

Jan Grimsrud Davidsen, Vilde Omholt, Sindre Håvarstein Eldøy, Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning, Anette Grimsrud Davidsen, Marc Daverdin, Jan Ivar Koksvik, Jo Vegar Arnekleiv & Gaute Kjærstad

Sjørretens vandringer og områdebruk i Gaulosen, Nidelva og Klefstadbekken, Trøndelag

**NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2020-11**



Jan Grimsrud Davidsen, Vilde Omholt, Sindre Håvarstein
Eldøy, Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning, Anette Grimsrud
Davidsen, Marc Daverdin, Jan Ivar Koksvik, Jo Vegar
Arnekleiv & Gaute Kjærstad

**Sjørretens vandringer og områdebruk i
Gaulosen, Nidelva og Klefstadbekken,
Trøndelag**

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., Omholt, V., Eldøy, S.H., Sjursen, A.D., Rønning, L., Davidson, A.G., Daverdin, M., Koksvik, J.I., Arnekleiv, J.V. & Kjærstad, G. 2020. Sjørretens vandringer og områdebruk i Gaulosen, Nidelva og Klefstadbekken, Trøndelag. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-11: 1-36.

Trondheim, desember 2020

Utgiver

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

Ansvarlig signatur

Hans K. Stenøien (instituttleder)

Kvalitetssikret av

Dag-Inge Øien

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Gaulosen sett fra sjøsiden. Foto: Sascha Brunkhorst

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-249-4

ISSN 1894-0056

Sammendrag

Daidsen, J.G., Omholt, V., Eldøy, S.H., Sjursen, A.D., Rønning, L., Daidsen, A.G., Daverdin, M., Koksvik, J.I., Arnekleiv, J.V. & Kjærstad, G. 2020. Sjøørretens vandringer og områdebruk i Gaulosen, Nidelva og Klefstadbekken, Trøndelag – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-11: 1-36.

De fleste elveoser fra større vassdrag er i dag kanalisert eller på annen måte utsatt for menneskelige inngrep, og det er et kontinuerlig press på å ta i bruk resterende uberørte elveoser. Brakkvannshabitatet elveosen utgjør, er et viktig habitat for sjøørret.

Generelt har vi lite kjennskap til sjøørretens vandringer mellom ferskvann og sjøen. Dette gjelder spesielt sjøørretens bruk av estuarier, definert som overgangssonen mellom ferskvann og sjøvann. Hensikten med denne rapporten er å dokumentere sjøørretens vandringer mellom elv, estuarie og fjord i den sterkt modifiserte Nidelva, bruken av estuariet i den nesten uberørte Gaulosen samt vandringer mellom ferskvann og fjord i sjøørretbekken Klefstadbekken på Byneset. Alle tre vassdrag renner ut i Trondheimsfjorden.

Vandringer og områdebruk til sjøørret merket i Gaulosen, Vigda (nær Gaulosen) og Nidelva ble kartlagt ved hjelp av elektroniske merker som sender ut et akustisk signal (69 KHz) som fanges opp av et nettverk av lyttestasjoner i vassdragene og fjorden (akustisk telemetri). Rekkevidden er typisk på 200-400 m og muliggjør derfor kartlegging over større områder. Vandringer til sjøørret inn og ut av Klefstadbekken ble kartlagt ved hjelp av PIT-merker. Dette er passive fiskemerker som har kort rekkevidde (<1 m) og som kun registreres når fisken passerer en såkalt PIT-antenne. Denne metoden gir derfor ikke data om områdebruk i fjorden, til gjengjeld kan man merke mindre individer enn ved bruk av akustiske merker.

Generelt oppholdt sjøørreten i Nidelva seg i elveosen i lengre perioder (uker) kun i mars og april, før utvandringen til fjorden. Om vinteren var det kun sporadiske besøk i elveosen i Nidelva. I Gaulosen brukte sjøørret estuariet aktivt hele året, men med flest individer til stede vinter, vår og høst. Gaulosen skiller seg ut fra Nidelva ved å ha store tidevannspåvirkede bløtbunnsområder og slike områder er kjent for å tilby gode beitemuligheter (f.eks. børstemark og mindre fisk).

Sjøørreten i Gaulosen-estuariet oppholdt seg generelt nær overflaten med en gjennomsnittlig svømmedybde på 2,4 m (variasjonsbredde = 0,1-25,6 m). Svømmedybden var påvirket av årstid og fiskens kroppslengde. En sammenligning av svømmedybden i estuariet og fjorden viste at svømmedybden i månedene desember til juni var grunnere i estuariet (gjennomsnitt = 2,9 m, variasjonsbredde = 0,4-25,6 m) enn i fjorden (gjennomsnitt = 5,7 m, variasjonsbredde 0,5-14,0 m).

Seks av de 33 sjøørretene (18 %) som ble merket i Gaulosen om våren vandret i løpet av sommeren samme år til elvene Nidelva (N = 4) eller Orkla (N = 2). Videre ble en fisk merket i elva Vigda høsten 2018 registrert i Nidelva sommeren 2019. Sommervandringene til Nidelva og Orkla av fisk merket i Gaulosen på våren indikerer at Gaulosen er et viktig oppholdsområde vinter og vår for sjøørret. Dette gjelder ikke bare for individer fra Gaula, men også fra andre nærliggende vassdrag. Resultatene understreker viktigheten av å ta vare på eksisterende grunne brakkvannshabitat med bløtbunn.

Ørret ble registrert vandrernes ut fra Klefstadbekken i alle måneder av året, bortsett fra mars og april hvor PIT-antennen ikke var operativ grunnet is. Oppvandring fra sjøen ble registrert i alle måneder bortsett fra januar, mars og april. De fleste ørretene var kun ute i sjøen i én til to dager.

Av 29 sjøørreter som ble gjenutsatt i Nidelva etter å ha vært benyttet til produksjon av ørretyngel på settefiskanlegget ved Lundamo forsvant ti individer (29 %) fra elva der hvor de ble satt ut, antakeligvis grunnet predasjon. Det var kun én av de 29 sjøørretene som etter gjenutsetting vandret til fjorden for seinere å komme tilbake.

Nøkkelord: Brunørret – elveos – estuarie – fisketelemetri – Trondheimsfjorden

Jan Grimsrud Daidsen, Vilde Omholt, Sindre Håvarstein Eldøy, Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning, Anette Grimsrud Daidsen, Marc Daverdin, Jan Ivar Koksvik, Jo Vegar Arnekleiv & Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Summary

Davidson, J.G., Omholt, V., Eldøy, S.H., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Davidson, A.G., Daverdin, M., Koksvik, J.I., Arnekleiv, J.V. & Kjærstad, G. 2020. Migration and area use of anadromous brown trout in Gaulosen estuary, River Nidelva og the creek Klefstadbekken, Trøndelag – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-11: 1-36.

Most river mouths from larger watercourses are today canalized or otherwise exposed to human intervention and there is a continuous pressure for coastal development in the remaining areas. Estuaries, defined as the transition zone between freshwater and seawater, are important habitats for anadromous brown trout (*Salmo trutta*), often termed sea trout.

We have limited knowledge about sea trout migrations between freshwater and the sea, and especially about its use of estuaries. The aim of this report is therefore to document the sea trout's migrations between river, estuary and fjord in the heavily modified Nidelva, the use of the estuary in the almost pristine Gaulosen and migrations between freshwater and the marine fjord in the creek Klefstadbekken on Byneset. All three watercourses drain into Trondheimsfjorden.

Migration and area use for sea trout tagged in Gaulosen, the river Vigda (near Gaulosen) and Nidelva were mapped using electronic tags that emit an acoustic signal (69 kHz) which is detected by a network of automatic listening stations (acoustic telemetry). The range of the transmitters is typically 200-400 meters, enabling mapping over larger areas. Sea trout leaving and returning to the creek Klefstadbekken, between Nidelva and Gaulosen, were recorded using Passive integrated transponder (PIT) tags. These are passive fish tags that have a short range (<1 m) and are only registered when the fish passes PIT antennas mounted in the river.

In general, sea trout tagged in Nidelva stayed in the estuary for longer periods (weeks) only during March and April, prior to migration to the fjord. There were few fish with occasional visits to the estuary during winter. Sea trout in Gaulosen used the estuary actively throughout the year, but with the highest numbers of individuals present during winter, spring and autumn and fewer during summer. Gaulosen stands out from the Nidelva by having large areas of tidal-affected soft bottom flats, which are known to offer good feeding opportunities for sea trout (e.g. polychaeta and smaller fish).

The sea trout in the Gaulosen estuary mainly stayed close to the surface with a mean swimming depth of 2.4 m (range = 0.1 - 25.6 m). Swimming depths were affected by the season of the year and fish body size. During December to June (which was the period with comparable data), swimming depths was shallower in the estuary (mean = 2.9 m, range = 0.4 - 25.6 m) than in the fjord (mean = 5.7 m, range 0.5 - 14.0 m).

Six of the 33 sea trouts (18%) that were tagged in Gaulosen in the spring, migrated during the summer of the same year to the rivers Nidelva (n = 4) or Orkla (n = 2). Furthermore, one fish tagged in Vigda during autumn 2018 was registered in Nidelva during summer 2019. The summer migrations to Nidelva and Orkla of fish tagged in Gaulosen during the spring, indicate that Gaulosen is an important habitat for sea trout during winter and spring. This applies not only to individuals from Gaula, but also to sea trout from other nearby watercourses. The results emphasize the importance of taking care of existing shallow brackish water habitats with soft bottom beds.

Brown trout were observed migrating from Klefstadbekken to the marine fjord during all months except March and April when the PIT antenna was not operational due to ice. The brown trout were recorded migrating back to the creek during all months except January, March and April. Most brown trout were remaining in the fjord for one to two days before returning to the creek.

From 29 sea trout re-released into Nidelva after being used as brood stock for production of fry at the hatchery at Lundamo, ten individuals (29%) disappeared from the river at the same site as they were released, most likely due to predation. Only one fish (3%) performed a successful feeding migration to the marine fjord and back.

Key words: Brown trout – estuaries – fish telemetry – river mouth – sea trout – Trondheimsfjorden

Jan Grimsrud Davidson, Vilde Omholt, Sindre Håvarstein Eldøy, Aslak Darre Sjørnsen, Lars Rønning, Anette Grimsrud Davidson, Marc Daverdin, Jan Ivar Koksvik, Jo Vegar Arnekleiv & Gaute Kjærstad, NTNU University museum, Department of Natural History, NO-7491 Trondheim

Innhold

Sammendrag	4
Summary	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Materiale og metode	9
2.1 Områdebeskrivelse	9
2.1.1 Nidelva	9
2.1.2 Gaulosen og Vigda	9
2.1.3 Klefstadbekken	10
2.2 Fangst og merking av sjørret	13
2.2.1 Nidelva	15
2.2.2 Gaulosen og Vigda	15
2.2.3 Klefstadbekken	17
2.3 Sporing av vandringer og områdebruk til sjørret	17
2.3.1 Registrering av vandringsatferd med akustiske lyttestasjoner	17
2.3.2 Registrering av vandringsatferd ved manuell akustisk peiling i Nidelva	18
2.3.3 Registrering av inn- og utvandring i Klefstadbekken med PIT-antenne	18
2.4 Tilbakeberegning av alder og lengdevekst	18
2.5 Genetiske analyser	19
2.6 Dataanalyser	19
2.6.1 Kondisjonsfaktor	19
2.6.2 Analyser av vandringer til sjørret merket i Nidelva	19
2.6.3 Analyser av vandringer til sjørret merket i Gaulosen og Vigda	20
2.6.4 Analyser av inn- og utvandring til sjørret merket i Klefstadbekken	20
3 Resultater	21
3.1 Nidelva	21
3.1.1 Tidspunkt for utvandring og tilbakevandring	21
3.1.2 Lengde av fjordopphold	21
3.1.3 Opphold i elveosen	21
3.1.4 Gjenfangstrater	21
3.1.5 Tilbakeberegnet vekst	21
3.1.6 Atferd til gjenutsatt stamfisk	23
3.2 Gaulosen	23
3.2.1 Forskjeller på lengde, vekt, kondisjon og alder mellom merkegrupper	23
3.2.2 Sjørretens bruk av Gaulosen i løpet av året	24
3.2.3 Svømmedybde i Gaulosen-estuariet og lengre ute i fjorden	25
3.2.4 Vandring mellom vassdrag	27
3.2.5 Tilbakeberegnet vekst	28
3.3 Klefstadbekken	30
4 Diskusjon	33
4.1 Sjørretens bruk av estuariet i Nidelva og Gaulosen	33
4.2 Vandring mellom vassdrag og inn og utvandring fra Klefstadbekken	33
4.3 Atferd og overlevelse til gjenutsatt stamfisk	34
5 Referanser	35

Forord

NTNU Vitenskapsmuseet har gjennom mange år kartlagt vandringer og atferd til sjørret fra vassdrag rundt Trondheim. Hensikten med denne rapporten er å presentere urapporterte data fra flere av disse prosjektene. Nærmere bestemt dreier det seg om vandringer til sjørretveteraner fanget i Nidelva, Gaulosen og Vigda samt inn- og utvandring til ungfisk av ørret fra Klefstadbekken på Byneset. Feltarbeidet har pågått over en årrekke og har involvert mange frivillige og studenter. Det skal herved lyde en stor takk til alle som har bidratt med sjørretfiske i Nidelva i seine nattetimer, tatt seg fram i den uveisomme Klefstadbekken eller stått på i snø og regn i Gaulosen. Jo Arve Alfredsen og mannskapet om bord på FF Gunnerus takkes også for praktisk bistand på fjorden.

Resultatene fra Gaulosen ble første gang presentert i Vilde Omholt sin masteroppgave fra 2020 «Habitat use and depth preferences of sea trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian estuary» og i Sascha Brunkhorst (Hochschule Bremen) sitt Erasmus prosjekt «One Fish – two estuaries. A comparative analysis of spatial and temporal behaviour of brown trout (*Salmo trutta*) in a natural- and an anthropogenic influenced environment».

Som en del av sjørretprosjektet i Nidelva, ble vandringer og områdebruk til klekkeriproduisert sjørretsmolt kartlagt i to omganger. Disse resultatene har tidligere blitt presentert i egen rapport og artikler (Davidsen mfl. 2014a, Davidsen mfl. 2014b, Davidsen mfl. 2014c) og er derfor ikke inkludert i denne rapporten.

Prosjektene har vært finansiert av Fylkesmannen i Sør-Trøndelag (nå Trøndelag), Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab, Stiftelsen Trondhjems Fiskeriselskab 1880 og NTNU Vitenskapsmuseet.

Trondheim, 1. desember 2020

Jan Grimsrud Davidsen
NTNU Vitenskapsmuseet

1 Innledning

Elveos er viktige habitat for sjørret, men de fleste elveos fra større vassdrag er i dag kanalisert eller på annen måte utsatt for menneskelige inngrep og det er et kontinuerlig press på å ta i bruk resterende uberørte elveos. I Trondheimsfjorden fins det både uberørte og sterkt modifiserte elveos.

Gaulosen er en nærmest uberørt elveos. Som brakkvannsdelta ansees Gaulosen som et av få lite påvirkede elvedelta og estuarier i Norge. Området består av store tidevannsflater og grunne arealer med sand- og mudderbunn, samt relativt bratte skråninger med hardt fjell ned til den flate fjordbunnen med dyp på mer enn 200 m, ganske langt inn i fjordarmen. Gaula er i tillegg lite påvirket av kraftverksproduksjon så vannføringen i elva er i stor grad preget av naturlig vannføring. Gaulosen er i dag et naturreservat.

I motsetning til Gaulosen er elveosen til Nidelva sterkt modifisert. Elva slynger seg gjennom Trondheim by og er kanalisert de siste km fra Nidarø til utløpene til Trondheimsfjorden. Det finnes ikke de samme grunne tidevannspåvirkede områder som ved utløpet av Gaulosen. Videre er Nidelva gjennomregulert med vannkraftverk og vannføringen styres i stor grad av kraftproduksjonen i disse.

Sjørretens vandring til sjøen varierer med årstiden. I vassdrag med innsjøer kan fiskene overvintr i ferskvann og beite i sjøen om sommeren i 2-4 måneder, hvor de øker betydelig i vekt (Berg & Berg 1989, Klemetsen mfl. 2003, Davidsen mfl. 2014d). Overvintring i sjøen er også vanlig hos sjørret i Sør-Norge (Jonsson & Jonsson, 2006). I Midt- og Nord-Norge er det dokumentert overvintring i sjøen i noen elvelevende bestander (Jensen & Rikardsen 2008, 2012, Davidsen mfl. 2014d, Davidsen mfl. 2017b, Davidsen mfl. 2019). Men generelt har vi lite kjennskap til individenes vandring mellom ferskvann og sjøen og spesielt om dens bruk av estuarier, definert som overgangssonen mellom ferskvann og sjøvann.

I en klassifisering av tilstanden til 430 norske sjørretbestander ble det vurdert at kun 20 % av bestandene hadde en god eller svært god tilstand (85 bestander) (Anon. 2019). Nesten halvparten av bestandene var i dårlig eller svært dårlig tilstand (208 bestander). De øvrige 137 bestandene var i moderat tilstand. Den klart største negative påvirkningen på sjørreten var lakselus, som påvirket svært mange av de vurderte bestandene. Vannkraftregulering og landbruk hadde også en stor negativ effekt på mange bestander. Deretter kom samferdsel og fangst som viktige påvirkninger. Nylige undersøkelser (Davidsen mfl. 2014d, Davidsen mfl. 2018, Davidsen mfl. 2019) har vist at sjørret med opphav fra ulike typer vassdrag slik som elver med tilgang til innsjø, store elvesystemer med utstrakt brakkvannsområde eller små elver med lite egnet overvintringshabitat har ulik marin vandringsatferd. Dette medfører at type ferskvannshabitat som sjørreten stammer fra vil kunne påvirke i hvilken grad sjørreten utsettes for menneskelige påvirkninger under sjøoppholdet, men vi har fortsatt for lite kunnskap om denne sammenhengen.

Hensikten med denne rapporten er å dokumentere sjørretens vandring mellom elv, estuarie og fjord i den sterkt modifiserte Nidelva, bruken av estuariet i den nesten uberørte Gaulosen samt vandring mellom ferskvann og fjord i sjørretbekken Klefstadbekken. Alle tre vassdrag drenerer ut i Trondheimsfjorden.

2 Materiale og metode

Vandring og områdebruk til sjørret merket i Gaulosen, Vigda og Nidelva ble kartlagt ved hjelp av elektroniske merker som utsender et akustisk signal som igjen fanges opp av et nettverk av lyttestasjoner (akustisk telemetri). Rekkevidden er typisk på 200-400 m og muliggjør derfor kartlegging over et større område. Vandring til sjørret inn og ut av Klefstadbekken på Byeneset ble kartlagt ved hjelp av PIT-merker. Dette er passive fiskemerker som har kort rekkevidde (<1 m) og som kun registreres når fisken passerer en såkalt PIT-antenne. Denne metoden gir derfor ikke data om områdebruk i fjorden, til gjengjeld kan man merke mindre individer enn ved bruk av akustiske merker.

2.1 Områdebeskrivelse

Nidelva, Gaulosen, Vigda og Klefstadbekken grenser alle til Trondheimsfjorden i Trøndelag.

2.1.1 Nidelva

Nidelva har en lakse- og sjørretførende strekning på 9 km fra havna i Trondheim og opp til Nedre Leirfoss (figur 1). Elva renner med jevn strøm de nederste 5 km fra Tempebanen til elvemunningen. Tidevannet kan virke på strømhastigheten og vannstanden helt opp til Stavne (V12, figur 1), men grensen for saltpåvirkning finnes i området mellom Nidarø (V10/V11, figur 1) og Elgeseter bru (Arnekleiv mfl. 2017). Mellom Tempe og Leirfossølen veksler elva mellom korte strykstrekninger og store høyer. Undersøkelser i 2010 viser at det foregår gyting og fiskeproduksjon helt ned til gangbrua ved Nidarø (Arnekleiv mfl. 2017).

Nidelva er først og fremst kjent for sin storvokste laksestamme, men også sjørreten er gjennomgående stor sammenlignet med naboelvene i Trondheimsfjorden. I perioden 1980-1999 utgjorde sjørret 11-44 % av totalt årlig fangstkvantum av laks og sjørret, i gjennomsnitt 21 %, eller 764 kg. I siste femårsperiode med tillatt fangst (2004-2008) var fangstene av sjørret mye lavere og utgjorde bare 6 % av totalfangstene og i gjennomsnitt 259 kg. Fra 2009 har sjørreten vært fredet. Gjennomsnittsvekten på sjørret har imidlertid holdt seg høy og var 1,6 kg for hele perioden 1980-2008 (Fylkesmannen i Sør-Trøndelag).

2.1.2 Gaulosen og Vigda

Gaulosen, elvemunningen til Gaula, består av store tidevannspåvirkede, grunne områder med sand og mudderbunn. Ved fjære sjø er betydelige arealer tørrlagt. Maksimal vanndybde i undersøkelsesområdet (figur 2) er 200 m. Gaula, med et nedbørsfelt på 3668 km², er den viktigste elva som drenerer ut i Gaulosen, og det er dette elveutløpet og tidevannet som hovedsakelig styrer strømningene i Gaulosen. I elvemunningen møter ferskvannet saltvannet fra Trondheimsfjorden og blandes. Dette danner et lag med brakkvann ved overflaten, mens de mer marine vannmassene holder seg dypere.

Gaulosen er en stor elveos i relativt god naturlig tilstand og er derfor av stor økologisk verdi. Området har hatt vernestatus som naturreservat siden juni 2016, og den beskyttede sonen dekker et område på rundt 11 km². Bevaringsverdien for området er knyttet til dets økologiske funksjoner, det bentiske miljøet og den kjemiske sammensetningen som gir grobunn for et rikt og mangfoldig plante- og dyreliv og derved gjør det til et viktig område for fugler og fisker. Spesielt de store grunne, myke bunnområdene er viktige oppvekstområder for mange fiskeslag (Ulsund 2017). Gaulosen inngår, sammen med 11 andre verneområder, som en del av Trondheimsfjordens våtmarkssystem som er et Ramsar-område, dvs. internasjonalt viktige våtmarksområder. I tillegg til Gaulosen omfatter denne delen av undersøkelsen også nedre deler av elvene Orkla, Gaula og Nidelva

Vigda er et lite vassdrag som munner ut i Buvika i Skaun kommune. Nedbørsfeltet er på 150 km². Laks og sjørret kan gå opp til Rakbjørgfossen ca. 9,3 km fra sjøen. Nedstrøms Rakbjørgfossen er elva stort sett meanderende og variert. I den øverste strekningen på om lag 4 km er det en tett

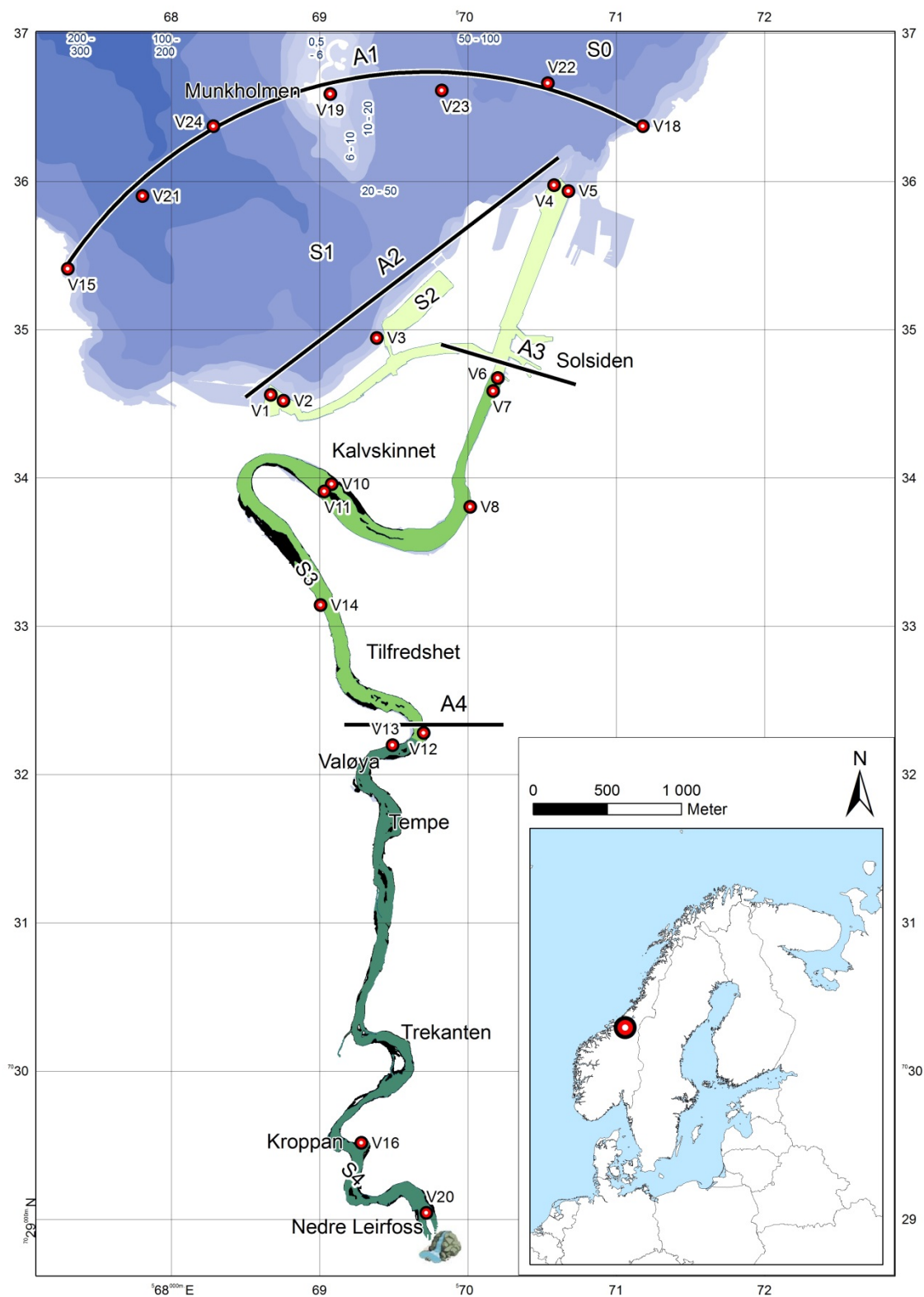
og overhengende kantvegetasjon, som skaper gode forhold for ungfisk av laks og sjørøret. I den nederste delen av vassdraget ble det i perioden 2002-2006 gjort omfattende sikringstiltak med plastring av elvebunn og bredd. Vigda er regulert.

2.1.3 Klefstadbekken

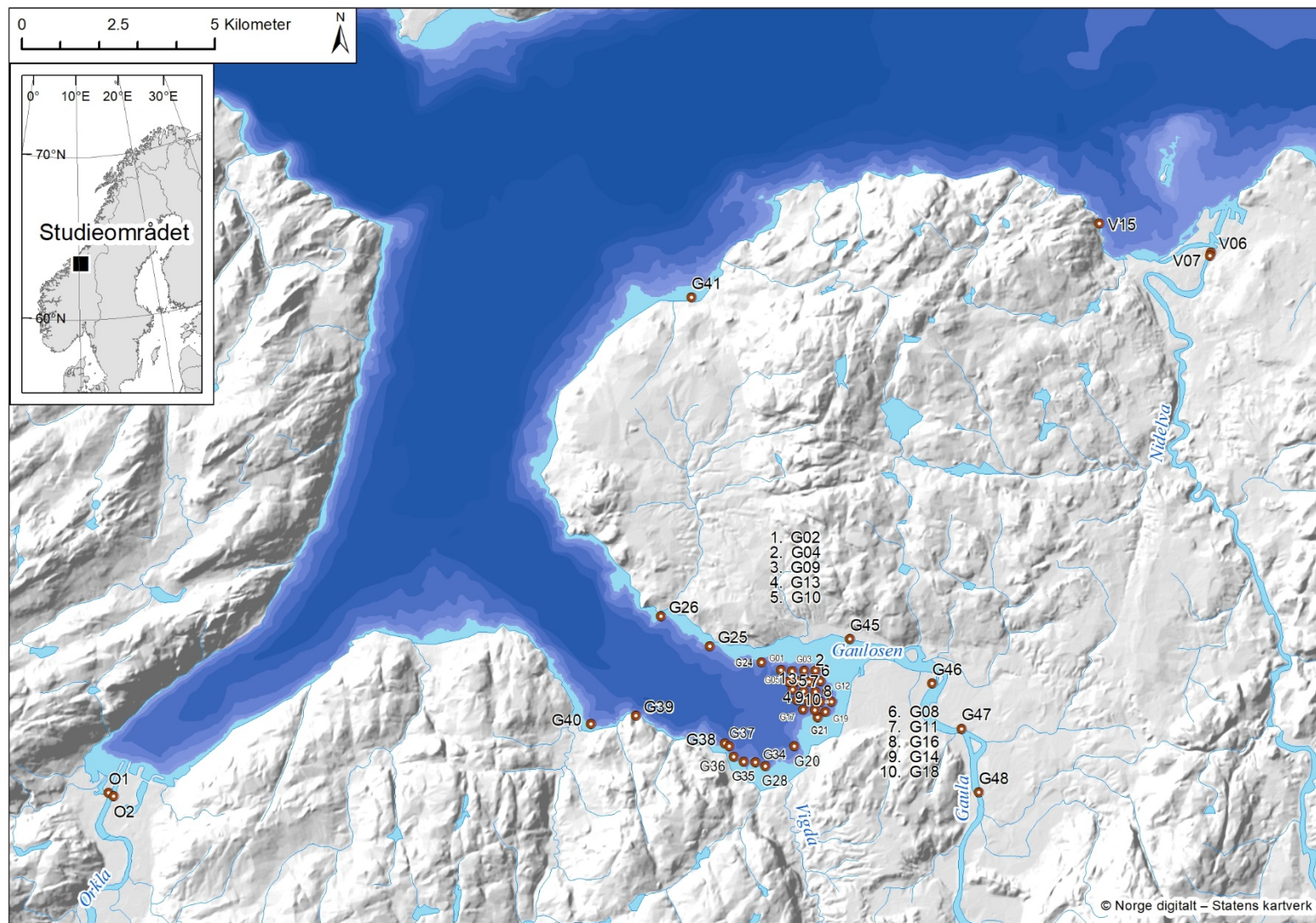
Klefstadbekken (figur 3) er lokalisert på Byneset ved Trondheim. Anadrom strekning er ca. 800 m. Lokaliteten har en god bestand av sjørøret, med sikker årlig rekruttering (Bergan mfl. 2008). Tetthet av årsyngel og ungfisk $\geq 1+$ var i 2006 henholdsvis 78,5 og 60,7 ind./100m². Bekken har en gunstig alderssammensetning av fisk, og den økologiske tilstanden vurderes som "God" (Bergan mfl. 2008). Det har dog i seinere år blitt observert problemer med oppgangsforhold for gytefisk ved lav vannføring (Nøst 2019). Bekken drenerer ut til midtre del av Trondheimsfjorden.



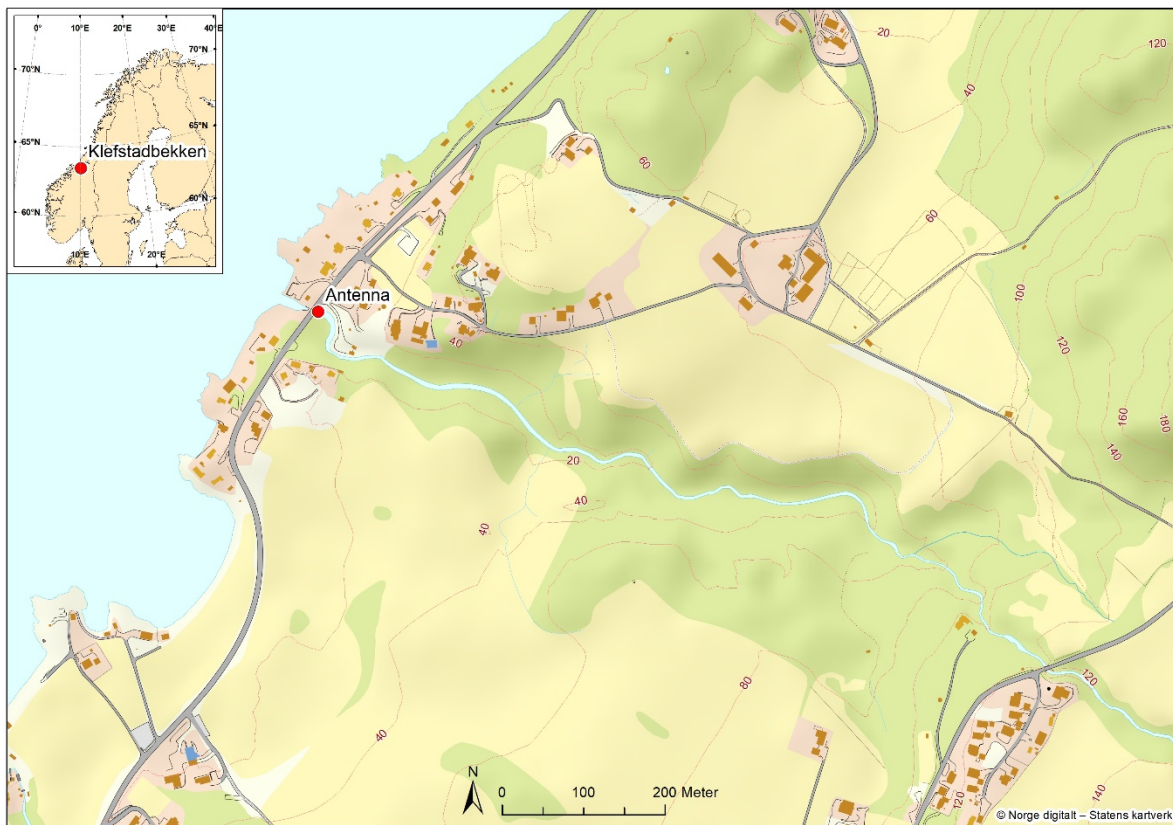
Gaulosen-estuariet (øverst) og Nidelva-estuariet (nederst). Foto: Sascha Brunkhorst.



Figur 1. Kart over anadrom strekning av Nidelva med plassering av automatiske lyttestasjoner (V1-V20). A1-A4 angir linjer av lyttestasjoner, hvor all fisk som passerte ble registrert. Vannfallsymbol viser plassering av kraftverk som er plassert ved naturlig slutt for lakseførende del av elva. Sonene S0 og S1 er område med saltvann, S2 er overgangssonen mellom elv og fjord, S3 er nedre deler av elva som er påvirket av tidevannet, mens S4 er upåvirket. V21-V24 var kun operative i årene 2012-2014.



Figur 2. Plassering av lyttestasjoner (rød sirkel med hvit prikk) i Orkla, Gaulosen, Gaula, Nidelva og langs kysten mellom disse områdene.



Figur 3. Klefstadbekken med plassering av PIT-antenne.

2.2 Fangst og merking av sjørøret

Vill sjørøret i Nidelva ($N = 42$) og Gaulosen ($N = 33$) ble fanget med stang og flue eller sluk. I Vigda ($N = 10$) ble sjørøret fanget ved lystring (hodelykt og håv), mens den i Klefstadbekken ($N = 765$) ble innfanget ved elfiske.

Voksen sjørøret fanget i Nidelva og brukt til stamfiskproduksjon på settefiskanlegget Lundamo ble merket på settefiskanlegget og derpå transportert til Valøya (figur 1) for utsetting.

All fisk ble merket etter samme metode. 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 (Nidelva, Gaulosen, Vigda) 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). I Klefstadbekken ble et PIT-merke innsatt i bukhulen ved hjelp av et 3 mm langt snitt eller via injeksjon via kanyle. Ved behov ble såret lukket med et sting.

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. En bit av fettfinnen ble lagt på sprit og frosset for eventuelle seinere genetiske analyser. I Nidelva, Vigda og Gaulosen ble fisken i tillegg til den indre merkingen med akustisk sender også merket med et ytre 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 Sør-Trøndelag.



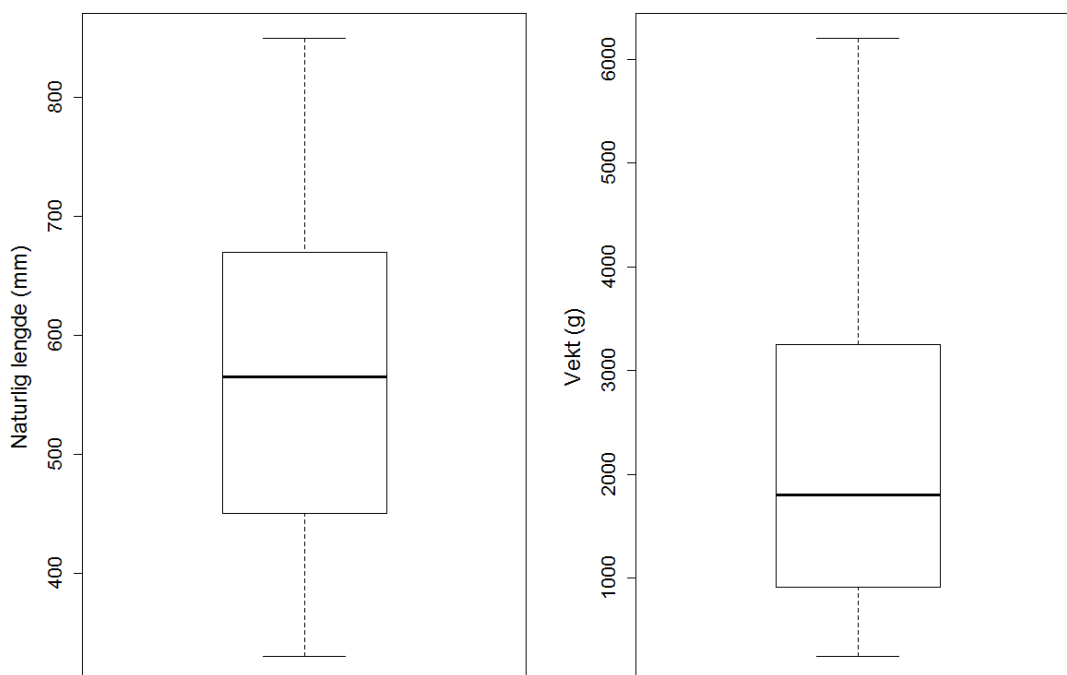
Fangst av sjørørret en sein nattetime i Nidelva. Foto: Jan Grimsrud Davidsen.



Merking av sjørørret ved Gaulosen. Foto: Heimdal politistasjon.

2.2.1 Nidelva

I perioden fra 16.03.2011 til 17.08.2013 ble i alt 42 sjørøret fanget, merket og gjenutsatt i Nidelva. Fordelingen av lengde og vekt kommer frem av figur 4.



Figur 4. Fordeling av naturlig lengde (venstre) og vekt (høyre) til 42 sjørøret fanget for akustisk merking i Nidelva i perioden 16.03.2011 til 17.08.2013. 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.

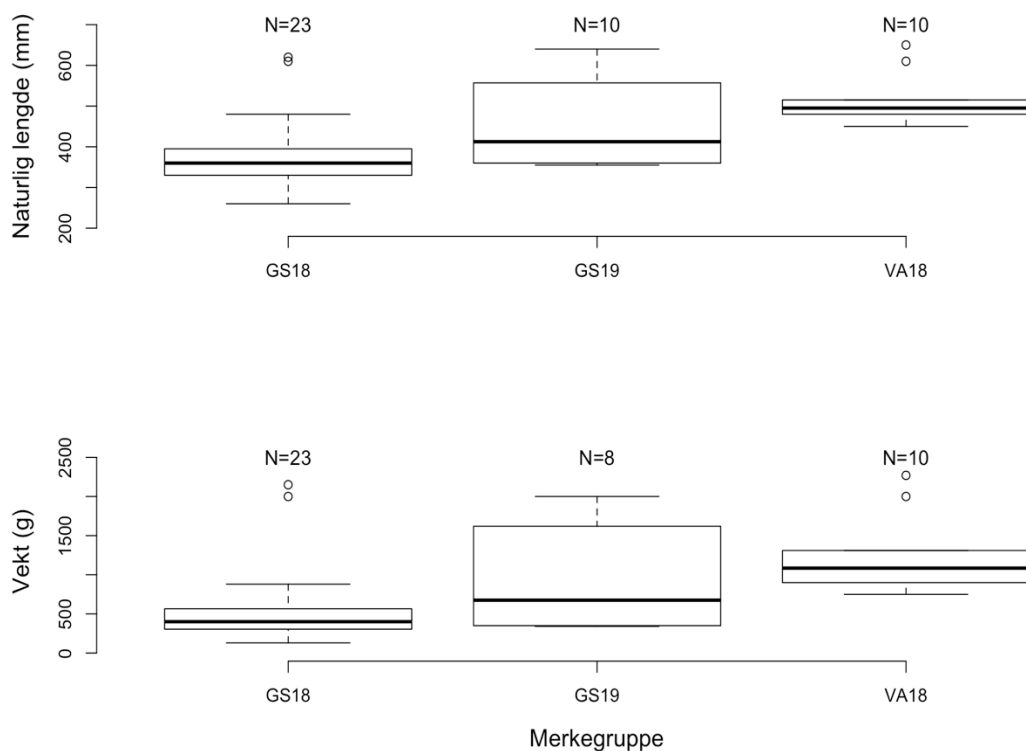
Det ble benyttet 3 ulike type merker. En sjørøret ble merket med Thelma Biotel modell ADT-9-LONG, tre med Vemco modell V9-2L og de resterende 38 fisk med Vemco modell V13-1L. Den tekniske beskrivelse av de ulike senderne framgår av tabell 1. Alle merketypene sendte signalet med fiskens individuelle ID med et tilfeldig tidsintervall med minimum 20 sekunder og maksimum 60 sekunders mellomrom.

Tabell 1. Teknisk beskrivelse av de ulike typer av akustiske sendere brukt ved merking av sjørøret i Nidelva 2011-2013.

Firma	Modell	Diameter (mm)	Lengde (mm)	Vekt i luft (g)	Signalstyrke (dB re 1uPa @1m)	Estimert batterilevetid (dager)
Thelma Biotel	ADT-9-LONG	9	39	6,8	146	267
Vemco	V9-2L	9	29	4,7	146	282
Vemco	V13-1L	13	36	11,0	147	622

2.2.2 Gaulosen og Vigda

I perioden fra 20.05.2018 til 04.04.2019 ble i alt 43 sjørøret fanget, merket og gjenutsatt i Gaulosen og Vigda (tabell 2). Naturlig lengde varierte fra 260-640 mm. Fordelingen av lengde, vekt og alder kommer frem av figur 5 og tabell 2. I tillegg til fiskens ID-nummer, målte og videresendte 33 av de akustiske merkene også fiskens svømmedybde (Thelma Biotel modell D-HP9-L; diameter: 9 mm, lengde 39 mm; vekt i luft: 6,8 g; estimert batterilevetid: 315 dager). Merkene sendte signalet med fiskens individuelle ID med et tilfeldig tidsintervall med minimum 30 sekunder og maksimum 90 sekunders mellomrom.



Figur 5. Fordeling av naturlig lengde (øverst) og vekt (nederst) til 43 sjørøret fanget for akustisk merking i Gaulosen (GS18 & GS19) og Vigda (VA18) i perioden 20.05.2018 til 04.04.2019. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplete linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel.

Tabell 2. Oversikt over grupper av sjørøretveteraner merket med akustiske merker i Gaulosen og Vigda. S indikerer merking om våren, mens A indikerer merking på høsten.

Merke- gruppe	Dato	Lokalitet	N	Naturlig lengde (mm)		Vekt (g)		Alder (år)	
				Gjennom- snitt (S.D)	V. bredde	Gjennom- snitt (S.D)	V. bredde	Gjennom- snitt (S.D)	V. bredde
GS18	20.03-05.04. 2018	Gaulosen	23	378 (94)	260- 620	550 (518)	130- 2150	4,5 (0,8)	3-6
VA18	10.10. 2018	Vigda	10	515 (65)	450- 650	1255 (499)	750- 2270	5,7 (0,5)	5-6
GS19	25.02-04.04. 2019	Gaulosen	10	458 (109)	355- 640	954 (695)	340- 2000	5,6 (1,6)	3-8

2.2.3 Klefstadbekken

I perioden fra 15.04.2015 til 08.05.2019 ble i alt 765 sjørret fanget, merket og gjenutsatt i Klefstadbekken (tabell 3). Naturlig lengde varierte fra 85-227 mm. Fiskene ble merket med 12 mm (N = 480) eller 23 mm (N = 285) PIT-merker, avhengig av fiskens størrelse (< 145 mm: 12 mm merke). Merkene ble registrert når fisken passerte over PIT-antennene som var montert i kulverten like oppstrøms elvemunningen.

Tabell 3. Fangstdato, antall fisk som ble PIT-merket og fordeling av lengde og vekt mellom merkegruppene for juvenil sjørret fanget og merket i Klefstadbekken. na: ingen data

År	Dato	N	Naturlig lengde (mm)		Vekt (g)	
			Gjennom-snitt (S.D)	V. bredde	Gjennom-snitt (S.D)	V. bredde
2015	15.04-24.09	225	132 (27)	88-227	25 (18)	7-118
2016	20.04.-21.10	214	124 (22)	85-212	19 (11)	6-64
2017	25.05-08.09	293	120 (22)	85-220	19 (13)	6-106
2018	08.05-16.05	28	112 (19)	91-160	16 (8)	7-42
2019	08.05	5	115 (34)	86-159	na	na

2.3 Sporing av vandringer og områdebruk til sjørret

Sjørret merket i Nidelva, Gaulosen og Vigda ble sporet ved hjelp av akustisk telemetri, mens vandringer til sjørret fra Klefstadbekken ble sporet ved hjelp av PIT-telemetri.

2.3.1 Registrering av vandringsatferd med akustiske lyttestasjoner

De akustiske senderne brukt ved merking i Nidelva, Vigda og Gaulosen sendte ut et unikt lydsignal (69 kHz) som ble registrert når fisken var innen rekkevidde av en lyttestasjon. Det ble benyttet ulike modeller (Vemco modell VR2, VR2W eller VR2-AR; Thelma modell TBR700), men alle fungerer med samme teknologi. I fjordsystemet ble lyttestasjonene enten montert på faste kaianlegg (3-5 meter under overflaten, avhengig av tidevannet), på flytebrygger (5 meter under overflaten), med akustisk utløser (www.subseasonics.com, model AR-60-E eller Vemco VR2-AR) 50-100 meter under havoverflaten eller på 5 meters dybde festet til et 14 mm tau montert med en blåse på havoverflaten og et 100 kg anker på bunnen. Lokaliseringen av lyttestasjonene framgår av figur 1 og 2.

Rekkevidden på lydsignalet fra de akustiske senderne varierte med salinitet, havstrømmer og vind. Spesielt i elveosier er det stor variasjon i rekkevidde grunnet endringer i termokliner (vannlag med ulik temperatur), halokliner (vannlag med ulik salinitet) og strømmer (Kessel mfl. 2014). Generelt kan en anta at rekkevidden i området varierte fra 200-400 m.

Tillatelse til å plassering av lyttestasjonene ble innhentet fra Trondheim Havnevesen, lokale grunneiere og Trondheim båtforening. Alle lyttestasjonene inngikk i det internasjonale forskernettverket Ocean Tracking Network (www.oceantrackingnetwork.org) og/eller European Tracking Network (<http://www.europeantrackingnetwork.org/>)

2.3.2 Registrering av vandringsatferd ved manuell akustisk peiling i Nidelva

Registrering av sjørret som oppholdt seg i Nidelva, men utenfor rekkevidde av lyttestasjonene ble jevnlig registrert ved hjelp av manuell peiling fra gummibåt med en manuell akustisk mottaker (Vemco modell VR-100) og en omnidireksjonal hydrofon.



Lyttestasjoner brukt i Gaulosen. Foto: Vilde Omholt.

2.3.3 Registrering av inn- og utvandring i Klefstadbekken med PIT-antenne

De PIT-merkede fiskene i Klefstadbekken ble registrert med 2-3 PIT-antenner som var montert i kulverten like ovenfor elveosen. PIT-antennene var koblet til en Oregon RFID Multi-Antenna HDX reader, som registrerte de passerende fiskene. Av ulike grunner (strømbrudd, skader på utstyr som følge av flom, samt andre tekniske problemer med PIT-reader og antenner), var det varierende driftstid og ytelse til PIT-systemet. Dataene fra PIT-leseren kan i denne studien derfor kun brukes til faktiske observasjoner av fisk, og ikke til vurdering av manglende observasjoner.

2.4 Tilbakeberegning av alder og lengdevekst

Aldersanalyse ble basert på skjell fra de merkede sjørretveteranene (Nall 1930, Závorka mfl. 2014). For å minimere effekt av håndtering, ble det ikke tatt skjellprøver av sjørretsmolt. 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.

2.5 Genetiske analyser

Det ble samlet inn fettfinneprøver til DNA-analyse i Gaulosen og Vigda i 2018 og 2019. DNA ble ekstrahert fra finner og skjellprøver med Qiagen Blood and Tissue (QIAGEN) etter produsentens veiledning. DNA-kvaliteten ble bestemt med gelelektroforese 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 oppkopiert 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 oppkopiert 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. Genotypeplottet for hver enkelt prøve ble visuelt analysert og arten bestemt.

2.6 Dataanalyser

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/>).

2.6.1 Kondisjonsfaktor

Kondisjonsfaktoren hos fisk viser forholdet mellom vekt og lengde. Lengde-vekt forholdet hos fisk beskrives vanligvis med en eksponentiell funksjon (Le Cren 1951): $W = aL^b$, 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.

2.6.2 Analyser av vandringer til sjøørret merket i Nidelva

Registreringer av sjøørret merket i Nidelva ble gjort fra mars 2011 til september 2014. På de to lyttestasjonene ved Bakke bru (V6 og V7, figur 1) ble mange sjøørret 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).

Tidspunkt for utvandring fra elva til fjorden ble beregnet fra første registrering i linjen A2, mens oppvandring fra fjorden til elven ble beregnet fra siste registrering i denne linjen (når fisken etterpå ble registrert oppstrøms).

2.6.3 Analyser av vandringer til sjørret merket i Gaulosen og Vigda

Registreringer av sjørret merket i Gaulosen og Vigda ble gjort fra januar 2018 – september 2019. På lyttestasjonene som stod tett i Gaulosen (figur 2) ble mange sjørret registrert samtidig i lange perioder. Slik som beskrevet over, for lyttestasjonene ved Bakke bru, øker dette risikoen for falske registreringer av fisk på grunn av signalkollisjoner fra senderne. Data fra disse stasjonene ble derfor filtrert på samme måte. Data fra hver enkelt fisk ble manuelt gjennomgått for å fjerne data fra eventuelle døde fisk. En fisk ble definert som død hvis den etter en uke fortsatt var stasjonær ved en lyttestasjon og ikke beveget seg noe mer.

Data om svømmedybde ble filtrert ved at verdier som indikerte at fisken var over vannet ble slettet. Da dybdesensoren i det akustiske fiskemerke er basert på måling av trykk, ble alle verdier korrigert for endring i daglig lufttrykk.

To-veis variansanalyse (Wilcoxon rank sum test) ble brukt for å teste for eventuelle forskjeller i gjennomsnittlig kroppslengde, vekt og alder mellom merkegruppene. Mulige forskjeller i svømmedybde mellom elvemunningen og fjorden ble testet ved hjelp av ANOVA.

Potensielle forskjeller i kroppslengde, Fultons kondisjonsfaktor, alder eller kjønn mellom sjørret som forble i estuariet fra juni til september og sjørret som vandret lengre ut i fjorden, ble testet med en generalisert lineær modell (GLM). Den inkluderte en binomial responsvariabel (resident i estuariet eller vandre ut i fjorden) og lengde, kondisjon, kjønn, alder og interaksjonen mellom lengde og alder som forklaringsvariabler.

For analyse av faktorer som ble antatt å kunne påvirke svømmedybden til sjørreten, ble det benyttet en «mixed effect model» bruk av “lme” -funksjonen fra “nlme” -pakken i R (Pinheiro mfl. 2018). Den komplette modellen inkluderte logtransformert svømmedybde som en responsvariabel samt alder, kjønn, måned, kroppslengde og interaksjonen mellom lengde og alder som faste forklarende effekter. Merke-ID ble brukt som tilfeldig effekt (random variable). Akaikes informasjonskriterium (AIC) ble brukt for å identifisere den best tilpassede modell med “dredge” -funksjonen i MuMIn R-pakken (Barton 2020). Modellseleksjonen ga støtte for flere alternative modeller ($\Delta AIC < 2$), så betinget modellgjennomsnitt (conditional mode laveraging) ble brukt for å beregne parameterestimer for disse modellene.

2.6.4 Analyser av inn- og utvandringer til sjørret merket i Klefstadbekken

Registreringer av vandrende ørret mellom bekken og sjøen ble registrert fra våren 2015 til høsten 2019. For at en fisk skulle anses som vandrende mellom sjø og elv, måtte den registreres på minst 2 antenner, slik at vandringsretning kunne bestemmes.

3 Resultater

3.1 Nidelva

I alt ble 33 av 42 ville sjøørreter (79 %) fulgt ved hjelp av akustisk telemetri i mer enn 50 dager. En fisk gikk til fjorden rett etter merking og ble siden ikke registret på noen av lyttestasjonene. Men etter 125 dager ble den gjenfanget ved Byneset. To andre individer som ikke ble registrert på lyttestasjonene ble gjenfanget i øvre del av Nidelva henholdsvis 20 og 65 dager etter merking, mens en ble funnet død i elva 1 måned etter merking. Fem sjøørreter (12 %) ble hverken registrert på lyttestasjoner eller gjenfanget etter merkingen.

3.1.1 Tidspunkt for utvandring og tilbakevandring

Av de 42 merkede sjøørretene vandret 17 individer (40 %) til fjorden. Median utvandringsdato var 17. april, med tidligste utvandring 4. januar og seineste 3. september. Av de 17 sjøørret som vandret til fjorden ble 12 registret tilbake i Nidelva. Median oppvandringsdato var 22. juni, med tidligste oppvandring 25. april og seineste oppvandring 22. juli.

3.1.2 Lengde av fjordopphold

Et av de 17 individene vandret i perioder daglig mellom elv og fjord, mens de resterende 16 fiskene oppholdt seg sammenhengende 7 dager eller lengre utenfor Nidelva. Gjennomsnittlig oppholdstid utenfor Nidelva var 70 dager (variasjonsbredde 7-125 dager; s.d. = 37). Ett individ ble registrert vandrende til fjorden to år etter hverandre. Første året var fjordoppholdet på 15 dager, mens det året etterpå var på 73 dager.

3.1.3 Opphold i elveosen

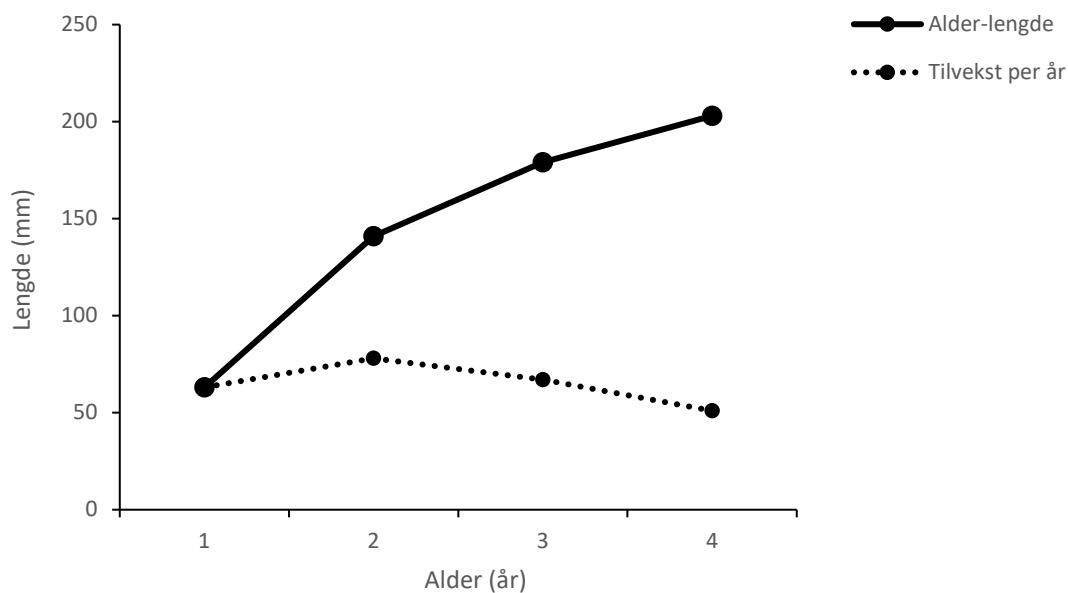
Atten av de 42 fiskene (43 %) ble registrert en eller flere ganger i elveosen (A3, figur 1). Sjøørret som vandret ut i fjorden vandret typisk ned til de nedre tidevannspåvirkede deler av Nidelva i mars og april. De oppholdt seg da her noen uker før de fortsatte ut i fjorden. På vei tilbake fra fjorden var oppholdstiden i nedre del av elva gjerne kortere. Om vinteren var det kun sporadiske besøk til elveosen.

3.1.4 Gjenfangstrater

Fem av de merkede sjøørretene ble rapportert gjenfanget (12 %). Periodene fra merking til gjenfangst var henholdsvis 20, 65, 330, 350 og 700 dager. Fire av fiskene ble gjenfanget i Nidelva, mens en ble gjenfanget på Byneset (ca. 6 km fra elvemunningen). Av de fire som ble gjenfanget i Nidelva hadde kun en fisk vært i sjøen etter merking.

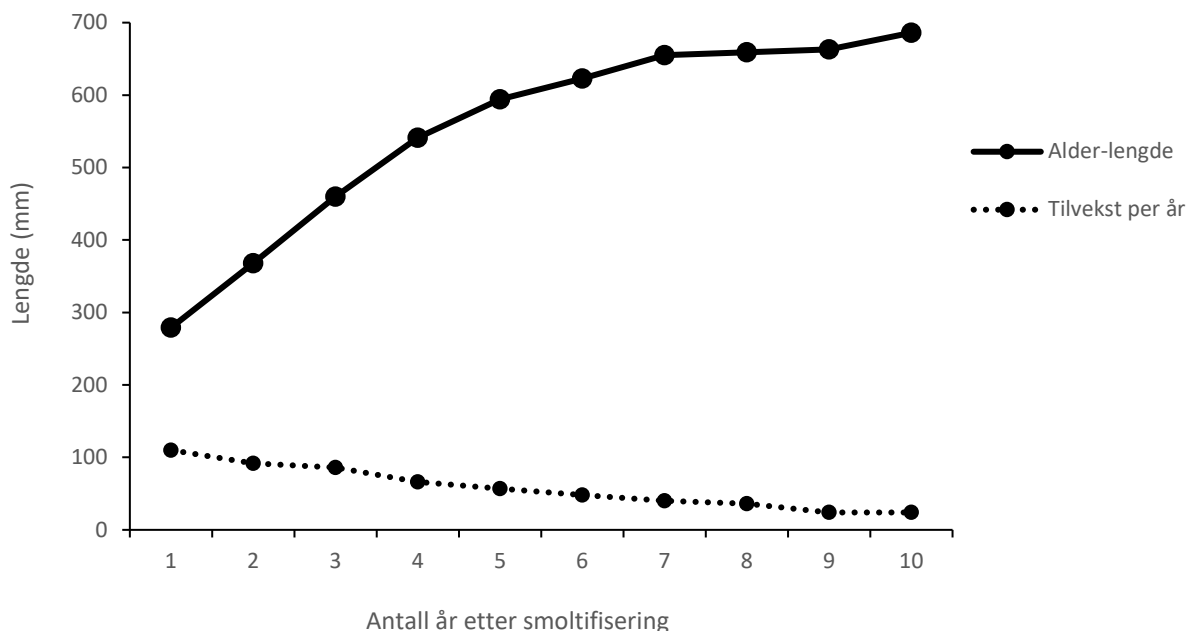
3.1.5 Tilbakeberegnet vekst

Tilbakeberegnet vekst hos sjøørret i Nidelva er basert på skjellanalyser av 47 fisker fanget i elva i 2011-2013 i forbindelse med merking av fisk og sportsfiske. Figur 6 viser tilbakeberegnet vekst i ferskvann (før smoltifisering). Nidelva er næringsrik, og har høyere vintertemperatur som følge av at bunnvann fra Selbusjøen slippes til Nedre Leirfoss kraftverk i forbindelse med kraftproduksjon. Ørreten har god vekst fram til smoltifisering. De fleste smoltifiserer etter 2-3 år i elva, kun 4 av de 47 fiskene hadde vært 4 år i elva før smoltifisering. Gjennomsnittlig smoltalder var 2,4 år og gjennomsnittlig smoltlengde var på 16,8 cm hos de 47 fiskene som ble analysert.



Figur 6. Tilbakeberegnet vekst før smoltifisering for sjørret fanget i Nidelva.

Sjørreten i Nidelva er grovvokst og eksemplarer på 5-8 kg forekommer. Disse fiskene er som regel gamle og enkelte fisker har hatt mer enn 10 sjøopphold og har gytt 8-10 år på rad. Tilbakeberegnet vekst etter smoltifisering (sjøvekst) for 47 fisker fanget i 2011-2013 er gitt i figur 7. Av de 47 undersøkte fiskene hadde 9 av dem hatt 6 sjøopphold eller mer. Tilveksten i sjøen er best de første 3 årene og ligger i gjennomsnitt på 8,6-11 cm i året. Etter 3 år avtar gjennomsnittlig årlig tilvekst til 2,4-6,6 cm, mest sannsynlig fordi en god del av fisken i Nidelva ser ut til å kjønnsmodne etter 3-4 sjøopphold.



Figur 7. Tilbakeberegnet vekst etter smoltifisering for sjørret fanget i Nidelva.

3.1.6 Atferd til gjenutsatt stamfisk

De 29 stamfiskene (sjørret) som hadde gått i kar på Settefiskanlegget Lundamo ble merket og satt ut i elva ved Valøya 29.09.2011. Av disse var det tre individer (10 %) som samme året vandret til fjorden (13.10, 16.10 og 27.12). To av disse kom ikke tilbake, mens den siste returnerte etter 93 dager i fjorden for derpå å oppholde seg i elveosen og nederste del av elva inntil merket sluttet å virke i juni året etter.

Seks av stamfiskene (21 %) forsvant etter lange perioder med registreringer i hølen ved Stavne Bru (overgangen mellom sone 3 og 4, figur 1). To til ti dager seinere ble signalet fra disse registrert ved Munkholmen i Trondheimsfjorden og her ble signalet permanent registrert i perioder fra 2 uker til 3 måneder. Ingen av disse merkene ble registrert på andre stasjoner etterpå. Tre av stamfiskene var merket med salinitetsmåler og dataene fra disse viste at senderne ved Munkholmen konstant var i sjøvann.

Syv av stamfiskene (24 %) vandret i løpet av første vinteren etter utsetting en eller flere ganger til de nedre deler av elva (lyttestasjon V8 og V7, figur 1) hvor de oppholdt seg i kort tid før så å returnere oppstrøms til Stavne bru igjen (V12, figur 1).

Tre individer (10 %) vandret en kort tur nedstrøms til stasjon V10 før de returnerte oppstrøms, mens seks fisker (21 %) ikke ble registrert lengre ned enn til V14. De resterende fire fiskene (14 %) ble bare registrert ved Stavne bru (V12) i få dager før signalet forsvant.

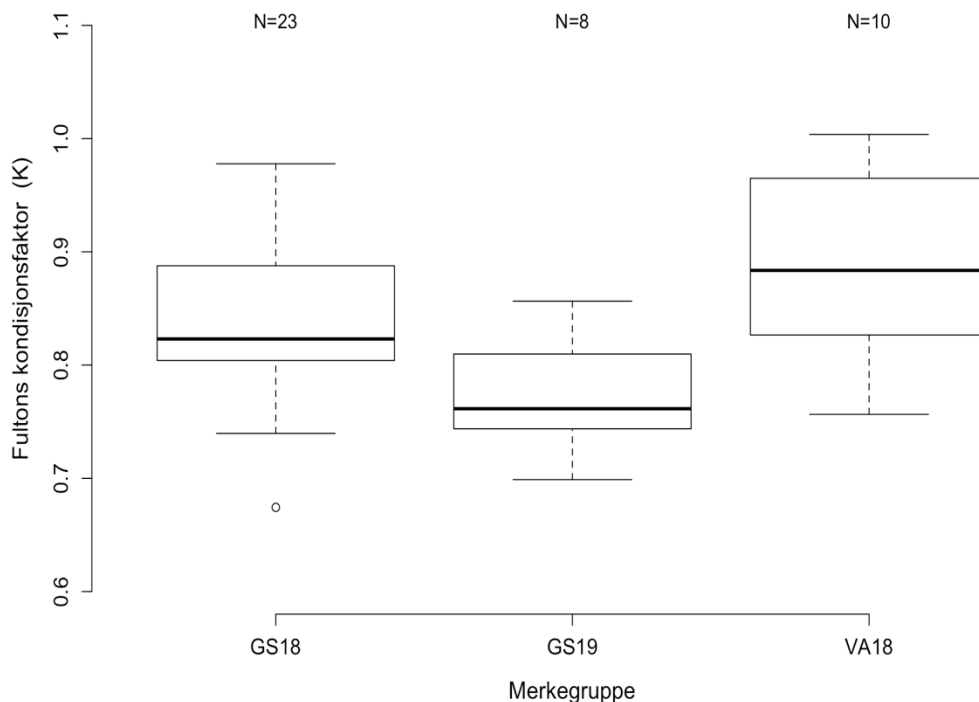
3.2 Gaulosen

Av 43 sjørreter ble 40 individer (93 %) registrert på en eller flere av de akustiske mottakerne i undersøkelsesområdet (figur 2). Dette inkluderer mottakere plassert i elvene Nidelva, Orkla og Gaula. De resterende tre individene ble aldri registrert.

3.2.1 Forskjeller på lengde, vekt, kondisjon og alder mellom merkegrupper

De 43 sjørretene merket i Gaulosen og Vigda var fordelt på tre merkegrupper (figur 5 og tabell 2). Individer merket i Vigda høsten 2018 (VA18) var i gjennomsnitt lengre enn fisk merket i Gaulosen våren 2018 (GS18; Wilcoxon rang sum test, $N = 43$; $P < 0,001$), mens det ikke var forskjell mellom sjørret fra Vigda og fisk merket i Gaulosen våren 2019 (GS19; $P = \geq 0,05$). Gjennomsnittslengden for merkegruppen fra Gaulosen våren 2019 var større enn for gruppen Gaulosen våren 2018 ($P < 0,05$).

Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor for de 41 sjørretene med kjent vekt var 0,8 (S.D. = 0,1, figur 8). Tilbakeberegnet alder for merketidspunktet varierte fra 3 til 8 år (gjennomsnitt = 5 år, S.D. = 1 år). Av de 43 sjørretene, var 24 (56 %) hunnfisk og 18 (42 %) hannfisk. En fisk kunne ikke med sikkerhet kjønnsbestemmes via DNA.



Figur 8. Fultons kondisjonsfaktor for 41 sjøørreter fanget for akustisk merking i Gaulosen våren 2018 og 2019 (GS18 & GS19) og Vigda våren 2018 (VA18) i perioden 20.05.2018 til 04.04.2019. 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.

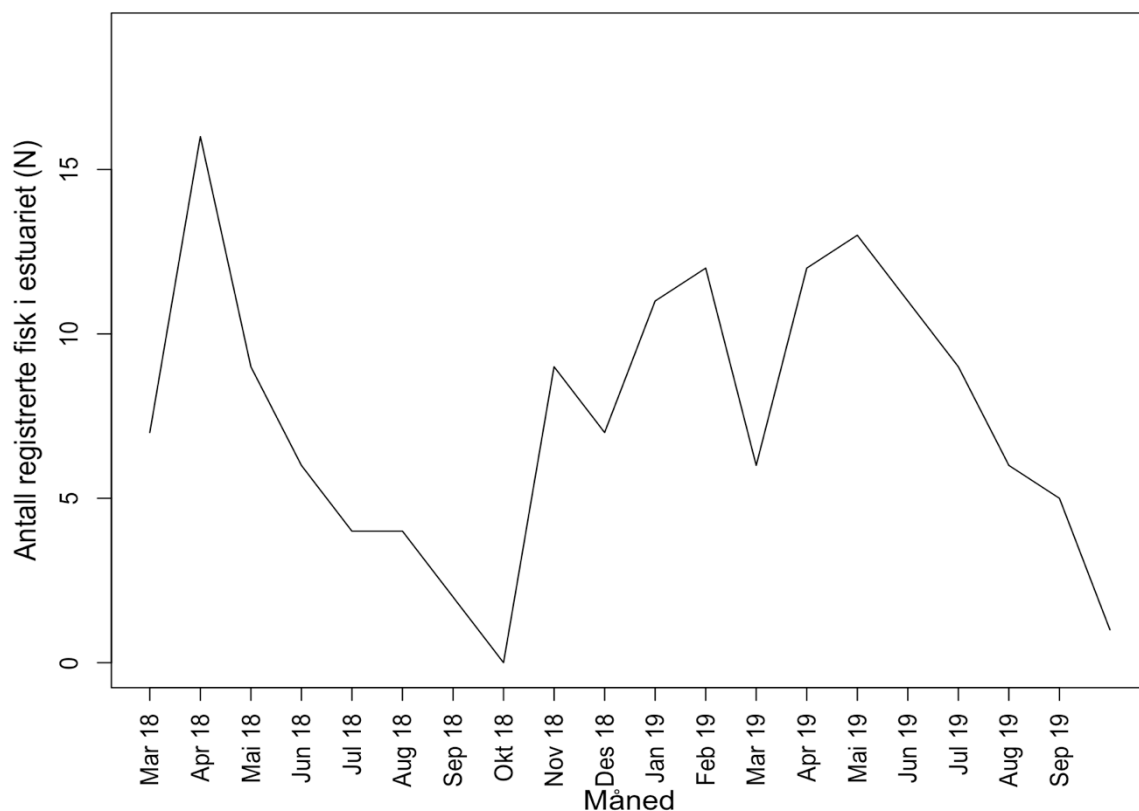
Merkegruppene VA18 (Wilcoxon rank sum test, $N = 18$, $P < 0,01$) og GS18 ($N = 31$, $P < 0,05$) hadde høyere gjennomsnittlig kondisjonsfaktor enn GS19 (figur 8), mens det ikke var forskjell mellom VA18 og GS18 ($N = 33$; $P \geq 0,05$).

Sjøørret merket i Vigda (VA18) var i gjennomsnitt eldre enn for gruppen merket i Gaulosen våren 2018 (GS18; Wilcoxon rank sum test, $N = 37$; $P < 0,01$). Det var ingen forskjell mellom VA18 og GS19 ($P \geq 0,05$) eller mellom GS18 og GS19 ($P \geq 0,05$).

3.2.2 Sjøørretens bruk av Gaulosen i løpet av året

I løpet av undersøkelsen i 2018-2019 ble 37 sjøørreter (86 %) registrert en eller flere ganger i Gaulosen-estuariet, men antall fisk som oppholdt seg her varierte gjennom året (figur 9). Gjennomsnittlig antall dager registrert i estuariet var 33 dager (S.D. = 59 dager, variasjonsbredde = 1-271 dager).

Våren 2018 var en stor andel av de merkede sjøørreter til stede i Gaulosen, men dette avtok mot sommeren. August og september var perioden med færrest sjøørret registrert. Utover høsten økte antallet igjen og dette holdt seg relativt høyt fram til mai 2019 hvorpå antallet gradvis ble redusert fram mot september, som var den siste måneden med registreringer. Det var en tydelig nedgang i sjøørret til stede i Gaulosen-estuariet mellom juni og september, med et månedlig gjennomsnitt på fire (11 %) individer. Estuariet ble oftere brukt fra desember til mai, hvor det månedlige gjennomsnittet var ti individer (27 %).



Figur 9. Månedlig antall akustisk merket sjørørret registrert på lyttestasjoner i Gaulosen-estuaret i 2018-2019.

Det var forskjell på lengde, kondisjon, kjønn og alder mellom sjørørret som ble i Gaulosen-estuaret hele sommeren og de som svømte lengre ut i fjorden. Det var spesielt de individene med lengst kroppslengde (GLM; $P < 0,001$), best kondisjon ($P < 0,001$) og høyest alder ($P < 0,001$) som ble i estuaret utover sommeren. Interaksjonen alder:lengde var negativt korrelert med opphold om sommeren i estuaret ($P < 0,001$). Det var en overvekt av hannfisk som forlot estuaret om sommeren ($P < 0,001$).

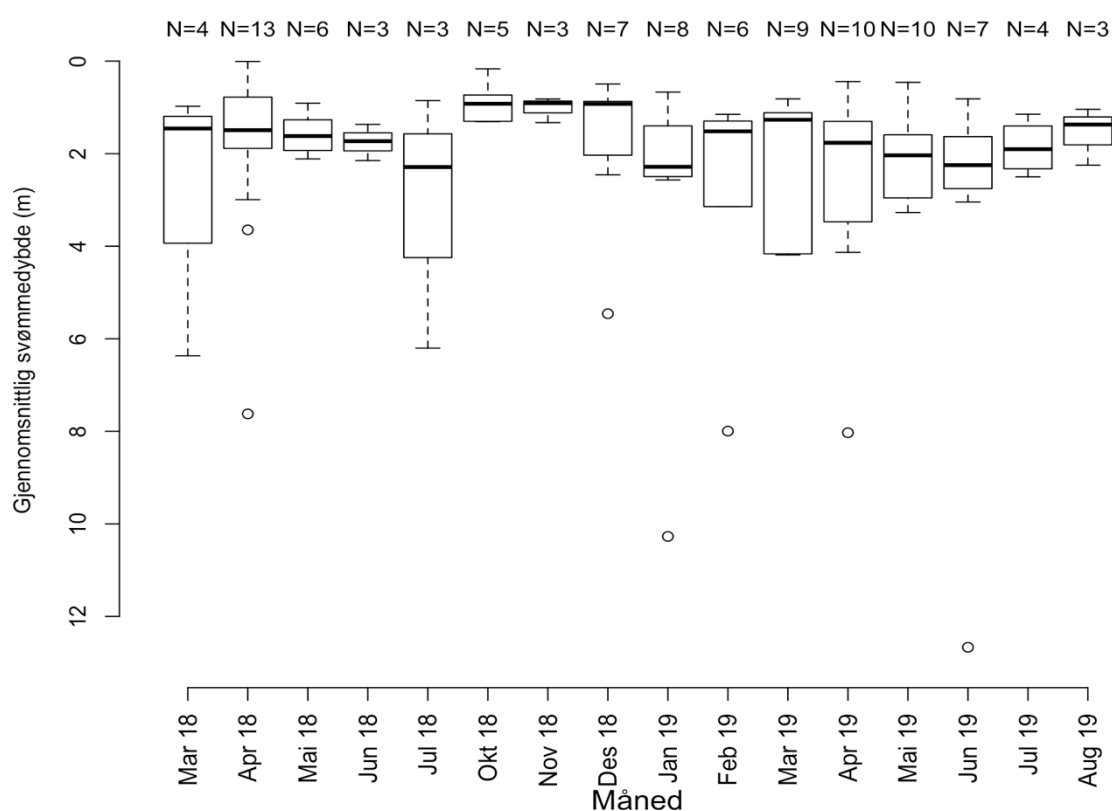
3.2.3 Svømmedybde i Gaulosen-estuaret og lengre ute i fjorden

I Gaulosen hadde 33 (77 %) av de merkede sjørørretene et akustisk merke med dybdesensor. Av disse ble 29 individer registrert i Gaulosen-estuaret. Gjennomsnittlig svømmedybde i estuaret var 2,4 m (S.D. = 3,1 m, variasjonsbredde = 0,1-25,6 m). Median svømmedybde, som angitt på figur 10 var 1,6 m. Det var en viss variasjon i gjennomsnittlig svømmedybde fra måned til måned, men sjørørreten utnyttet for det meste den øverste delen av vannsøylen i elvemunningen (figur 10). Det var en tendens til at sjørørreten svømte dypere om sommeren (figur 10), men forskjellen var ikke signifikant ($P > 0,05$).

Svømmedybde var påvirket av måned, lengde, kjønn og alder (tabell 4) med måned og lengde som de sterkeste påvirkningsfaktorer (modellbetinget gjennomsnitt; $P < 0,05$).

Tabell 4. De tre beste modellene som forklarer hvilke faktorer som påvirker svømmedybden til sjørret i Gaulosen-estuariet. M: måned, L: lengde, S: kjønn, A: Alder.

Modell	AIC	Δ AIC	AIC vekt	df
1 (M, L)	1179	0,00	0,56	19
2 (M, L, S)	1181	1,78	0,23	20
3 (M, L, A)	1181	1,99	0,21	20

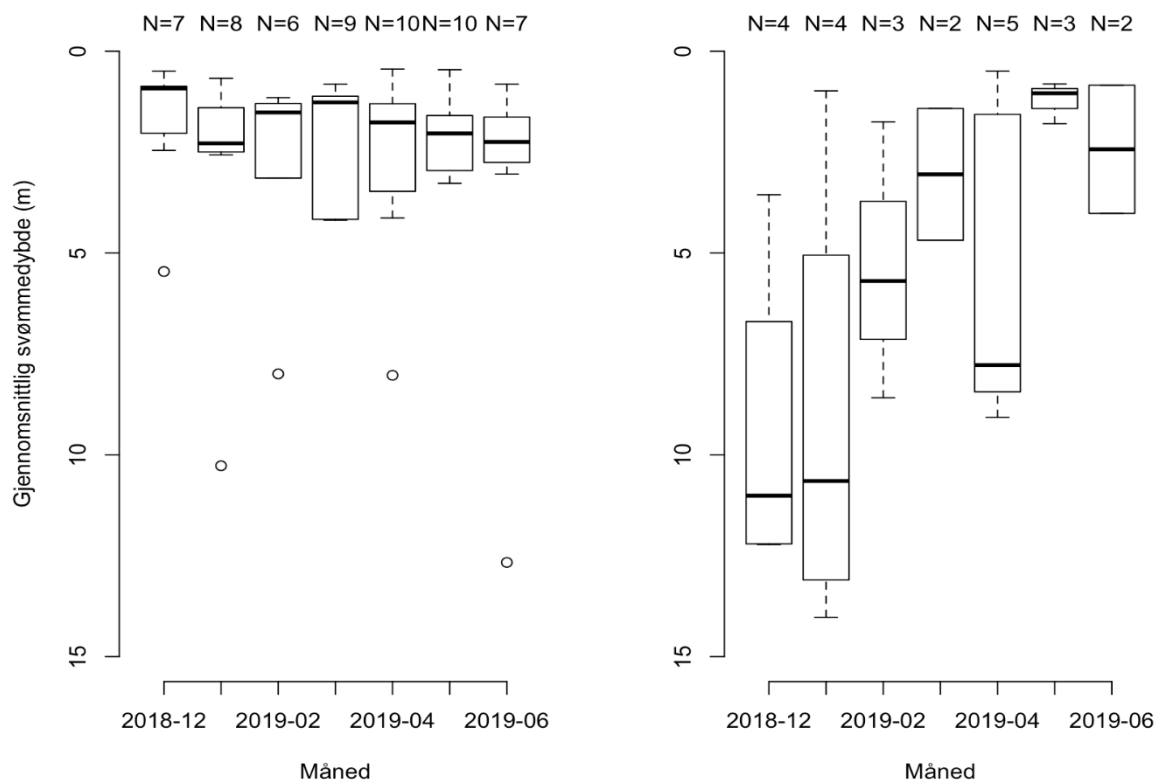


Figur 10. Månedlig gjennomsnittlig svømmedybde til sjørret i Gaulosen-estuariet fra mars 2018 til august 2019. Måneder uten registreringer av sjørret er utelatt fra figuren. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdi er angitt med sirkel.

Svømmedybde registrert på lyttestasjoner i Gaulosen-estuariet og lengre ute i fjorden (figur 11) ble sammenlignet for perioden desember 2018 til juni 2019 hvor det var aktive lyttestasjoner i begge områdene. I løpet av disse månedene ble det registrert 15 sjørreter med dybdesensor i estuariet, og 12 sjørreter på mottakerne lenger ute i fjorden. Generelt oppholdt sjørret i fjorden seg på dypere vann enn i estuariet (ANOVA; $N = 27$, $P < 0,01$).

I estuariet oppholdt sjørreten seg hele perioden hovedsakelig i de øverste 1-4 m av vannsøylen (figur 11) med en gjennomsnittlig svømmedybde på 2,9 m (S.D. = 3,9 m, variasjonsbredde = 0,4-25,6 meter). Lengre ute i fjorden var det mer variasjon i svømmedybden og fisken tilbrakte mer tid dypere i vannsøylen. Gjennomsnittlig svømmedybde i dette området var på 5,7 m (S.D. = 4,5 m,

variasjonsbredde = 0,5-14,0 m). I desember og januar var median svømmedybde i fjorden mellom ti og femten meter, men fra februar og fram mot sommeren oppholdt den seg fra 1-8 m dybde.

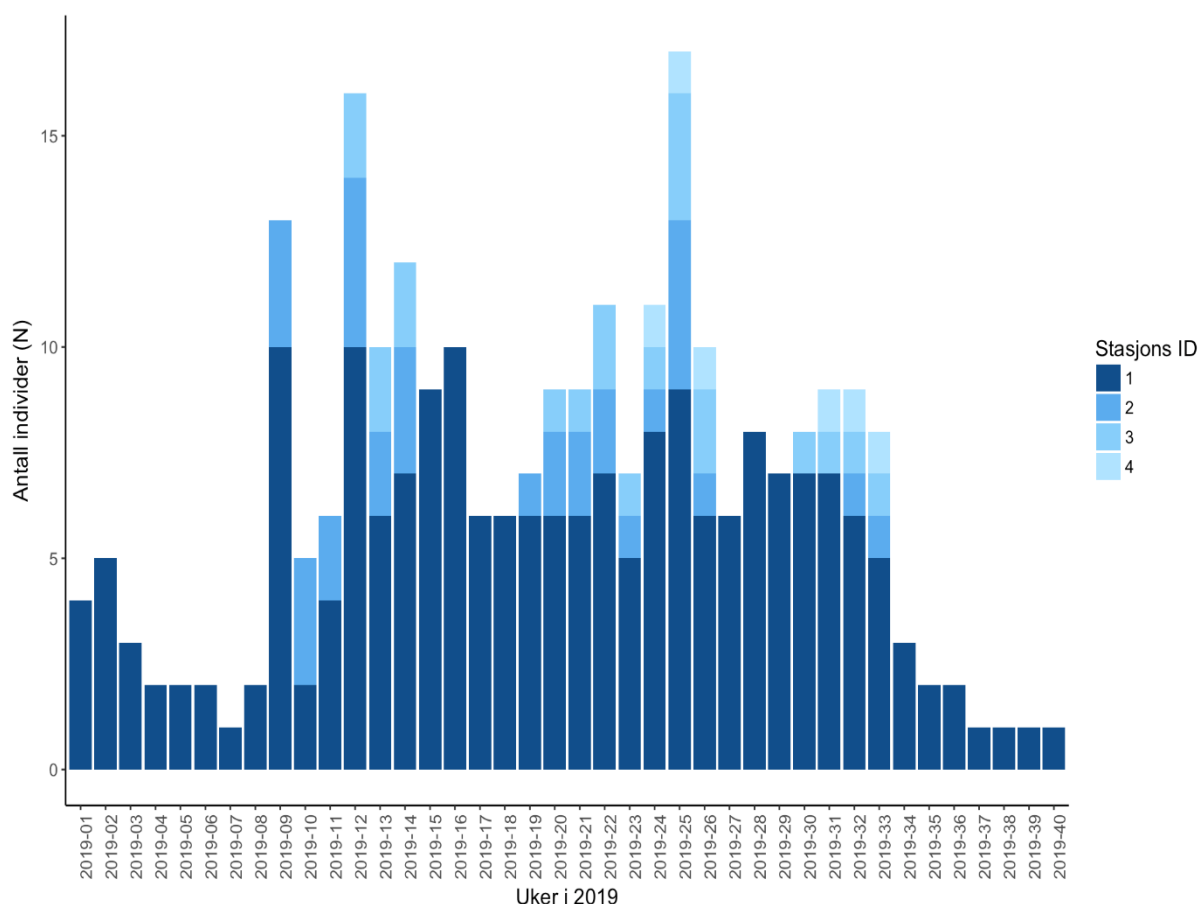


Figur 11. Månedlig gjennomsnittlig svømmedybde til sjørret i Gaulosen-estuariet (venstre) og i fjorden utenfor (høyre) fra desember 2018 til juni 2019. I boks-plottet er medianverdien angitt med vannrett svart strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervallet for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel.

3.2.4 Vandringer mellom vassdrag

Seks av de 33 sjørretene (18 %) som ble merket i Gaulosen om våren vandret i løpet av sommeren samme år til elvene Nidelva (N = 4) og Orkla (N = 2). Videre ble en fisk merket i elva Vigda høsten 2018 registrert i Nidelva sommeren 2019.

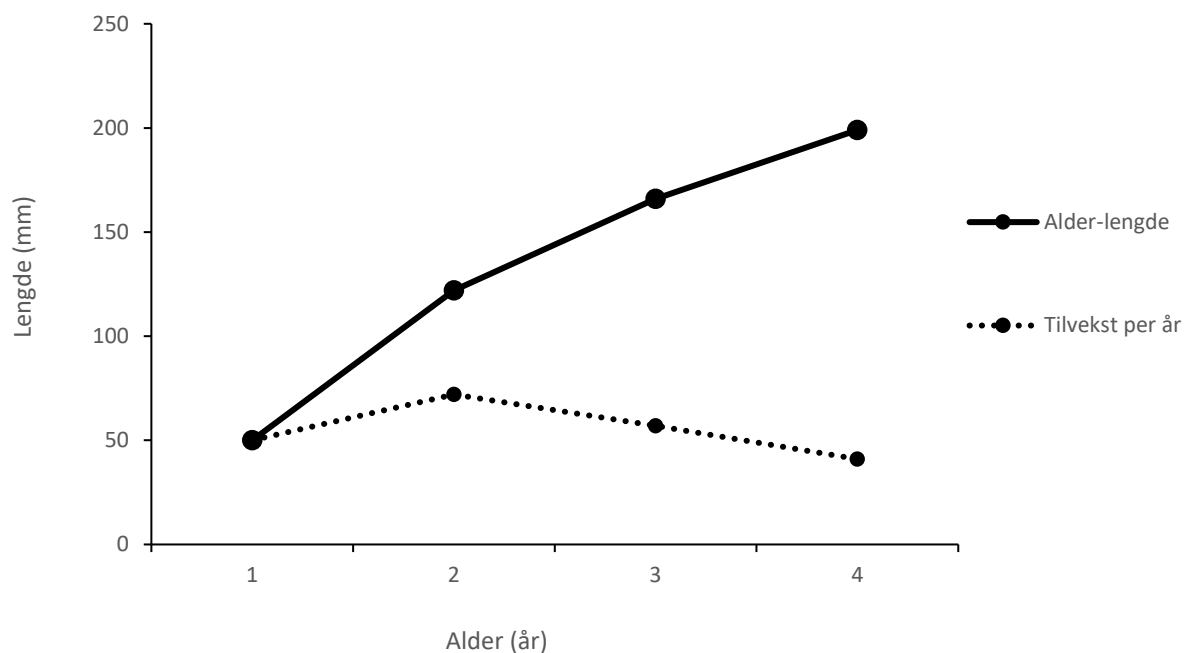
Seksten av de 33 sjørretene som ble merket i Gaulosen (48 %) ble registrert i elva Gaula. De fleste ble registrert i elva i perioden mars til august. Mottakeren lengst nede i elveosen (G45) (ved fugletårnet langs Leinstrandveien) hadde registreringer hver uke fra januar til oktober, men det var flere fisker til stede fra mars til august (figur 12). Mottaker G46 ved Kuøra (2,7 km oppstrøms G45 fugletårnet, ved Kuøra kolonihage) hadde registreringer fra februar til august, mens mottaker G47 ved Udduvoll bru (4,8 km oppstrøms G45, fugletårnet) hadde registreringer fra mars til august. Mottaker G48 ved Nordre Jaktøya (6,5 km oppstrøms G45, fugletårnet), hadde bare registreringer i løpet av juni og august. Mottaker 2 var imidlertid ikke i drift i januar og starten av februar og mottaker 3 og 4 var ikke operative i perioden januar til mars 2019. Det kan derfor antas at det mangler noen registreringer fra disse periodene.



Figur 12. Antall sjørret merket med akustiske merker registrert i elva Gaula. Lyttestasjon nr. 1 var lengst nedstrøms og nr. 4 lengst oppstrøms. Lyttestasjon nr. 2 var imidlertid ikke i drift i januar og starten av februar og lyttestasjonene nr. 3 og 4 var ikke operative i perioden januar til mars 2019. Det kan derfor antas at det mangler noen registreringer fra disse periodene.

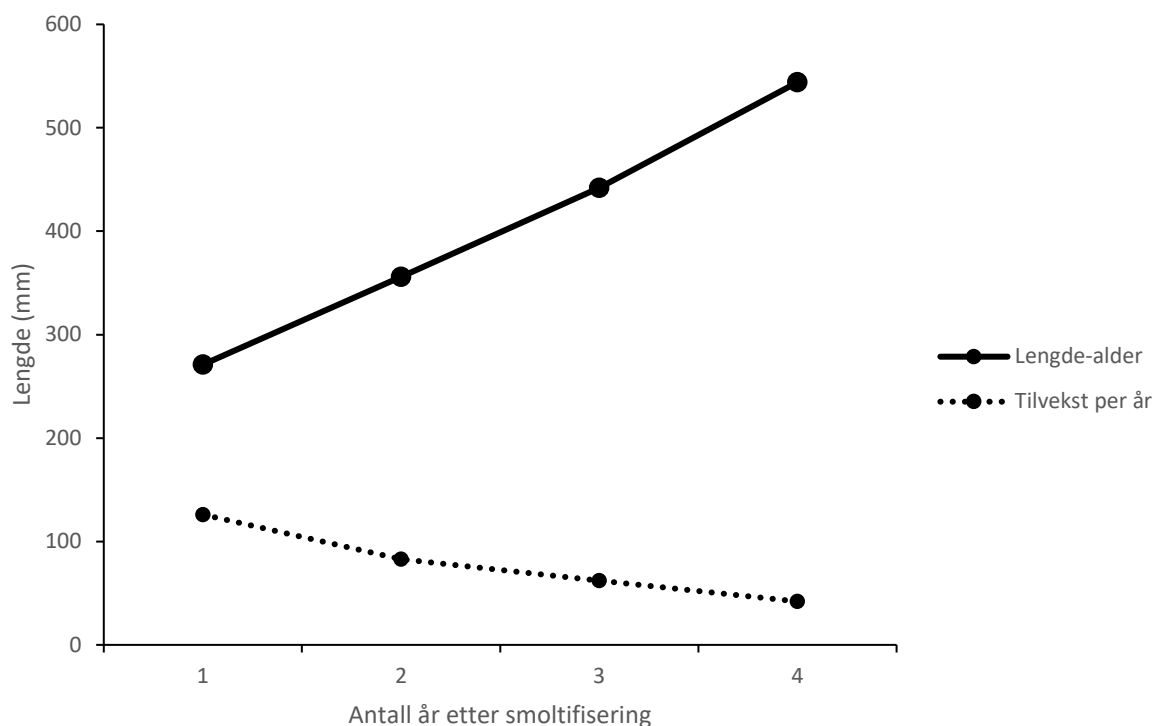
3.2.5 Tilbakeberegnet vekst

Tilbakeberegnet vekst hos sjørret i Gaulosen er basert på skjellanalyser av 36 fisker fanget i 2018 og 2019 i forbindelse med merking av fisk. Figur 13 viser tilbakeberegnet vekst i ferskvann (før smoltifisering). De fleste smoltifiserer etter 2-3 år i elva, kun 2 av de 36 fiskene hadde vært 4 år i elva før smoltifisering. Gjennomsnittlig smoltalder var 2,4 år og gjennomsnittlig smoltlengde var på 14,7 cm hos de 36 fiskene som ble analysert. Ut ifra skjellmaterialet fra Nidelva og Gaulosen vokser ørreten i Nidelva i gjennomsnitt ca. 1 cm mer i året i ferskvann enn ørreten fanget i Gaulosen. Gjennomsnittlig smoltlengde hos sjørreten i Nidelva er 2,1 cm lengre enn fisken fra Gaulosen selv om gjennomsnittlig smoltalder er lik. De fleste fiskene fanget i Gaulosen antas å stamme fra Gaula, som er ei uregulert elv. Sammenlignet med Nidelva vil temperaturen i Gaula om vinteren være lavere, og dette kan være en del av forklaringen på den observerte vekstforskjellen i ferskvann.



Figur 13. Tilbakeberegnet vekst før smoltifisering for sjørret fanget i Gaulosen.

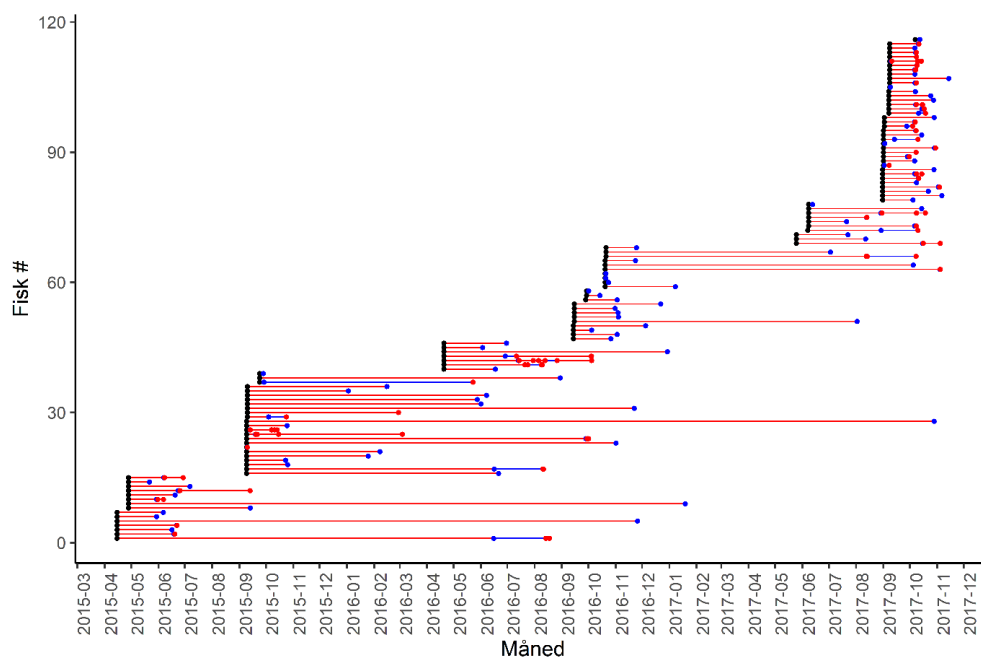
Tilbakeberegnet vekst etter smoltifisering (sjøvekst) for 36 fiskene fanget i 2018 og 2019 er gitt i figur 14. Av de 36 undersøkte fiskene hadde 11 av dem hatt 3 sjøopphold eller mer. Tilveksten i sjøen er best de første 2 årene og ligger i gjennomsnitt på 8,3-12,6 cm i året. Etter 2 år avtar gjennomsnittlig årlig tilvekst til 4,2-6,2 cm, mest sannsynlig fordi en god del av fisken fanget i Gaulosen ser ut til å kjønnsmodnes etter 2-3 sjøopphold.



Figur 14. Tilbakeberegnet vekst etter smoltifisering for sjørret fanget i Gaulosen.

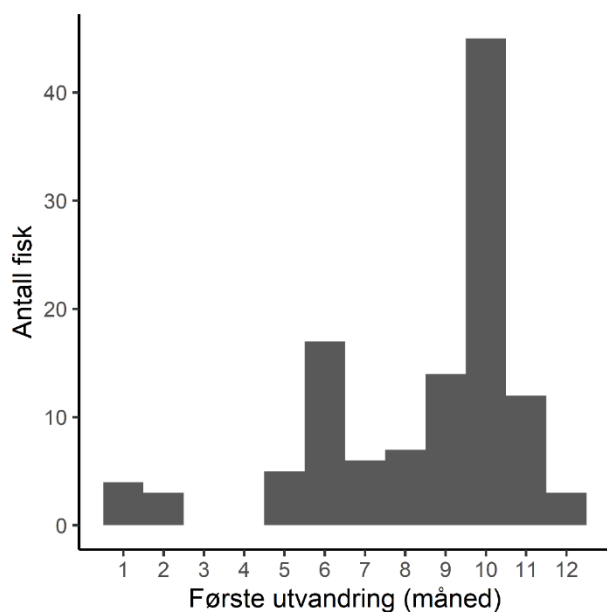
3.3 Klefstadbekken

Av de 765 merkede fiskene, ble totalt 115 fisk observert å passere antennene i kulverten like oppstrøms elvemunningen en eller flere ganger i løpet av studieperioden (figur 15).



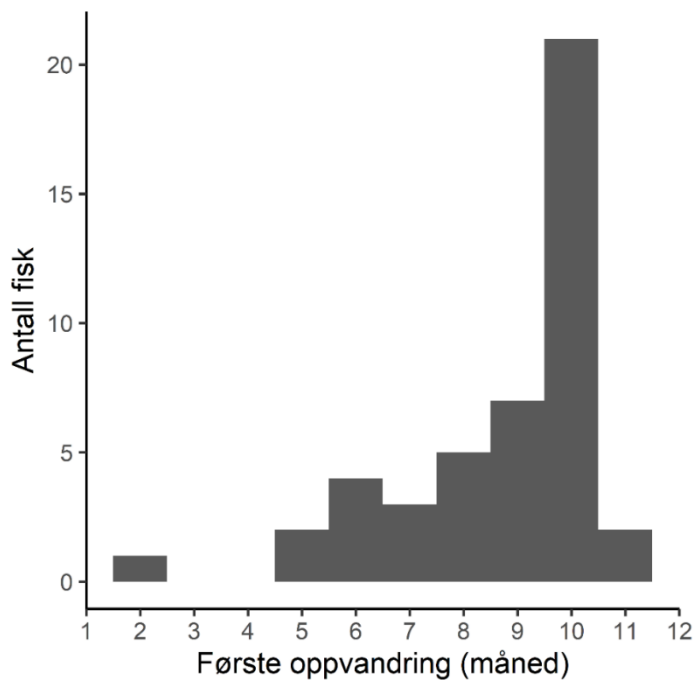
Figur 15. Figuren viser tidspunkt for merking (sort prikk), utvandring (blå prikker), oppvandring (røde prikker), oppholdstid i sjøen (blå linjer) og oppholdstid i elva (røde linjer) for fisk som ble registrert som utvandrende eller oppvandrende minst en gang i løpet av studieperioden.

Ørret ble observert å vandre ut for første gang i alle måneder av året bortsett fra mars og april (figur 16). Merk at mengden utvandrende fisk på ulike tidspunkt er påvirket av merketidspunkt og perioder med driftsstans i PIT-antennene, slik at antallene fisk som vandret ut de ulike månedene ikke direkte kan sammenliknes.



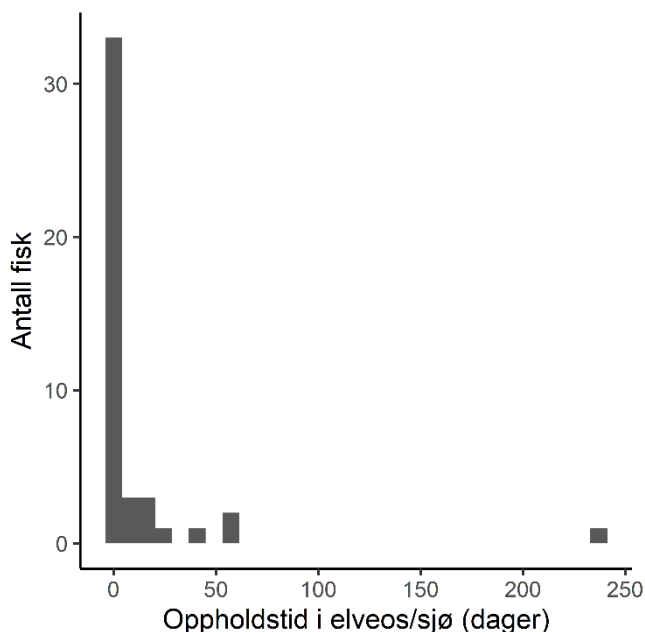
Figur 16. Måned for første observerte utvandring over PIT-antennene montert like oppstrøms elveosen i Klefstadbekken.

Ørret ble observert å vandre opp fra sjøen for første gang i alle måneder av året bortsett fra januar, mars og april (figur 17). Merk at mengden utvandrende fisk på ulike tidspunkt er påvirket av merketidspunkt og perioder med driftsstans i PIT-antennene, slik at antall fisk som vandret ut de ulike månedene ikke direkte kan sammenliknes.



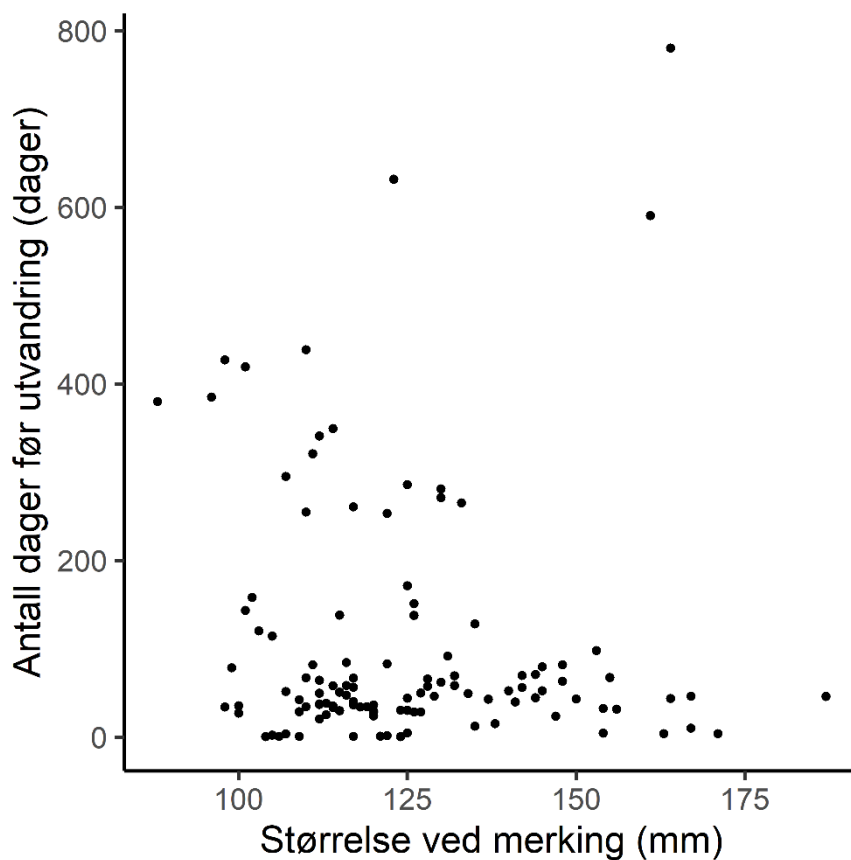
Figur 17. Måned for første observerte oppvandring over PIT-antennene montert like oppstrøms elveosen i Klefstadbekken

Blant fisk som ble observert å både vandre ut og komme tilbake til Klefstadbekken ($N = 44$) hadde de merkede ørretene en gjennomsnittlig oppholdstid i elveos og/eller sjøen på 11,7 dager ($SD = 37,4$ dager, variasjonsbredde 0-237 dager, figur 18). Det var dog en fisk som i stor grad påvirker dette gjennomsnittet med hele 237 dager. Ser en i stedet på medianverdien er antall dager i sjøen 1,1 dag.



Figur 18. Oppholdstid i elveos og/eller sjø for fisk som ble observert som både utvandrende og tilbakevandrende til Klefstadbekken

De fleste av ørretene som ble observert som utvandrende, ble observert som utvandrende for første gang mindre enn et år etter de ble merket (figur 19), med en gjennomsnittlig tid fra merking til utvandring på 105 dager ($N = 115$, $SD = 140$ dager, variasjonsbredde 1-780 dager).



Figur 19. Antall dager fra PIT-merking til utvandring fra Klefstadbekken fordelt på fiskens kroppslengde.



PIT-antenna ved utløpet av Klefstadbekken. Foto: Sindre Håvarstein Eldøy.

4 Diskusjon

4.1 Sjørretens bruk av estuariet i Nidelva og Gaulosen

Generelt oppholdt sjørreten i Nidelva seg i elveosen i lengre perioder (uker) kun i mars og april, før utvandringen til fjorden. Om vinteren var det kun sporadiske besøk i elveosen. Motsatt brukte sjørreten i Gaulosen estuariet aktivt hele året, men med flest individer til stede vinter, vår og høst. Gaulosen skiller seg ut fra Nidelva ved å ha store tidevannspåvirkede bløtbunnsområder og slike områder er kjent for å tilby gode beitemuligheter (f.eks. børstemark og mindre fisk). Tilsvarende observasjoner av overvintrende sjørret i estuarier med tidevannspåvirket bløtbunn er også gjort andre steder i Trøndelag og Nordland (Davidsen mfl. 2014d, Davidsen mfl. 2017b, Davidsen mfl. 2018, Davidsen mfl. 2019) og i andre deler av sjørretens utbredelsesområde (Pratten & Shearer 1983, Chernitsky mfl. 1995, Jensen & Rikardsen 2012). Resultatene understreker viktigheten av å ta vare på eksisterende grunne brakkvannshabitat med bløtbunn, men slike områder er ofte en del av deltaer og disse er oppført som VU (sårbar) på «rødlista for naturtyper», blant annet på grunn av nedbygging (Erikstad mfl. 2018).

I tillegg til at estuarier med tidevannspåvirket bløtbunn kan være viktige beitehabitater for sjørret året rundt, er slike overgangssoner mellom ferskvann og sjøvann antakeligvis viktige for osmoreguleringen, og derved energiforbruket, til spesielt mindre sjørreter ved lav vanntemperatur om vinteren og tidlig på våren (Davidsen mfl. 2017b). Dynamikken mellom ferskvannet fra elva og sjøvannet fra fjorden gir mulighet for sjørreten til å veksle mellom ulike vannlag med variasjon i både vanntemperatur og nivåer av salinitet. Hvordan sjørreten utnytter denne muligheten i praksis er dog fortsatt ukjent.

I Gaulosen vandret de sjørretene som i årene før merkingen hadde høyest vekst oftere ut i fjorden enn de med lavere vekst. Dette indikerer at sjørret med høy vekst har behov for en annen type beitedyr enn det som er tilgjengelig i Gaulosen. Det er tidligere vist at innslaget av pelagiske fisk i dietten øker med størrelsen (Davidsen mfl. 2017a) og det kan kanskje forklare hvorfor denne gruppen fisk trekker lengre ut i fjorden.

Variasjonen med litt dypere svømmedybde i fjorden enn i Gaulosen estuariet og større svømmedybder om sommeren (juni-august) enn resten av året tilsvarer tidligere observasjoner av svømmeatferd hos sjørret i Trøndelag (Eldøy mfl. 2017). Det antas at svømmedybden påvirkes av en kombinasjon av vanntemperatur og tilgjengelig mat. Som en vekselvarm organisme påvirkes metabolismen hos sjørret av vannet som omgir den og eksperimentelle forsøk har vist at den optimale temperaturen for vekst hos ørret er på 12-17°C (Elliot 2000, Elliot & Hurley 2000, Larsson 2005). Samtidig er fisken avhengig av å beite i de vannlag hvor det er gode sjanser for å finne egnet mat. En kan derfor anta at valg av svømmedybde er en tilpasning til både tilgang på byttedyr og mulighet for vekst.

4.2 Vandringer mellom vassdrag og inn og utvandring fra Klefstadbekken

Sommervandringene til Nidelva og Orkla av fisk merket i Gaulosen på våren indikerer at Gaulosen er et viktig oppholdsområde vinter og vår for sjørret. Dette gjelder ikke kun for individer fra Gaula, men også fra andre nærliggende vassdrag. Om vinteren medfører den lave vanntemperaturen en tregere vekstrate og dette påvirker antakelig det enkelte individs «valg» mellom å oppholde seg i rolige omgivelser i ferskvann for å minimere energiforbruket, eller å bruke mer energi ved å oppholde seg i estuariet, men samtidig da også ha mulighet for å beite på et bredere tilbud av byttedyr. Tidligere undersøkelser fra andre fjordsystemer i Trøndelag og Nordland (Davidsen mfl. 2014d, Davidsen mfl. 2018, Davidsen mfl. 2019) har vist at sjørret fra vassdrag med innsjøer gjerne overvintrer i disse, mens at sjørret fra vassdrag med ustabile vinterforhold slik som lav vannføring og bunnis gjerne overvintrer i elveoser eller mer stabile nabovassdrag. Dette kan også være med å forklare hvorfor juvenil sjørret fra Klefstadbekken forlater bekken året rundt, siden

Klefstadbekken er en bekk med få dype holer egnet for overvintring. Vandringene til ørreten i Klefstadbekken er derfor muligens ikke kun for å få tilgang til bedre beiteforhold, men kan også være en respons på å unnsnippe ugunstige forhold i bekken. Det ble observert utvandring til estuariet gjennom hele året, og dette ble også registrert blant mindre fisk som kan antas å ikke ha smoltifisert. De fleste fiskene ble imidlertid kort tid i estuariet, med en median oppholdstid i sjøen på litt over et døgn. Det er uvisst hva som er årsaken til disse korte vandringene til estuariet, og det kan ikke utelukkes at fisk har vandret innad i vassdraget, og derfor snudd og vandret opp igjen da den møtte brakkvann med høyere salinitet. Høstutvandring blant ørret har imidlertid også blitt registrert i andre studier, og omfanget av slike vandringer, og de økologiske konsekvensene av høstvandrende individer i bestandene er lite kjent (Birnie-Gauvin mfl. 2019). I denne studien kunne vi ikke estimere andelen utvandring på ulike årstider på grunn av tekniske problemer og nedetid på antennene da det ikke kunne utelukkes at fisk har passert antennene uten å bli registrert.

Fiskeundersøkelser i nedre del av Klefstadbekken tilbake i 2006 og 2007 (Bergan mfl. 2008) viste at bekken da hadde en god bestand av sjøørret. Det var en gunstig alderssammensetning av fisk, og tilfredsstillende tetthet av årsyngel. Resultatene fra samme stasjonsområde i 2017 (Nøst 2019) viste i motsetning til 2006/2007 en total svikt i tilslaget på årsyngel. Resultatene i 2018 viste høyere årsyngeltetthet enn i 2017, men fortsatt under forventet nivå. I 2019 var det igjen kollaps i årsyngeltetthetene i Klefstadbekken, samtidig som tettheten av eldre ørretunger var tilfredsstillende. Resultatene fra undersøkelsene i de siste årene viste at overlevelsen av ørretunger gjennom året var god i bekken. Nøst (2019) konkluderte derfor med at det var sannsynlig at nedgangen i sjøørretbestanden skyldtes dårlige oppgangsforhold for sjøørret gjennom kulvert under Bynesveien. Utformingen av kulverten gjør at oppvandrende fisk (gytefisk) hadde store problemer med å forsere kulverten på lav vannføring. Dette vandringshinderet ved lav vannføring kan ha vært en medvirkende årsak til at en del av ungfisken som blir registrert vandrer ut til fjorden ikke kom tilbake igjen. I følge Nøst (2019) har Statens vegvesen høsten 2019 gjort tiltak ved kulverten, der terskler er montert for å lette oppvandringen.

4.3 Atferd og overlevelse til gjenutsatt stamfisk

Sjøørreten som ble gjenutsatt etter å ha vært benyttet til produksjon av ørretyngel på settefiskanlegget ved Lundamo hadde dårlig overlevelse. Av de 29 fisk som ble satt ut forsvant ti individer (29 %) fra elva der hvor de ble satt ut, hvilket indikerer at de har blitt utsatt for predasjon. Det akustiske merket fra seks av disse (21%) ble registrert ved Munkholmen i Trondheimsfjorden uten i forkant å ha blitt registrert på en eneste lyttestasjon nedover elva og det er derfor ikke sannsynlig at de har svømt dit ut selv. I stedet har de antakeligvis blitt spist av eksempelvis en havørn spesialisert på å jakte fisk i elva for deretter å fordøye maten på en av pålene ved kaia på Munkholmen. I luftlinje utgjør denne avstanden ikke mer enn 4 km. Havørn har tidligere blitt observert spisende på laksekadaver i Nidelva (Arnekleiv pers. obs.). De fire fiskene (14 %) som forsvant fra samme område uten å bli registrert hverken oppstrøms eller nedstrøms har likeledes antakeligvis blitt predatert av enten fugl eller oter og deretter tatt ut fra elva. Det var kun én av de 29 sjøørretene som etter gjenutsetting vandret til fjorden for seinere å komme tilbake. At voksne individer av laksefisk brukt til produksjon av ungfisk har dårlig overlevelse ved seinere gjenutsetting er også vist hos atlantisk laks (Bordeleau mfl. 2018).

5 Referanser

- Anon. 2019. Klassifisering av tilstanden til 430 norske sjøørretbestander. - Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 7: 150 s.
- Arnekleiv, J.A., Sjursen, A.D., Davidsen, J.G., Daverdin, M., J.I., K. & Rønning, L. 2017. Fiskebiologiske undersøkelser i lakseførende del av Nidelva, Trondheim, 2011-2016. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-5: 1-89 s.
- Barton, K. 2020. MuMIn: Multi-Model Inference. 75 s. <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>.
- Berg, O.K. & Berg, M. 1989. The duration of sea and freshwater residence of the sea trout, *Salmo trutta*, from the Vardenes River in northern Norway. - *Environmental Biology of Fishes* 24: 23-32.
- Bergan, M.A., Berger, H.M., Skjøstad, M.B., Nøst, T. & Haugen, M. 2008. Sjøørretbekker i Trondheim, Sør-Trøndelag Vannkvalitet, fisk og bunndyr; en vurdering av økologisk tilstand 2006. - Berger feltBIO Rapport serie 2: 58 s.
- Birnie-Gauvin, K., Thorstad, E.B. & Aarestrup, K. 2019. Overlooked aspects of the *Salmo salar* and *Salmo trutta* lifecycles. - *Review in Fisheries Biology and Fisheries* 29: 749-766.
- Bordeleau, X., Hatcher, B.G., Denny, S., Fast, M.D., Whoriskey, F.G., Patterson, D.A. & Crossin, G.T. 2018. Consequences of captive breeding: Fitness implications for wild-origin, hatchery-spawned Atlantic salmon kelts upon their return to the wild. - *Biological Conservation* 225: 144-153.
- Chernitsky, A.G., Zabruskov, G.V., Ermolaev, V.V. & Shkurko, D.S. 1995. Life history of trout, *Salmo trutta* L., in the Varsina River estuary, (The Barents Sea). - *Nordic Journal of Freshwater Research* 71: 183-189.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks belyst ved studier av deres skjæl. - Centraltrykkeriet, Kristiania. 60 s.
- Davidsen, J.G., Daverdin, M., Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Sjursen, A.D. & Koksvik, J.I. 2014a. Riverine and near coastal migration performance of hatchery brown trout (*Salmo trutta* L.). - *Journal of Fish Biology* 85: 586-596.
- Davidsen, J.G., Daverdin, M., Sjursen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V. & Koksvik, J.I. 2014b. Does reduced feeding prior to release improve the marine migration of hatchery brown trout *Salmo trutta* L. smolts? - *Journal of Fish Biology* 85: 1992-2002.
- Davidsen, J.G., Daverdin, M., Sjursen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V. & Koksvik, J.I. 2014c. Gir redusert förmengde bedre vandrings-villighet hos klekkeriproduisert ørretsmolt? - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-1: 1-28 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. 2014d. Habitatbruk og vandringer til sjøørret i Hemnfjorden og Snillfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-6: 55 s.
- Davidsen, J.G., Knudsen, R., Power, M., Næsje, T.F., Sjursen, A.D., Rønning, L., Hårsaker, K. & Arnekleiv, J.V. 2017a. 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., Sjursen, A.D., Rønning, L., Davidsen, A.G. & Daverdin, M. 2017b. Kartlegging av sjøørret i habitatområde ved utløpet av Stjørdalselva, Nord-Trøndelag og konsekvensanalyse av tre utfyllingsalternativer. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-4: 27 s.
- 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 sjøørret og sjørøye i Tosenfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-8: 84 s.
- Davidsen, J.G., Eldøy, S.H., Meyer, I., Halvorsen, A., Sjursen, A., Rønning, L., Schmidt, S.N., Præbel, K., Daverdin, M., Bårdsen, M.T., Whoriskey, F. & Thorstad, E.B. 2019. Sjøørret og sjørøye i Skjerstadfjorden - Marine vandringer, områdebruk og genetikk. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2019-5: 83 s.
- Eldøy, S.H., Davidsen, J.G., Thorstad, E.B., Whoriskey, F.G., Aarestrup, K., Næsje, T.F., Rønning, L., Sjursen, 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.
- Elliot, J.M. 2000. Daily energy intake and growth of piscivorous brown trout, *Salmo trutta*. - *Freshwater Biology* 44: 237-245.

- Elliot, J.M. & Hurley, M.A. 2000. Optimum energy intake and gross efficiency of energy conversion for brown trout, *Salmo trutta*, feeding on invertebrates or fish. - *Freshwater Biology* 44: 605-615.
- Erikstad, L., Husteli, B., Dahl, R. & Heldal, T. 2018. Delta, Landform. Norsk rødliste for naturtyper 2018 - Artsdatabanken, Trondheim. Hentet 6.12. 2020 fra <https://artsdatabanken.no/RLN2018/169>
- 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.
- 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.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2006. Life-history effects of migratory costs in anadromous brown trout. - *Journal of Fish Biology* 69: 860-869.
- 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.
- Kessel, S., Cooke, S., Heupel, M., Hussey, N., Simpfendorfer, C., Vagle, S. & Fisk, A. 2014. A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. - *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24: 199-218.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L., and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. - *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1-59.
- Larsson, S. 2005. Thermal preference of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and brown trout, *Salmo trutta* – implications for their niche segregation. - *Environmental Biology of Fishes* 73: 89-96.
- 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.
- Nall, G.H. 1930. The life of the sea trout. - Seeley, Service and Co., London. 335 s.
- Nøst, T. 2019. Vannovervåkning i Trondheim 2019 - resultater og vurderinger. - Miljøenheten TM 2020/01: 168 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.
- Pinheiro, J., Bates, D., Debroy, S., Sarkar, D. & Team, R.C. 2018. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. 336 s. <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>.
- Pratten, D.J. & Shearer, W.M. 1983. The Migrations of North Sea sea trout. - *Fisheries Management* 14: 99-113.
- Svenning, M.A. & Christensen, G.N. 1996. Fiskeribiologiske undersøkelser og utsettinger av røye i Bardumagasinet. - Norsk Institutt for Naturforskning. Oppdragsmelding 400: 20 s.
- Ulsund, C. 2017. Forvaltningsplan for Gaulosen marine verneområde Trondheim, Melhus og Skaun kommuner 2017-2027. - Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Miljøvern avdelingen. Rapport 2: 1-44 s.
- 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.

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 978-82-8322-249-4
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/museum