i Trøndelag (Davidsen mfl., 2014; Davidsen mfl., 2015) og i Tosenfjorden og Bindalsfjorden i Nordland (Davidsen mfl., 2018). Mangelen på gjenfangst av merket fisk utenfor Skjerstadjordsystemet støtter observasjonene fra telemetridataene, som viser at sjørørreten i all hovedsak oppholder seg innenfor Saltstraumen.

Sjørørreten fra Kosmovatnet og Lakselva i Valnesfjord oppholdt seg med få unntak ganske stasjonært i Kosmovatnet og i Laukåsstraumen. Strømrike områder som Laukåsstraumen er gode beiteplasser for sjørørret, da fisken her grunnet tidevannsstrømmen har god tilgang på byttedyr uten å måtte forflytte seg noe særlig.

Innerst i Misvær fjorden ved utløpet av Lakselva er det et stort estuarie. Sjørørret fra denne elva oppholdt seg i all hovedsak i dette området under sommervandringen og ble aldri registrert på linjen ytterst i Misvær fjorden.

Sjørørretsmolten fra Botnvassdraget benyttet Saltdalsfjorden mellom Rognan og Fauske i større grad enn sjørørretveteranene (de som hadde vært i fjorden minst en sesong tidligere), men de individene som vandret ut til selve Skjerstadjorden brukte lengre tid der enn veteranene. På samme måte var Saltdalsfjorden også viktigere enn selve Skjerstadjorden for sjørøya fra Botnvassdraget. Mens området fra Fauske til Saltstraumen altså framstår som et kjerneområde for sjørørretveteraner, så er Saltdalsfjorden ikke desto mindre viktig for sjørøye og sjørørretsmolt fra Botnvassdraget (og antakeligvis også for sjørørretsmolt fra Saltdalselva).

Sjørørretenes vandring fra de ulike vassdragene til fjordsystemet varierte, men for sjørørret var mai til august den viktigste perioden for den marine næringsvandringen, mens juni-juli var den viktigste perioden for sjørøya. Bestandene av disse artene i Skjerstadjordsystemet er derfor særlig utsatt for negative effekter fra akvakultur og annen aktivitet som kan påvirke dem i sjøen i disse periodene. Med unntak av innerst i Misvær fjorden ble det ikke registrert sjørørret i fjorden på

vinteren, men det er kjent at det er flere gode plasser for å fiske sjørret i fjorden også vinterstid. Sjørret som overvintrer i sjøen i Midt-Norge og Nord-Norge er typisk fra mindre vassdrag med dårlige overvintringsmuligheter (Jensen & Rikardsen, 2008; 2012; Davidsen mfl., 2014), og slike vassdrag var ikke inkludert i denne undersøkelsen. Selv om sommeren er den viktigste perioden for sjørret i sjøen er det altså likevel stor variasjon på når og hvor lenge sjørreten fra de ulike vassdragene oppholdt seg i fjorden. Dette er noe som er viktig å ta hensyn til ved kystsonoplanlegging og planlegging av ulike typer aktivitet i kystnære områder.

Blant sjørreten fra Lakselva ved Sulitjelma var det en overvekt av hunnfisk med lav kondisjon som vandret til sjøen mens hannfisk og hunnfisk med bedre kondisjon ble igjen i brakkvannsområdet i Nedrevatnet og Øvrevatnet. Tidligere undersøkelser har også vist at sjørret med lav kondisjon på våren gjerne vandrer lengre ut i fjordsystemene enn individer med god kondisjon (Eldøy mfl., 2015; Bordeleau mfl., 2018). Dermed kan hunnfisk i dårligere kondisjon være mer utsatt for menneskelig aktivitet i kystsonen et stykke unna elva enn resten av individene i bestanden. Men også andre forhold enn kondisjon påvirker når og hvor langt sjørreten vandrer i sjøen, og det er store forskjeller mellom ulike områder (se eksempelvis Pratten & Shearer, 1983; Jonsson & Jonsson, 2002; Jonsson & Jonsson, 2009; Davidsen mfl., 2014; Thorstad mfl., 2016).

Sjørøya fra Botnvassdraget oppholdt seg kortere tid i sjøen (gjennomsnitt på 36 dager) enn sjørreten fra samme vassdrag (63 dager), hvilket tilsvarer resultat fra andre undersøkelser i Altafjorden i Finnmark (Jensen mfl., 2014) og Tosenfjorden i Nordland (Davidsen mfl., 2018). Vargheten av sjørøyas sjøvandring var lik den i Tosenfjorden men 10-20 dager kortere enn i Altafjorden. Oppholdstiden i sjøen var også kortere enn hos sjørøye i Vardnesfjorden (Troms) og Storvatnet (Finnmark), hvor gjennomsnittet begge steder var på rundt 48 dager (Berg & Berg, 1989; Jensen mfl., 2016).

I Saltdalselva kom 23 % av sjørreten tilbake til elva etter sjøoppholdet i 2016 og 75 % i 2018. Det var teknisk feil på noen av senderne i 2016, og dette forklarer antakeligvis at så få fisk ble registrert tilbake dette året. I Botnvassdraget kom 39 % av sjørretveteranene, 26 % av sjørretsmolten og 43 % av sjørøya tilbake til vassdraget, mens tilsvarende tall for sjørret fra Laksåga (Sulitjelma) var 39 %. Med unntak av Saltdalselva i 2018 var andelen fisk som ble registrert tilbake i vassdragene lavere enn tilsvarende undersøkelser i Tosenfjorden sør i Nordland og Hemnfjorden i Trøndelag (Flaten mfl., 2016; Davidsen mfl., 2018). Årsaker til at fisk ikke ble registrert tilbake til vassdragene kunne være at de ble fanget og avlivet, hadde vandret til andre vassdrag som ikke ble undersøkt, overvintret i sjøen i områder uten lyttestasjoner; hadde mistet senderen, at det var tekniske feil ved senderen, eller at fisken døde under sjøoppholdet.

4.3 Varighet på opphold ved oppdrettsanlegg

Sjørreten og sjørøya som ble merket i denne undersøkelsen, oppholdt seg ikke i lengre tid ved oppdrettslokalitetene i Skjerstadjordsystemet enn ved de tilhørende kontrollstasjonene. Dette tyder på at sjørreten og sjørøya ikke ble tiltrukket av overskuddsfôr eller andre elementer fra produksjonen av oppdrettslaks, og samsvarer med tidligere observasjoner i Hemnfjorden, Trøndelag (Davidsen mfl., 2014) og Tosenfjorden, Nordland (Davidsen mfl., 2018). På tre av fire lokaliteter var det flere individer som ble observert ved kontrollstasjonene enn ved anleggene. Gjennomsnittlig oppholdstid, som nevnt over, var imidlertid ikke forskjellig mellom kontrollstasjoner og ved oppdrettsanleggene, så det virket heller ikke som sjørreten forsøkte å unngå anleggene.

Det er tidligere vist at marine fisk (Dempster mfl., 2009; Uglem mfl., 2014) kan bli tiltrukket av overskuddsfôret fra åpne oppdrettsanlegg og dermed oppholde seg lengre nær slike lokaliteter enn det som er naturlig. Om slikt skjer vil risikoen øke for påslag av lakselus og infeksjon fra patogener slikt parasitter og virus (Costelloe, 2009; Dempster mfl., 2009; Johansen mfl., 2011; Torrisen mfl., 2013; Moore mfl., 2018). At sjørreten og sjørøya ikke hadde forlenget opphold rundt de undersøkte oppdrettslokaliteter kan skyldes at artene primært oppholder seg i de øverste fem meter av vannsøylen (Eldøy mfl., 2017; Kristensen mfl., 2018; Atencio, 2019), mens overskuddsfôret finnes nærmere bunnen. Dermed er dette fôret mer tilgjengelig for fisk som torsk og sei som

foretrekker dypere vannlag (Uglem mfl., 2014). Det er tidligere vist at oppdrettsanlegg kan tiltrekke seg store mengder torskefisk (Dempster mfl., 2009; Dempster mfl., 2010), og det kan også hende dette bidrar til at sjørørret og sjørøya ikke finner områdene ved oppdrettsanlegg attraktive.

Sjørørret i oppdrettsfrie områder har generelt lave nivå av lakselus. I oppdrettsintensive områder varierer nivået betydelig mellom ulike undersøkelser og områder, fra lave nivå sammenlignbart med oppdrettsfrie områder til så høye nivå at de innebærer en risiko for betydelig økt dødelighet forårsaket av lakselus (Thorstad mfl., 2014). I denne undersøkelsen ble det ikke gjort en kartlegging av lusestrykket på sjørørret i selve fjorden, men registrering av fastsittende lakselus i oppgangsfella i Botnvassdraget viste at en høy andel av både sjørørret og sjørøye som returnerte fra fjorden var infisert med lus. Det har tidligere blitt spekulert i om vannmassene i Skjerstadjfjorden er så påvirket av ferskvann at lakselus ikke trives. Målinger av salinitet på ca. 1 m dybde i Skjerstadjfjorden (ytterst i Saltdalsfjorden, Fauskevika, ved Mjønnesodden og ytterst i Misværffjorden) i denne undersøkelsen viser imidlertid at kombinasjonen av salinitet og vanntemperatur var innenfor toleransetersklene til lakselus (Ljungfeldt mfl., 2017). I undersøkelsesperioden 2016-2018 ble det kun rapportert tettheter av lakselus på laks i oppdrettsanleggene i Skjerstadjfjorden over lusegrensen på 0,5 fastsittende hunnlus ved én anledning (uke 45 i 2018; Daumannvik).

4.4 Rapporterte gjenfangster

Gode rutiner for fangstrapportering er viktig for lokal fiskeforvaltning. Mens fiske etter sjørørret i vassdrag er regulert og med pliktig fangstrapportering så har det ikke vært system for rapportering av fiske med håndsnøre i sjøen. En nylig spørreundersøkelse (Liu mfl., 2019) blant sjørørretfiskere viste at 50 % av de spurte ønsket rapporteringsplikt, mens hele 80 % ønsket en begrensning («bag-limit») på hvor mye sjørørret en kan avlive i forbindelse med sjøfisket. Gjenfangstprosenten i denne undersøkelsen (sjørørret: 10 %; sjørøye: 7 %) tilsvarte tidligere undersøkelser i Tosenfjorden (8 %; Davidsen mfl., 2018), men var lavere enn i Hemnfjorden og Snillfjorden (17 %; Davidsen mfl., 2014).

4.5 Diett til sjørørret og sjørøye

Vandringen til Skjerstadjfjorden om sommeren er en næringsvandring og det er derfor av stor viktighet at aktuelle byttedyr er tilstede for både sjørørret og sjørøye. Sjørørret fra Botnvassdraget var i stor grad avhengig av marine fisk og reker, mens sjørøya hadde en mer variert diett. Graden av fisk i dietten økte med kroppslengden og dette tilsvarende det en ser andre steder langs kysten av Midt-Norge og Nord-Norge (Davidsen mfl., 2017) og ellers hos sjørørret og sjørøye (Grønvik & Klemetsen, 1987; Elliott, 1997; Knutsen mfl., 2001; Rikardsen mfl., 2007; Knudsen mfl., 2011). Det store innslaget av ferskvannsararter i dietten til sjørøye i undersøkelsen tyder på at disse har beitet i elveosser på ferskvannsdyr som har kommet drivende ned fra elva.

4.6 Oppgangsfella i Botnvassdraget

At andelen sjørørret med sårskader (75%) var så høy i forhold til antall fisk observert med lus (53 %) tyder på at mange av lusene hadde ramlet av før fisken ble fanget i fella. Årsaken til dette kan være at fisken oppholdt seg i brakkvannsområder eller i Botnvassdraget nedenfor fella, hvor lakselus mistrives og derfor forlot fisken før den ble fanget i fiskefella i utløpet av Botnvatnet. Det har tidligere blitt vist at sjørørret under perioder med høyt lusepåslag kan forkorte lengden av sjøoppholdet ved å trekke inn i estuarier med brakkvann (Birkeland, 1996; Birkeland & Jakobsen, 1997; Halttunen mfl., 2017).

De tilsvarende lavere tall for sjørøya, som viste at 5 % av fisken ble registrert med sårskader og 11 % med lakselus, kan antakeligvis forklares ut fra de andre resultatene i denne undersøkelsen som

viser at sjørøya, motsatt sjørreten, oppholdt seg i Saltdalsfjorden, det vil si i den indre del av fjordsystemet. De beitet i elveoser hvor det er høyere innsalg av brakkvann og dermed dårligere forhold for lakselus, samt returnerte tidligere til vassdraget.

4.7 Bestandsgenetikk

De genetiske forskjellene mellom elvene i Skjerstadvfjorden var forventet siden ørret har utpreget tilbakevandring til elva hvor de ble gytt (Vøllestad, 2018). Den genetiske variasjonen (H_e/H_o) til bestandene var tilnærmet lik mellom alle elvene og ikke annerledes enn hva som er observert for andre bestander av sjørret (Saint-Pé mfl., 2019; Drywa mfl., 2013). Botnvassdraget hadde den laveste genetiske variasjonen, og variasjonen ligner det som er observert for små elver i andre SNP-baserte studier (for eksempel Wenne mfl., 2016; Saint-Pé mfl., 2019). Reduksjon av genetisk variasjonen kan stamme fra genetiske flaskehals, men kan også være en signatur fra koloniseringen av vassdraget, for eksempel hvis ørreten som koloniserte Botnvassdraget etter den siste istid hadde en annen opprinnelse enn resten av bestandene. Sistnevnte er dog lite sannsynlig, da Botnvassdraget ligger geografisk nært de andre undersøkte elvene.

Det ble vist at en ukjent bestand bidrar signifikant til det genetiske opphavet til sjørreten som ble fanget av sportsfiskere i Skjerstadvfjorden. Dette spesielt for sjørret mindre enn 500 mm og mindre enn 3000 g, hvor henholdsvis 77 % og 57 % av individene hadde genetisk tilhørighet til denne bestanden. Det ble også vist at mellomstore og store sjørret hadde opphav i bestanden. Mulig opphav kan eksempelvis være Storelva ved Setså som renner ut i Saltdalsfjorden, eller mindre bekker langs Skjerstadvfjorden, men da det ikke inngikk ungfisk fra disse vassdragene i undersøkelsen kan dette ikke bekreftes.

Sjørret fra Saltdalselva utgjorde 86 % av fangsten av alle individer lengre enn 5 kg og 76 % av individene større enn 70 cm. Mesteparten av den mindre sjørreten som ble fanget kom fra andre vassdrag enn de fem som inngikk i prosjektet. Disse ble fanget spredt utover fjorden (Mjønes-Naurstad, Valnesfjorden, Kosmovatnet, Saksenvika). I tillegg til Storelva ved Setså er det en del mindre elver og bekker som har sjørret, og resultatet viser viktigheten av også å ta vare på disse mindre sjørretvassdragene.

Den effektive bestandsstørrelsen for Botnvassdraget var lav (48,7, KI 47,2-50,4), noe som er lavere enn grensen på 50 som tilrådes for en bærekraftig bestand sett i et kort tidsperspektiv (5-10 generasjoner) (Franklin, 1980; Franklin mfl., 2014). Den effektive bestandsstørrelsen beskriver hvordan en bestand vil bli påvirket av genetisk drift og innavl som en funksjon av generasjonstid. Verdien som beskriver størrelsen av den effektive bestanden avhenger av den faktiske bestandsstørrelsen (det samlede antall individer i vassdraget) og historien til bestanden, for eksempel om det har vært genetiske flaskehals (se Allendorf mfl., 2012). Derfor er tolkningen av resultatet for Botnvassdraget ikke enkel. Jevnfør lokale grunneiere ble det fisket med laksefeller fra tidlig på 1900-tallet til 1930-tallet. I tillegg var det et utstrakt og intensivt garnfiske som gradvis avtok etter 1960-tallet. Et slikt intensivt fiske over mange ti-år, kan spesielt om det blir tatt ut mye gytefisk, være en genetisk flaskehals. Det har også over tid vært et utstrakt fiske etter spesielt større sjørret i Skjerstadvfjorden, hvilket ytterligere kan ha bidratt til den nuværende bestandssituasjon. Andre mulige årsaker kan være at det kun var et mindre antall fisk som opprinnelig koloniserte vassdraget, samt at tilskuddet av gener fra andre bestander slik som Saltdalselva har vært lav. De andre fire bestandene (Saltdalselva, Laksåga (Sulitjelma), Lakselva (Misvær), Lakselva (Valnesfjord) hadde alle effektive størrelser på gytebestanden som lå høyere enn det som anses som et genetisk bærekraftig nivå på en kort og mellomlang tidshorison.

4.8 Forvaltningsmessige konsekvenser

Kystnære områder er under stort press på grunn av menneskelige aktivitet som for eksempel akvakultur, transport, fiske, infrastruktur, gruvedrift og arealinngrep i brakkvannsområder. Økt kunnskap om sjørretens og sjørøyas marine vandringer og områdebruk er derfor viktig for å kunne

vurdere eventuelle effekter av slike aktiviteter på bestandene. Resultatene fra denne undersøkelsen viser at sjørret og sjørøye oppholdt seg i både Skjerstadjorden og Saltdalsfjorden under hele den marine næringsvandringen. Nærheten til akvakultur basert på åpne merder øker risikoen for overføring av lakselus og sykdommer mellom oppdrett og villfisk, og det er derfor av stor betydning for villfisken at en på best mulig måte hindrer en slik smittespredning innad i disse to fjordene.

Siden pelagisk fisk og krepsdyr er viktige byttedyr for sjørret bør en i Skjerstadjorden unngå overfiske av slike arter, samt andre aktiviteter som kan påvirke byttedyrene negativt. Avlusningsmidler som i nyere tid har blitt påvist som potensielt skadelige for krepsdyr (eks. hydrogenperoksid og kitinsyntesehemmere; se Urbinaa mfl., 2018; Bechmann mfl., 2019), og derved byttedyr til sjørret, benyttes ifølge Salten Aqua ikke i Skjerstadjorden. Det har historisk sett vært lite behov for behandling mot lakselus i fjordsystemet. I perioden 2016-2018 ble det kun rapportert lusetettheter over lusegrensen én gang (uke 45 i 2018; Daumannvik). Ved denne episoden ble behandling foretatt med Emamektin benzoat (Slice) ved Daumannvik, Stovrika og Øksengård. Eventuelle negative økologiske effekter av dette midlet er lite undersøkt (se dog Bloodworth mfl., 2019), men ifølge Salten Aqua er dette eneste ganget dette midlet har blitt benyttet i fjorden. Ved eventuelle framtidige behov for avlusning planlegges det, ifølge Salten Aqua, å benytte mekaniske tiltak, som lasere og spyling med varmt vann.

Oppgangsfella i 2017, og oppfølgende videoregistreringer i 2018 (Sjursen mfl., 2019), viser at sjørreten fra Botnvassdraget får et relativt stort påslag av lakselus under den marine næringsvandringen til Skjerstadjorden og Saltdalsfjorden. Dette kan virke negativt på bestanden, og situasjonen bør overvåkes nøye. I samme periode ble det registrert lave lusetall ved oppdrettslokalitetene i de fjordene under de ordinære lusetellingene.

Når genetiske analyser av skjell fra sjørret fanget av sportsfiskere i Skjerstadjorden viser at 76 % av stor og 52 % mellomstor sjørret stammer fra Saltdalselva, tyder dette på at sportsfiskets beskatning på storvokst sjørret i Skjerstadjorden spesielt rammer denne bestanden. Rapporterte fangster i Saltdalselva har vært nedadgående de siste årene (Statistisk sentralbyrå, ssb.no), og sportsfisket i fjorden kan ha vært medvirkende til dette. Gode rutiner for fangstrapportering er viktig for lokal og regional fiskeforvaltning av sjørret og sjørøye. Fiske etter disse artene i vassdrag, og med kilenot og krogarn i sjøen, er regulert og med pliktig fangstrapportering, men for fiske med håndsnøre i sjøen har det ikke vært noe system for registrering av fangst. Det er derfor usikkert hvor mye sjørret som årlig fanges i fjorden. For å få bedre data på sjøfiske etter sjørret, sjørøye og villaks har Miljødirektoratet nå opprettet et eget nettsted for rapportering av fangst i sjøen <https://stangfiskesjo.miljodirektoratet.no/>. Om sportsfiskene i og omkring Skjerstadjorden tar i bruk denne rapporteringskanalen vil det øke kunnskapen om bestandene, og om beskatningen i tid og rom i fjorden, hvilket vil kunne bidra til en bedre forvaltning av lokale fiskebestander.

Som diskutert ovenfor kan det være flere årsaker til at den effektive gytebestanden i Botnvassdraget er på et lavt nivå, men uansett årsaker bør en minimere uttaket av gytefisk, både i fjorden og i vassdraget. Pågående videoovervåkning av bestanden (Sjursen mfl., 2019) har vist at hovedparten av gytende sjørret i Botnvassdraget er lengre enn 60 cm. Størrelsen tatt i betraktning er det derfor rimelig å anta at gytefisken, på samme måte som sjørreten fra Saltdalselva, er under press fra sportsfisket etter storvokste individer i fjorden.

Atten prosent av sjørreten som ble fanget i Skjerstadjorden tilhørte ifølge de genetiske analysene samme bestand, men kom fra et vassdrag som ikke inngikk i undersøkelsen. For helhetlig forvaltning av sjørret i Skjerstadjorden anbefales det at denne bestanden identifiseres. I tillegg bør samspillet mellom Botnvassdraget og Saltdalselva kartlegges nærmere siden 33 % av de akustisk merkede sjørretveteraner som ble genetisk testet hadde opphav fra Saltdalselva.

5 Referanser

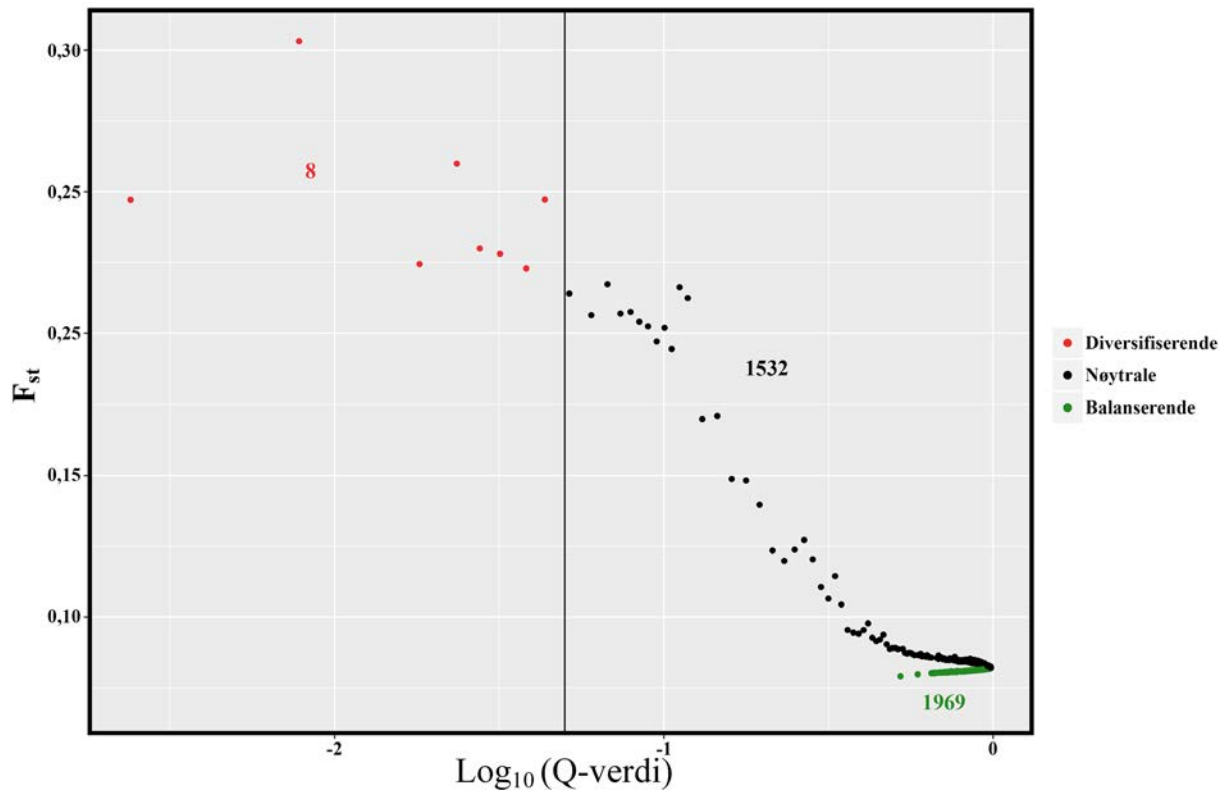
- Allendorf, F. W., Luikart, G. & Aitken, S. N. 2012. Conservation and the Genetics of Populations. - Wiley-Blackwell, Oxford. 620 s.
- Atencio, B. J. 2019. The migratory behaviour of Atlantic salmon, brown trout and Arctic charr post-smolts in a norwegian fjord. Master's thesis - UiT The Arctic University of Norway, Tromsø. 63 s.
- Bechmann, R. K., Arnberg, M., Gomiero, A., Westerlund, S., Lyng, E., Berry, M., Agustsson, T., Jager, T. & Burrige, L. E. 2019. Gill damage and delayed mortality of Northern shrimp (*Pandalus borealis*) after short time exposure to anti-parasitic veterinary medicine containing hydrogen peroxide. - *Ecotoxicology and Environmental Safety* 180: 473-482.
- Berg, O. K. & Berg, M. 1989. Sea Growth and Time of Migration of Anadromous Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) from the Vardnes River, in Northern Norway. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 955-960.
- Birkeland, K. 1996. Consequences of premature return by seas trout (*Salmo trutta*) infested with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer): migration, growth and mortality. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2808-2813.
- Birkeland, K. & Jakobsen, P., J. 1997. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. - *Environmental Biology of Fishes* 49: 129-137.
- Bloodworth, J. W., Baptie, M. C., Preedyb, K. F. & Best, J. 2019. Negative effects of the sea lice therapeutant emamectin benzoate at low concentrations on benthic communities around Scottish fish farms. - *Science of the Total Environment* 669: 91-102.
- Bordeleau, X., Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Whoriskey, F. G. & Crossin, G. T. 2018. Nutritional correlates of spatio-temporal variations in the marine habitat use of brown trout, *Salmo trutta*, veteran migrants. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75: 1744-1754.
- Chhatre, V. E. & Emerson, K. J. 2017. StrAuto: automation and parallelization of STRUCTURE analysis. - *BMC Bioinformatics* 18: 192.
- Costelloe, M. J. 2009. How sea lice from salmon farms may cause wild salmonid declines in Europe and North America and be a threat to fishes elsewhere. - *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 3385-3394.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks belyst ved studier av deres skjæl. - Centraltrykkeriet, Kristiania. 60 s.
- Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Rønning, L., Thorstad, E. B., Næsje, T. F., Uglem, I., Aarestrup, K., Whoriskey, F. G., Rikardsen, A. H., Daverdin, M. & Arnekleiv, J. V. 2014. Habitatbruk og vandringer til sjørret i Hemnfjorden og Snillfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 6: 55 s.
- Davidsen, J. G., Flaten, A. C., Thorstad, E. B., Sjursen, A. D., Rønning, L., Whoriskey, F., Rikardsen, A. H., Finstad, B. & Arnekleiv, J. V. 2015. Sjørret post-smoltens marine vandringer og habitatbruk i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-9: 36 s.
- Davidsen, J. G., Knudsen, R., Power, M., Næsje, T. F., Sjursen, A. D., Rønning, L., Hårsaker, K. & Arnekleiv, J. V. 2017. Trophic niche variation among sea trout *Salmo trutta* in Central Norway investigated by three different time-integrated trophic tracers -*Journal of Aquatic Biology* 26: 217-227.
- Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Rønning, L., Bordeleau, X., Daverdin, M., Whoriskey, F. & Koksvik, J. I. 2018. Marine vandringer og områdebruk hos sjørret og sjørøye i Tosenfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-8: 84 s.
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R. & Bjørn, P. A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. - *Marine Ecology Progress Series* 385: 1-14.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Uglem, I. & Bjørn, P.-A. 2010. Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. - *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 271-275.
- Do, C., Waples, R. S., Peel, D., Macbeth, G., Tillett, B. J. & Ovenden, J. R. 2014. NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size (N_e) from genetic data. - *Molecular Ecology Resources* 14: 209-214.

- Drywa, A., Poćwierz-Kotus, A., Wąs, A., Dobosz, S., Kent, M. P., Lien, S., Bernaś, R. & Wenne, R. 2013. Genotyping of two populations of Southern Baltic Sea trout *Salmo trutta* m. *trutta* using an Atlantic salmon derived SNP-array. - *Marine Genomics* 9: 25-32.
- Earl, D. A. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. - *Conservation Genetics Resources* 4: 359-361.
- Eldøy, S. H., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjørnsen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. 2015. Marine migration and habitat use of anadromous brown trout *Salmo trutta*. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72: 1366 - 1378.
- Eldøy, S. H., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F. G., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjørnsen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. V. 2017. Marine depth use of sea trout *Salmo trutta* in fjord areas of central Norway. - *Journal of Fish Biology* 91: 1268-1283.
- Elliott, J. A. 1997. Stomach contents of adult sea trout caught in six English rivers. - *Journal of Fish Biology* 50: 1129–1132
- Evanno, G., Regnaut, S. & Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. - *Molecular Ecology Notes* 14: 2611-2620.
- Flaten, A. C., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Rønning, L., Sjørnsen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. 2016. The first months at sea - migration and habitat use of sea trout *Salmo trutta* post-smolts - *Journal of Fish Biology* 89: 1624-1640.
- Foll, M. & Gaggiotti, O. 2008. A genome-scan method to identify selected loci appropriate for both dominant and codominant markers: A bayesian perspective. - *Genetics* 108: 977-993.
- Franklin, I. R. 1980. Evolutionary change in small populations. I Soule, M. E. & Wilcox, B. A., (red.). *Conservation Biology - An evolutionary-ecological perspective*. s.135-149 - Sinauer Associates Sunderland, MA, USA.
- Franklin, I. R., Allendorf, F. W. & Jamieson, I. G. 2014. The 50/500 rule is still valid—reply to Frankham *et al.* - *Biology Conservation* 176: 284-285.
- Frost, W. E. & Brown, M. E. 1967. *The trout*. - Collins, London. 286 s.
- Fulton, T. W. 1904. The rate of growth of fishes. - *Fisheries Board of Scotland Annual Report* 22: 141-241.
- Grønvik, S. & Klemetsen, A. 1987. Marine food and diet overlap of Co-occurring Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*S. salar* L.) off Senja, N. Norway. - *Polar Biology* 7: 173-177.
- Halttunen, E., Gjelland, K. Ø., Hamel, S., Serra-Llinares, R. M., Nilsen, R., Arechavala-Lopez, P., Skarøhamar, J., Johnsen, I. A., Asplin, L., Karlsen, Ø., Bjørn, P. A. & Finstad, B. 2017. Sea trout adapt their migratory behaviour in response to high salmon lice concentrations. - *Journal of Fish Diseases* 41: 953-967.
- Halvorsen, A. E. 2019. Marine migratory behaviour of anadromous brown trout and Arctic char in a Norwegian fjord system. - University of Oslo, Oslo. 46 s.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2008. Do northern riverine anadromous Arctic charr *Salvelinus alpinus* and sea trout *Salmo trutta* overwinter in estuarine and marine waters? - *Journal of Fish Biology* 73: 1810–1818.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2012. Archival tags reveal that Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta* can use estuarine and marine waters during winter. - *Journal of Fish Biology* 81: 735-749.
- Jensen, J. L. A., Rikardsen, A. H., Thorstad, E. B., Suhr, A. H., Davidsen, J. G. & Primicerio, R. 2014. Water temperatures influence the marine area use of *Salvelinus alpinus* and *Salmo trutta*. - *Journal of Fish Biology* 84: 1640–1653.
- Jensen, J. L. A., Christensen, G. N., Hawley, K. H., Rosten, C. M. & Rikardsen, A. H. 2016. Arctic charr exploit restricted urbanized coastal areas during marine migration: Could they be in harm's way? - *Hydrobiologia* 783: 335–345.
- Johansen, L.-H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.-A., Jansen, P. A. & Bergh, Ø. 2011. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. - *Aquaculture* 315: 167–186.
- Jombart, T. 2008. adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. - *Bioinformatics* 24: 1403-1405.

- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2009. A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. - *Journal of Fish Biology* 75: 2381-2447.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian river. - *Freshwater Biology* 47: 1391-1401.
- Karlsson, S., Hagen, M., Eriksen, L., Hindar, K., Jensen, A. J., Garcia de Leaniz, C., Cotter, D., Gudbergsson, G., Kahilainen, K. & Gudjonsson, S. 2013. A genetic marker for the maternal identification of Atlantic salmon x brown trout hybrids. - *Conservation Genetics Resources* 5: 47-49.
- Keenan, K., McGinnity, P., Cross, T. F., Crozier, W. W. & Prodöhl, P. A. 2013. DiveRcity: An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. - *Methods in Ecology and Evolution* 4: 782-788.
- Knudsen, R., Amundsen, P. A. & Rikardsen, A. H. 2011. Individual feeding specialisation of a naïve vs. veteran predators. - *Ecology of Freshwater Fish* 20: 522-528.
- Knutsen, J. A., Knutsen, H., Gjøsæter, J. & Jonsson, B. 2001. Food of anadromous brown trout at sea. - *Journal of Fish Biology* 59: 533-543.
- Kopelman, N. M., Mayzel, J., Jakobsson, M., Rosenberg, N. A. & Mayrose, I. 2015. Clumpak: a program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across K. - *Molecular Ecology Resources* 15: 1179-1191.
- Kristensen, M. L., Righton, D., Del Villar-Guerra, D., Baktoft, H. & Aarestrup, K. 2018. Temperature and depth preferences of adult sea trout *Salmo trutta* during the marine migration phase. - *Marine Ecology Progress Series* 599: 209-224.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch (*Perca fluviatilis*). - *Journal of Animal Ecology* 20: 201 - 209.
- Lea, E. 1910. On the methods used in herring investigations. - *Publications du Circonstance Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 53: 7-25.
- Lischer, H. E. & Excoffier, L. 2011. PGDSpider: an automated data conversion tool for connecting population genetics and genomics programs. - *Bioinformatics* 28: 298-299.
- Liu, Y., Bailey, J. L. & Davidsen, J. G. 2019. Social-Cultural Ecosystem Services of Sea Trout Recreational Fishing in Norway. - *Frontiers in Marine Science* 6: 1-13.
- Ljungfeldt, L. E. R., Quintel, M., Besnier, F., Nilse, F. & Glover, K. A. 2017. A pedigree-based experiment reveals variation in salinity and thermal tolerance in the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*. - *Evolutionary Applications* 10: 1007-1019.
- Loge, T. 2001. Tur d; Botnvatn - Nedre Knallerdalen. I sjørøyas rike. I Bang, L., Loge, T. & Sandvik, S., (red.). På tur i Fauske og Saltdal. Fauske og Saltdal kommuner. s.146-147.
- McMillan, L. & Fewster, R. 2017. Visualizations for genetic assignment analyses using the saddlepoint approximation method. - *Biometrics* 73: 1029-1041.
- Moore, I., Dodd, J. A., Newton, M., Bean, C. W., Lindsay, I., Jarosz, P. & Adams, C. E. 2018. The influence of aquaculture unit proximity on the pattern of *Lepeophtheirus salmonis* infection of anadromous *Salmo trutta* populations on the isle of Skye, Scotland. - *Journal of Fish Biology* 92: 1849-1865.
- Moran, B. M. & Anderson, E. C. 2018. Bayesian inference from the conditional genetic stock identification model. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 76: 551-560.
- Nall, G. H. 1930. The life of the sea trout. - Seeley, Service and Co., London. 335 s.
- Pendas, A. M., Moran, P., Martinez, J. L. & Garcia-Vazquez, E. 1995. Applications of 5S rDNA in Atlantic salmon, brown trout, and in Atlantic salmon x brown trout hybrid identification. - *Molecular Ecology* 4: 275-276.
- Pincock, D. G. 2012. False Detections: What they are and how to remove them from detection data. - *Vemco Application Note*: 11 s.
- Pratten, D. J. & Shearer, W. M. 1983. Sea trout of the North Esk. - *Fisheries Management* 14: 49-65.
- Pritchard, J. K., Stephens, M. & Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. - *Genetics* 155: 945-959.
- Rannala, B. & Mountain, J. L. 1997. Detecting immigration by using multilocus genotypes. - *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94: 9197-9201.

- Rikardsen, A. H., Dempson, J. B., Amundsen, P.-A., Bjørn, P. A., Finstad, B. & Jensen, A. J. 2007. Temporal variability in marine feeding of sympatric Arctic charr and sea trout. - *Journal of Fish Biology* 70: 837-847.
- Saint-Pé, K., Leitwein, M., Tissot, L., Poulet, N., Guinand, B., Berrebi, P., Marselli, G., Lascaux, J.-M., Gagnaire, P.-A. & Blanchet, S. 2019. Development of a large SNPs resource and a low-density SNP array for brown trout (*Salmo trutta*) population genetics. - *BMC Genomics* 20: 1-13.
- Sjursen, A. D., Rønning, L. & Davidsen, J. G. 2019. Overvåkning av anadrome laksefisk i Botnvassdraget, Nordland. Resultater fra overvåkning og metodeutvikling 2018. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-3: 28 s.
- Svenning, M. A. & Christensen, G. N. 1996. Fiskeribiologiske undersøkelser og utsettinger av røye i Bardumagasinet. - Norsk Institutt for Naturforskning. Oppdragsmelding 400: 20 s.
- Thorstad, E. B., Todd, C. D., Bjørn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Uglem, I., Berg, M. & Finstad, B. 2014. Effekter av lakselus på sjørreten - en litteraturoppsummering. - NINA Rapport 1071: 144 s.
- Thorstad, E. B., Todd, C. D., Uglem, I., Bjorn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. 2016. Marine life of the sea trout. - *Marine Biology* 163: 47.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E. & Jackson, D. 2013. Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. - *Journal of Fish Diseases* 36: 171-194.
- Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. & Sæther, B.-S. 2014. Impacts of attraction of wild marine fish to open cage salmonid farms in Norway. - *Aquaculture Environmental Interactions* 6: 91-103.
- Urbinaa, M. A., Cumilla, J. P., Paschke, K. & Gebauere, P. 2018. Effects of pharmaceuticals used to treat salmon lice on non-target species: Evidence from a systematic review. - *Science of the Total Environment* 649: 1124-1136.
- Vøllestad, L. A. 2018. Understanding Brown Trout Population Genetic Structure: A Northern-European Perspective. I Lobón-Cerviá, J. & Sanz, N., (red.). *Brown trout: Biology, Ecology and Management*. s.127-144 - Wiley West Sussex, UK.
- Wenne, R., Bernaś, R., Poćwierz-Kotus, A., Drywa, A. & Wąs, A. 2016. Recent genetic changes in enhanced populations of sea trout (*Salmo trutta*) in the southern Baltic rivers revealed with SNP analysis. - *Aquatic Living Resources* 29: 1-13.
- Yano, A., Guyomard, R., Nicol, B., Jouanno, E., Quillet, E., Klopp, C., Cabau, C., Bouchez, O., Fostier, A. & Guiguen, Y. 2012. An Immune-Related Gene Evolved into the Master Sex-Determining Gene in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. - *Current Biology* 22: 1423-1428.
- Závorka, L., Slavík, O. & Horký, P. 2014. Validation of scale-reading estimates of age and growth in a brown trout *Salmo trutta* population. - *Biologia* 69: 691-695.

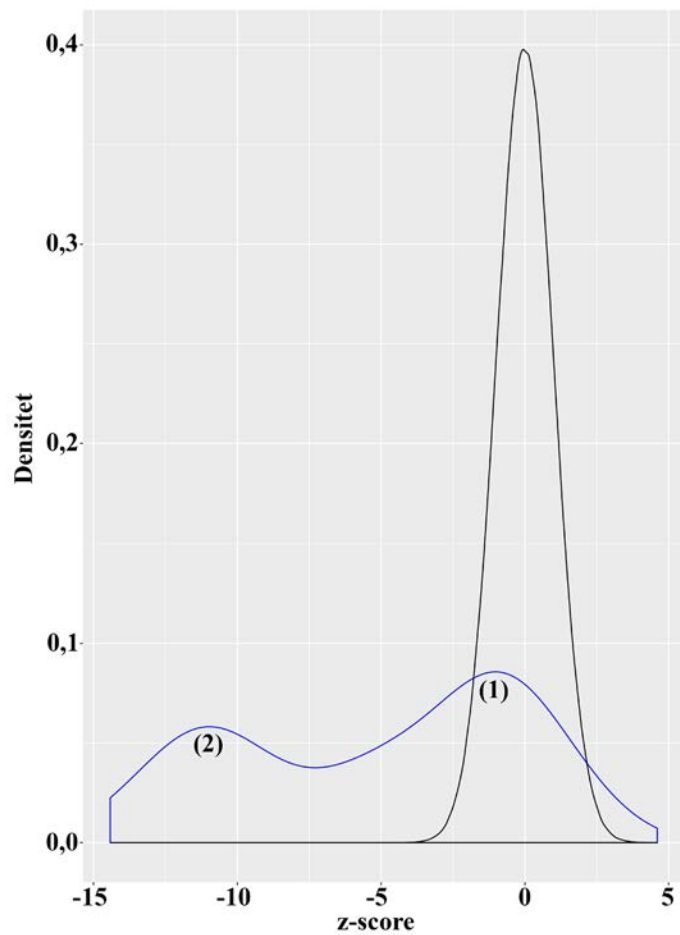
Vedlegg



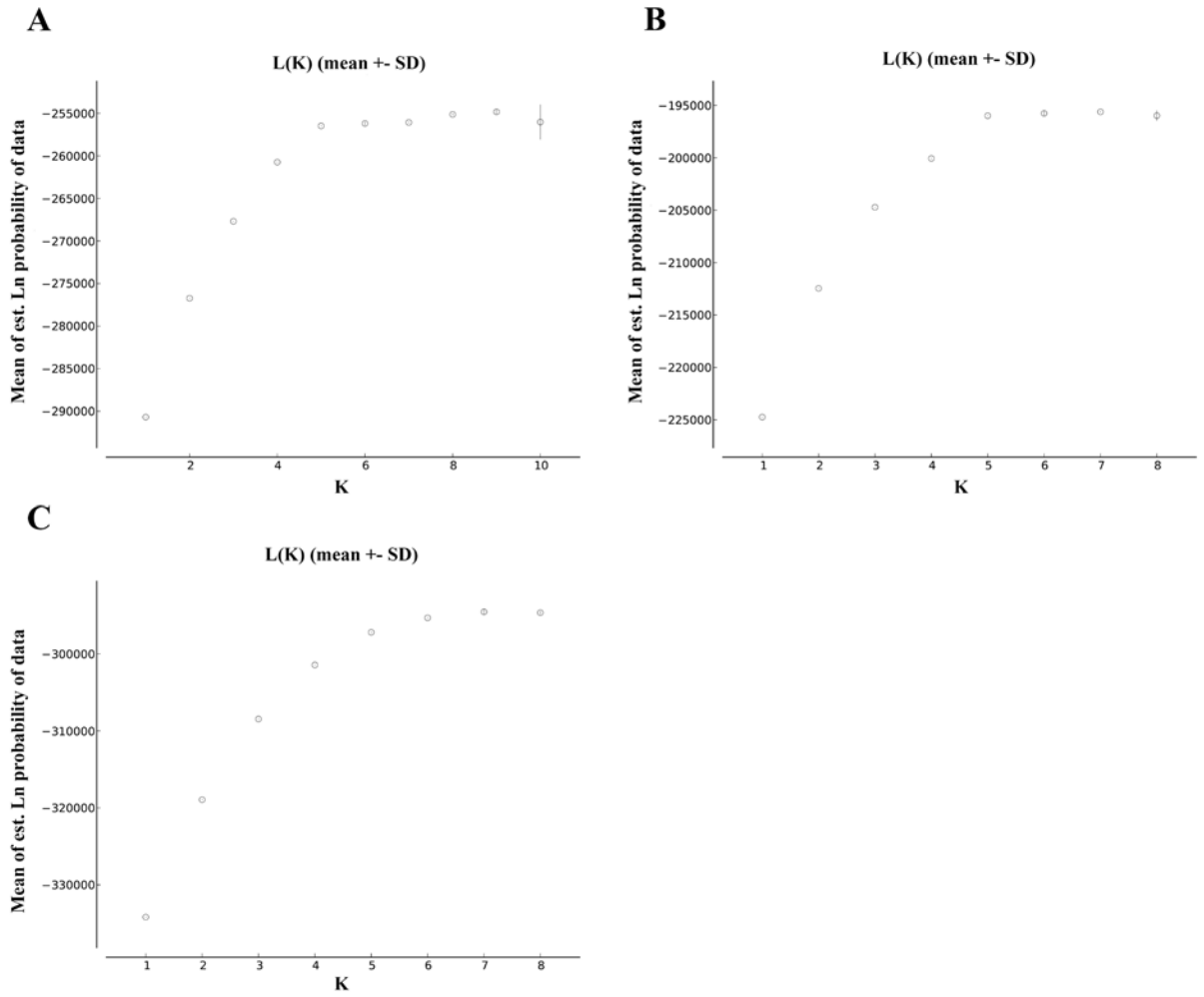
Figur V1: BayeScan identifiserte otte SNPs som sannsynligvis var påvirket av retningsbestemt seleksjon, 1532 nøytrale SNPs og 1969 SNPs som sannsynligvis var påvirket av balanserende seleksjon. Bare nøytrale SNPs ble benyttet til de populasjonsgenetiske analysene i denne rapporten.

Tabell V1: Oppsummering av antall av SNPs og individer bevart etter filtrering.

	Antall SNP	Individer (<i>n</i>)
Brunørret assay	5509	294
Filtrering		
<96% gjenkaldelsesrate og feil i prøver	4069	279
Fjerning av MSV-3	3694	
<95% gjenkaldelsesfrekvens	3667	
MAF 0,01	3509	
Fjerning av replika		266
Loci under seleksjon	1532	
Referanseindivider	1532	179
Seleksjon av referanseindivider	1532	119
Sportsfiskerfanget	1532	87



Figur V2: Rubins plot av z-scores basert på simulert datasett (svart) og sportsfiskerfanget (blå). Om sportsfiskerfanget bare inneholder individer der identifiseres med referansepopulasjonene hadde vi fått en spiss som ligner på den simulerte. Her ses to spisser og da passer modellen dårlig. Sannsynligvis inneholder spissene individer som kan tilnærmes referansepopulasjonene (1) og de som ikke kan (2).



Figur V3: Gjennomsnittlig estimert log-normalfordeling for antall populasjoner for (A) 7 innsamlingslokaliteter, (B) etablerte referansepopulasjoner og (C) for referansepopulasjonene og sportsfiskerfanget samlet.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-208-1
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/museum