

Elektrisk fiske – faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk

Resultater fra eksperimentelle feltstudier 2010-2014

Gunnbjørn Bremset
Ola Diserud
Laila Saksgård
Odd Terje Sandlund



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Elektrisk fiske – faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk

Resultater fra eksperimentelle feltstudier 2010-2014

Gunnbjørn Bremset
Ola Diserud
Laila Saksgård
Odd Terje Sandlund

Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L. & Sandlund, O.T. 2015.
Elektrisk fiske – faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk. Resultater fra eksperimentelle feltstudier 2010-2014. - NINA Rapport 1147, 35 sider.

Trondheim, mars 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2769-8

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Ola Ugedal

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Roar Asbjørn Lund

FORSIDEBILDE

Undersøkt lokalitet i Vindøla. Foto: Odd Terje Sandlund.

NØKKEWORD

- Laks
- Aure
- Ungfisk
- Elektrisk fiske
- Ledningsevne
- Vanntemperatur
- Fangbarhet
- Midt-Norge

KEY WORDS

- Atlantic salmon
- Brown trout
- Juveniles
- Electro-fishing
- Conductivity
- Water temperature
- Catchability
- Central Norway

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L. & Sandlund, O.T. 2015. Elektrisk fiske – faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk. Resultater fra eksperimentelle feltstudier 2010-2014. - NINA Rapport 1147, 35 sider.

Elektrisk fiske er en vanlig metode for å skaffe kvalitativ og kvantitativ informasjon om fiskebestander i rennende vann. Det er en rekke fysiske og biologiske faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk under elektrisk fiske. De mest sentrale fysiske faktorene er ledningsevne, vanntemperatur, vannhastighet, vanddybde og habitatforhold. Biologiske forhold som påvirker fangbarhet er fiskestørrelse, fisketype (art), atferd og habitatbruk. Flere av de fysiske og biologiske faktorene virker sammen, slik at det kan være vanskelig å isolere effekten fra én enkelt faktor fra andre faktorer. NINA har derfor utført et systematisk studie med felteksperimenter for å forsøke å belyse den relative betydningen av ledningsevne, vanntemperatur, fiskestørrelse og fisketype. Det har foreløpig ikke vært mulig å belyse hvordan habitatforhold påvirker fangbarhet under elektrisk fiske, men kan være en naturlig videreføring i oppfølgende felteksperimenter.

I 2010 ble det gjennomført eksperimentelle feltstudier i fem vassdrag i Midt-Norge; Toåa og Vindøla i Surnadal kommune, Ingdalselva i Agdenes kommune, Homla i Malvik kommune og Levangerelva i Levanger kommune. I 2013 og 2014 ble oppfølgende undersøkelser gjennomført i Toåa, Ingdalselva og Homla. I hver elv ble et elveavsnitt avsperrert med to finmasket nøter. Størrelsen på det avstengte området ble fastsatt etter at det var fanget minimum 50 eldre laksunger under standardisert elektrisk fiske. Deretter ble arealet overfisket gjentatte ganger (inntil 13 fiskeomganger) inntil fangstene begynte å nærme seg null. Dette ga et godt grunnlag for å vurdere hvor mye fisk som fantes innenfor sperrenøtene, og dermed mulighet for beregning av fangbarhet og testing av metoder for bestandsestimater. Observasjoner tyder på at mange gangers overfiske medfører dødelighet hos ungfisk, noe som var spesielt utpreget ved fiske i kaldt vann.

Resultatene tyder på at lav ledningsevne (10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$) påvirker fangbarheten betydelig, og spesielt avtar fangbarheten hos årsyngel av laks ved lave ledningsevner. Forsøk ved lave vanntemperaturer (< 5 °C) tyder også på at kaldt vann har en negativ påvirkning på fangbarhet. I tillegg synes kaldtvannsfiske å forårsake betydelig dødelighet for årsyngel. Resultatene viser at bestandsestimater med bruk av utfangstmetoden etter tre gangers overfiske innebærer en systematisk feil i form av underestimering. Denne systematiske feilen gjelder selv når undersøkelsesområdet er avsperrert med finmaskede nøter, og ikke bare når det er åpent fiske i tråd med normal praksis i norske vassdrag.

Felteksperimentene viste at beregnet fangbarhet ved tre gangers overfiske og bruk av utfangstmetoden er systematisk overestimert. Videre viser undersøkelsene at antakelsen om konstant fangbarhet mellom omganger ikke blir oppfylt under normale feltbetingelser. Fangbarheten i eksperimentene avtok innledningsvis mellom fangstomganger, men syntes i de fleste tilfeller å stabilisere seg etter seks til åtte fangstomganger. Størst betydning for fangbarhet hadde de samvarierende faktorene ledningsevne og vanntemperatur, og fangbarheten av ungfisk avtok med avtakende ledningsevne og vanntemperatur. Kroppsstørrelse er den biologiske faktor som har størst betydning for fangbarhet, ved at det er en positiv sammenheng mellom kroppsstørrelse og fangbarhet.

Elektrisk fiske ved lave vanntemperaturer ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) gir svært lav fangbarhet og upålitelige estimater for ungfisktetthet, og er spesielt problematisk for de minste størrelseskategoriene som årsyngel av laks og aure. Kombinasjon av lav vanntemperatur og lav ledningsevne medfører så pass lav fangbarhet at det vil knyttes vesentlige usikkerheter til presisjonen på estimater basert på utfangstmetoden. I elver med lav ledningsevne frarådes derfor kvantitativt elektrisk fiske ved lave vanntemperaturer dersom årsyngel eller andre grupper med små fisk skal inngå i undersøkelsene.

Det ble fanget betydelig mengder ungfisk i sperrenøtene som utgjorde nedre grense av forsøksfeltene, og det ble fanget ungfisk i sperrenøtene i løpet av de fleste omgangene med elektrisk fiske. I Ingdalselva i oktober 2013 utgjorde notfangst 43 % av samlet fangst av laksyngel og 22 % av samlet fangst av lakseparr. I Toåa i august 2014 utgjorde notfangst 28 % av samlet fangst av laksyngel og 10 % av samlet fangst av lakseparr. I Homla i november 2014 utgjorde notfangst 31 % av samlet fangst av laksyngel og 6 % av samlet fangst av lakseparr. Ungfisk som ble stoppet av sperrenøtene ville ha flyktet ut at undersøkelsesområdet under ordinært fiske, noe som innebærer en ytterligere underestimering ut over den systematiske underestimering grunnet for høy estimert fangbarhet.

På grunnlag av felteksperimentene kan det fastslås at elektrisk fiske i åpne elveavsnitt medfører at betydelige mengder ungfisk flykter ut av undersøkelsesområdet, noe som bidrar til at estimering med bruk av utfangstmetoden underestimerer sann bestandsstørrelse. Ved kvantitativt elektrisk fiske anbefales det derfor å innrette fisket slik at rømmingspotensialet minimaliseres. I den grad det er mulig anbefales det å ha store stasjoner som omfatter hele elvetverrsnittet i små elver. I mellomstore og store elver kan rømmingspotensialet reduseres ved å velge ut stasjoner i naturlig avgrensede elveavsnitt.

Problemet med lav fangbarhet i elver med svært lav ledningsevne ($< 15\text{ }\mu\text{S/cm}$) kan til en viss grad bli kompensert gjennom å benytte svært høy strømspenning. Den siste generasjon elektrisk fiskeapparat blir automatisk kalibrert i forhold til vannets ledningsevne, slik at det i august 2014 ble benyttet en annen strømspenning i ionefattige Toåa enn hva som har vært standard strømspenning for eldre modeller av elektriske fiskeapparat. En spenning på 1050 volt resulterte i en klar og jevn nedgang i fangst av lakseparr utover fiskeomgangene, og det ble også registrert en viss nedgang i fangst av laksyngel utover omgangene. Det anbefales derfor at det i ionefattige elver benyttes moderne apparat, der det kan anvendes optimal spenning gjennom automatiske eller manuelle innstillingsmuligheter.

Gunnbjørn Bremset, Ola Diserud, Laila Saksgård og Odd Terje Sandlund, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Epost: Gunnbjorn.Bremset@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Områdebeskrivelse.....	8
2 Metoder	11
2.1 Forsøksoppsett	11
2.2 Felteksperiment	12
2.3 Beregninger av fangbarhet og bestandsstørrelse	13
3 Resultater	15
3.1 Sammensetning av ungfisksamfunn	15
3.2 Betydning av sperrenot under elektrisk fiske	18
3.3 Apparatspenning og lav ledningsevne	22
3.4 Vanntemperatur og fangbarhet.....	24
4 Diskusjon.....	27
4.1 Metodiske begrensninger	27
4.2 Estimering av bestandsstørrelse	27
4.3 Effekter av fysiske faktorer på presisjon.....	30
5 Konklusjoner og anbefalinger.....	31
6 Referanser	32
Vedlegg 1 – Toåa i september 2014.....	33
Vedlegg 2 – Ingdalselva i oktober 2013	34
Vedlegg 3 – Homla i november 2014.....	35

Forord

Miljødirektoratet har gitt tilskudd til å gjennomføre felteksperimenter som belyser hvordan vannets ledningsevne og andre faktorer påvirker fangbarhet av ungfisk av laks og aure under elektrisk fiske. Bakgrunnen er at elektrisk fiske med bærbart apparat er den dominerende metoden for overvåking av laks og aure i norske elver. Spesielt fiske i forbindelse med overvåking av effekten av vassdragskalking foregår i stor grad i elver med svært lav ledningsevne i vannet, men også mange vassdrag på Nordvestlandet er svært ionefattige.

Den første fasen i dette prosjektet ble rapportert i NINA Rapport 668, og omhandlet seks felteksperiment som ble gjennomført i fem elver i 2010. Denne rapporten omhandler resultater fra felteksperiment som ble gjennomført i tre av disse elvene i 2013 og 2014. Der det har vært naturlig som et sammenligningsgrunnlag har resultater fra 2010 blitt trukket inn. I tillegg er det inkludert en del generelle anbefalinger om innretning av elektrisk fiske fra internasjonal litteratur innenfor dette området.

Mars 2015

Gunnbjørn Bremset, prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Elektrisk fiske er en vanlig metode for å skaffe kvalitativ og kvantitativ informasjon om fiskebestander. I implementeringen av vannforskriften vil undersøkelser med bruk av elektrisk fiske inngå som en standard overvåkingsmetode i rennende vann (Sandlund mfl. 2013, Anonym 2014). Effektiviteten av elektrisk fiske og kvaliteten på innsamlete data påvirkes av en lang rekke faktorer, både hvilke lokaliteter som velges til undersøkelsene, miljøfaktorer på lokaliteten og erfaring og kunnskap hos personellet som utfører undersøkelsene. Selv om det er mulig å gi relativt spesifikke anbefalinger med hensyn til rutiner og prinsipper for gjennomføring av undersøkelser og overvåking ved hjelp av elektrisk fiske (Larsen mfl. 2010), er det behov for å skaffe seg sikrere informasjon om hvordan de viktigste miljøfaktorene påvirker resultatene.

Det er en rekke fysiske og biologiske faktorer som påvirker fangbarhet av ungfisk under elektrisk fiske. De mest sentrale fysiske faktorene er ledningsevne, vanntemperatur, vannhastighet, vanddybde og habitatforhold. Biologiske forhold som kan påvirke fangbarhet er fiskestørrelse, fisketype, atferd og habitatbruk. Flere av de fysiske og biologiske faktorene virker sammen, slik at det kan være vanskelig å isolere effekten fra én enkelt faktor fra andre faktorer. I en gjennomgang av undersøkelser med elektrisk fiskeapparat har Forseth & Forsgren (2009) gitt en oppdatert oversikt over hvilke prinsipper og vurderinger som bør ligge til grunn for undersøkelser i rennende vann. I kvantitative studier må det ikke fiskes på for dypt vann eller ved for høy turbiditet, siden slike forhold fører til at fangstsannsynligheten eller fangbarhet på fisk blir svært lav.

Blant de viktigste miljøfaktorene er vannets ledningsevne (Jensen & Johnsen 1988, Bohlin mfl. 1989, Cowx & Lamarque 1990). Ledningsevne vil variere fra elv til elv, fra sted til sted i elva og over tid på samme lokalitet i elva. Ledningsevnen har direkte effekt på fangbarhet av fisk, som øker lineært med ledningsevnen (Cowx & Lamarque 1990). Mulige negative effekter av lav ledningsevne kan motvirkes ved å endre spenning og pulsfrekvens, bevegelse av anoden i vannet og varighet av strømgiving (Larsen mfl. 2010). Norske elver har generelt lav ledningsevne, og i de fleste lakseelver varierer vanligvis ledningsevne mellom 10 og 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anonym 2009). I vann med lav ledningsevne kreves det høyere spenning for å oppnå samme effekt på fisken som i vann med høyere ledningsevne. Ledningsevnen varierer med vanntemperaturen slik at lavere vanntemperatur fører til lavere ledningsevne.

I 2010 ble det startet opp systematiske studier med felteksperimenter for å belyse hvordan i første rekke ledningsevne og vanntemperatur, påvirker fangbarhet av ungfisk av laks og aure. Den første rapporten fra dette prosjektet (Sandlund mfl. 2011) presenterte resultater fra fem elver med ulik ledningsevne (7-74 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En av konklusjonene var at lav ledningsevne ($< 20 \mu\text{S}/\text{cm}$) påvirker fangbarheten for årsyngel av laks og aure. I tillegg syntes lav vanntemperatur å føre til ekstra dødelighet hos yngelen. Hensikten med de tilleggsundersøkelsene som beskrives her, var bl.a. å undersøke nærmere hvordan høy og lav vanntemperatur påvirker fangbarheten, og også om justering av strømspenning kan motvirke den negative effekten av lav ledningsevne. Tilnærmingen som er benyttet er kontrollerte feltforsøk etter samme opplegg som beskrevet i Sandlund mfl. (2011).

1.2 Områdebeskrivelse

Feltekspperimentene i 2013 og 2014 ble gjennomført i tre elver som også ble undersøkt i 2010: Toåa i Surnadal kommune, Ingdalselva i Agdenes kommune og Homla i Malvik kommune (**figur 1**). Valget av lokaliteter i 2010 baserte seg på et sett av kriterier:

1. Bredden på elvetverrsnittet skulle gjøre det mulig å oppnå effektiv avstengning med bruk av finmaskete sperrenøter.
2. Forsøksfeltene skulle være store nok til å gi en fangst av minst 50 eldre laksunger (parr) ved første gangs overfiske.
3. Det skulle være mulig å gjennomføre effektivt elektrisk fiske i alle deler av forsøksområdet, det vil si at maksimal vanndybde skulle være mindre enn 75-80 cm.
4. Vannhastighetene i området skulle ikke være så høye at det medførte store problem å fange ungfisk med elektrisk fiskeapparat.
5. Bunnsubstratet skulle være tilstrekkelig grovt til å gi skjulområder for ungfisk av laks, og samtidig heterogent nok til å være egnet oppvekstområde både for årsyngel og parr.



Figur 1. Geografisk beliggenhet til de fem elvene som inngikk i undersøkelsesprogrammet i 2010. I 2013 og 2014 ble feltekspperimentene videreført i Toåa, Ingdalselva og Homla.

Toåa, Ingdalselva og Homla (**bildene 1-3**) ble valgt for videreføring i 2013-2014 fordi disse elvene har relativt stor spennvidde i ledningsevne. Erfaringene fra 2010 viste at disse elvene hadde sammenlignbar hydromorfologi med hensyn til elvebredde, gradient og fysisk habitat, de var egnet for elektrisk fiske med hensyn til vanndybde, vannhastighet og bunnsubstrat, og de hadde passende størrelse og vanndybde for effektiv avsperring og fiske. Forsøkene i 2013 og 2014 ble lagt til de samme lokalitetene som ble benyttet i 2010. Det var derfor forholdsvis små forskjeller i ledningsevnen sammenlignet med i 2010; Toåa hadde svært lav ledningsevne (10 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Ingdalselva hadde middels høy ledningsevne (20 $\mu\text{S}/\text{cm}$) mens Homla hadde relativt høy ledningsevne (35 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Siden undersøkt areal ble tilpasset fangst i første omgang var det en viss forskjell i stasjonsstørrelse mellom årene.



Bilde 1. Undersøkt lokalitet i Toåa. Foto: Gunnbjørn Bremset.



Bilde 2. Undersøkt lokalitet i Homla. Foto: Gunnbjørn Bremset.



Bilde 3. Undersøkt lokalitet i Ingdalselva. Foto: Ola Diserud.

2 Metoder

2.1 Forsøksoppsett

Feltekspérimentene i 2010 ble gjennomført med elektrisk fiskeapparat fra produsenten TERIK av modell FA-4. Det ble benyttet maksimal apparatspanning i Toåa (1400 volt), midtels høy spanning i Homla (700 volt) og lav spanning i Ingdalselva (350 volt). Vanntemperaturen i alle feltekspérimentene var i området 9-12 °C (**tabell 1**). I 2014 var målsetningen å fiske ved høy vanntemperatur i Toåa (helst over 15 °C). Kortsiktige værendringer førte imidlertid til at vanntemperaturen ikke var høyere enn om lag 14 °C, det vil si ikke vesentlig høyere enn i 2010 (**tabell 2**). Ved dette fisket ble det derfor valgt å fiske med en ny modell av elektrisk fiskeapparat (TERIK modell FA-50) der arbeidsspenningen justeres ved fiskets begynnelse ut fra vannets ledningsevne. Hensikten med denne funksjonen er å oppnå optimal effektivitet i forhold til ledningsevne. I vann med lav ledningsevne vil apparatet automatisk velge en høy spanning, noe som i ionefattige Toåa førte til at apparatet ble innstilt på 1050 volt. I både Ingdalselva og Homla ble det fisket med 700 volt apparatspanning.

Tabell 1. Nøkkeltall for de tre lokalitetene som ble undersøkt i perioden 2010-2014, med kommune, dato, og størrelse på nedbørsfelt (km²). Overfisket areal på undersøkt lokalitet, samt ledningsevne og temperatur gjelder for feltekspérimentene i 2010. I 2010 ble det benyttet 1400 volt apparatspanning i Toåa, 700 volt i Homla og 350 volt i Ingdalselva.

Elv (lokalitet)	Kommune (fylke)	Nedbørsfelt (km ²)	Dato	Areal (m ²)	Lednings- evne (μS/cm)	Temperatur (°C)
Toåa	Surnadal (MR)	207	06.09.10	427	7,1-7,6	9,0-11,4
Ingdalselva	Agdenes (ST)	103	13.09.10	849	25,0-26,3	10,6-12,5
Homla	Malvik (ST)	157	02.09.10	220	36	11,9-12,0

Tabell 2. Vanntemperatur, ledningsevne og overfisket areal ved feltekspérimentene i 2013 og 2014 i Toåa, Ingdalselva og Homla. Apparatspenningen var høyest på lokaliteten med lavest ledningsevne (Toåa).

Sted	Dato	Temp. (°C)	Ledningsevne (μS/cm)	Areal (m ²)	Apparatspanning (volt)
Toåa	11.08.14	13,9	11,6	243	1050
Ingdalselva	16.10.13	4,6	21,7	850	700
	17.10.13	4,8	21,8	850	700
Homla	18.11.14	1,3	35,6	190	700

2.2 Felteksperiment

På hver lokalitet ble et forsøksområde sperret av med 30 meter lange og to meter dype sperrenøter med 5 mm maskevidde for å unngå at fisk flyktet vekk fra området under undersøkelsen. Før forsøket tok til ble en sperrenot plassert som en nedre grense for forsøksfeltet. Nedre del av nota ble holdt nede med store steiner for å begrense mulighetene for rømming under nota. Øvre del av nota ble holdt godt over vannoverflata ved hjelp av kløftete kjepper. Oppstrøms sperrenota ble det fisket over hele elvas bredde inntil om lag 50 eldre laksunger var fanget. Det ble ikke stilt tilsvarende krav til fangst av aure, da disse elvene har en relativt tynn aurebestand. Etter første overfisking ble det undersøkte området avsperrert med en øvre sperrenot. Deretter ble det gjennomført gjentatte utfiskinger (inntil 13 overfiskinger) til fangsten per omgang nærmet seg null (sommer/tidlig høst) eller så lenge det var tilstrekkelig med dagslys (sen høst). Tida fra starten av en overfisking til starten av neste overfisking var minst 30 minutter.

Det elektriske fisket ble utført av to personer, der én person opererte det elektriske fiskeapparatet mens den andre assisterte og tok vare på fanget fisk (**bilde 4**). I tillegg var det to personer som kontinuerlig sjekket den nedre sperrenota og tok vare på ungfisk som hadde havnet i notveggen. Etter hver omgang ble all fisk fanget under elektrisk fiske eller i nota registrert og klassifisert med hensyn til art, naturlig utstrakt lengde (mm), fangstmåte (not eller elektrisk fiske) og status (uskadet, skadet, død). Deretter ble ungfisken oppbevart i beholdere med ellevann på en sikker plass inntil de kunne tilbakeføres til fangstområdet.



Bilde 4. Alt elektrisk fiske i dette studiet ble gjennomført på standard måte med to personer. Foto: Odd Terje Sandlund.

Etter avsluttet fiske ble vanndekt areal innenfor sperrenøtene målt opp. Ved forsøkene i 2010 på disse lokalitetene ble habitatforholdene for laksefisk beskrevet. Vanndybde (i cm) ble målt for hver andre meter i transekter med 3-5 meters avstand. På de samme målepunktene ble bunnssubstratet innenfor en utlagt jernramme (0,25 m²) beskrevet i henhold til klassifisering gitt av Jowett mfl. (1991), og antall potensielle skjulesteder for ungfisk ble registrert i tråd med metode beskrevet av Finstad mfl. (2007). Middels vanndybde på lokalitetene varierte mellom 14 og 40 cm, mens de maksimale vanndybde varierte mellom 21 og 73 cm (**tabell 3**). Vassføringa i 2013 og 2014 var ikke vesentlig forskjellig fra forsøkene i 2010.

Tabell 3. Sammenfatning av habitatforhold ved de tre lokalitetene som ble anvendt i eksperimentene i 2013 og 2014. Skjulesteder er i henhold til Finstad mfl. (2007) klassifisert som små (S1), middels (S2) eller store (S3). Inndeling av bunnssubstrat er basert på Jowett mfl. (1993), og inneholder følgende substratkategorier: fast berg (0), partikler < 2 mm (1), partikler 2-19 mm (2), partikler 20-99 mm, partikler 100-250 mm og partikler > 250 mm (5).

Lokalitet	Vanndyp (cm)		Skjul per 0,25 m ²			Substratkategori (%)					
	Middel	Maks	S1	S2	S3	0	1	2	3	4	5
Toåa	40	73	0,24	0,18	0,16	0,0	6,7	17,0	16,7	34,0	25,6
Ingdalselva	14	21	0,02	0,01	0,01	0,0	5,3	5,0	55,2	24,1	10,3
Homla	36	68	3,80	2,70	0,40	0,0	0,0	9,1	20,5	41,4	28,2

I Ingdalselva ble det i 2013 gjennomført et merking-gjenfangst studium for å beregne bestandsstørrelse. Dette skjedde ved at det på første dag ble gjennomført én fangstrunde med elektrisk fiskeapparat mellom sperrenøtene som beskrevet ovenfor. All fisk fanget i denne fiskerunden ble bedøvd og lengdemålt (til nærmeste mm), merket ved finnekipping (fettfinne på de minste og flik av bukfinne på de største) og deretter gjenutsatt innenfor sperrenøtene. Dagen etter ble det gjennomført gjentatte overfiskinger, og all fanget fisk ble i tillegg til artsbestemmelse og lengdemåling sjekket for merking.

2.3 Beregninger av fangbarhet og bestandsstørrelse

Fra merke-gjenfangstforsøk kan bestandsstørrelsen (B) beregnes med Petersens estimator (Chapman 1951, Ricker 1975):

Ligning 1 $B = ((M+1)(C+1))/(R+1)$

hvor M er antall merket fisk, C er den totale fangsten og R er gjenfangsten av antall merkete fisk. Denne estimatoren har vært mye benyttet i undersøkelser av størrelsen på dyrebestander og både feilkilder og statistiske egenskaper ved estimatoren er godt kjent. I og med at $R/C > 0,1$ ble konfidensintervaller for estimatene av bestandsstørrelse beregnet ved hjelp av en binomisk fordeling (Krebs 1989). Ricker (1975) framhever at hvis gjenfangsten av merket fisk er større eller lik 4 og resten av forutsetningene er oppfylt, så gir denne estimatoren et forventningsrett estimat av bestandsstørrelse.

Standardisert elektrisk fiske foregår ved at et elveareal (ofte om lag 100 m²) overfiskes tre ganger. Så sant fangsten avtar ved hver av disse tre rundene gir dette grunnlag for å beregne fangbarhet og dermed et estimat for antall fisk innenfor det overfiskete området. Fiskens fangbarhet er beregnet etter utfangstmetoden basert på tre gangers overfiske (Bohlin mfl. 1989, Forseth & Forsgren 2009), og etter fangst per fiskeomgang ut fra gjenværende antall fisk ved starten av fiskeomgangen. Dette er basert på at det samlede antall fisk fanget gjennom alle fiskeomgangene tilsvarer det antall fisk som befant seg mellom sperrenøtene ved starten av fisket. For hver utfiskingsundersøkelse ble det beregnet bestandsestimater for hver fangstomgang basert på akkumulert fangst av fisk (både umerket og merket fisk). Beregningen ble gjennomført hver for seg for årsyngel (0+) og eldre laksunger ($\geq 1+$).

I undersøkelsene i 2013 og 2014 er det gjennomført utfisking inntil ni ganger innenfor avstengte områder. I 2010 ble det fisket i inntil 13 omganger. Dette gir mulighet for å beregne fangbarhet, bestandsstørrelse og bestandstetthet etter utfangstmetoden basert på et mer omfattende datamateriale enn standard tre gangers utfisking (Zippin 1958). Ifølge Bohlin mfl. (1989) vil man under elektrisk fiske med et gitt antall utfiskingsrunder (k) ha to estimeringsligninger for fangbarhet (p) og bestandsstørrelse (N):

Ligning 2: Eq.6:
$$\frac{q}{p} - \frac{kq^k}{1-q^k} = \frac{\sum_{i=1}^k (i-1) y_i}{T}$$

Ligning 3: Eq.7:
$$N = \frac{T}{(1-q^k)}$$

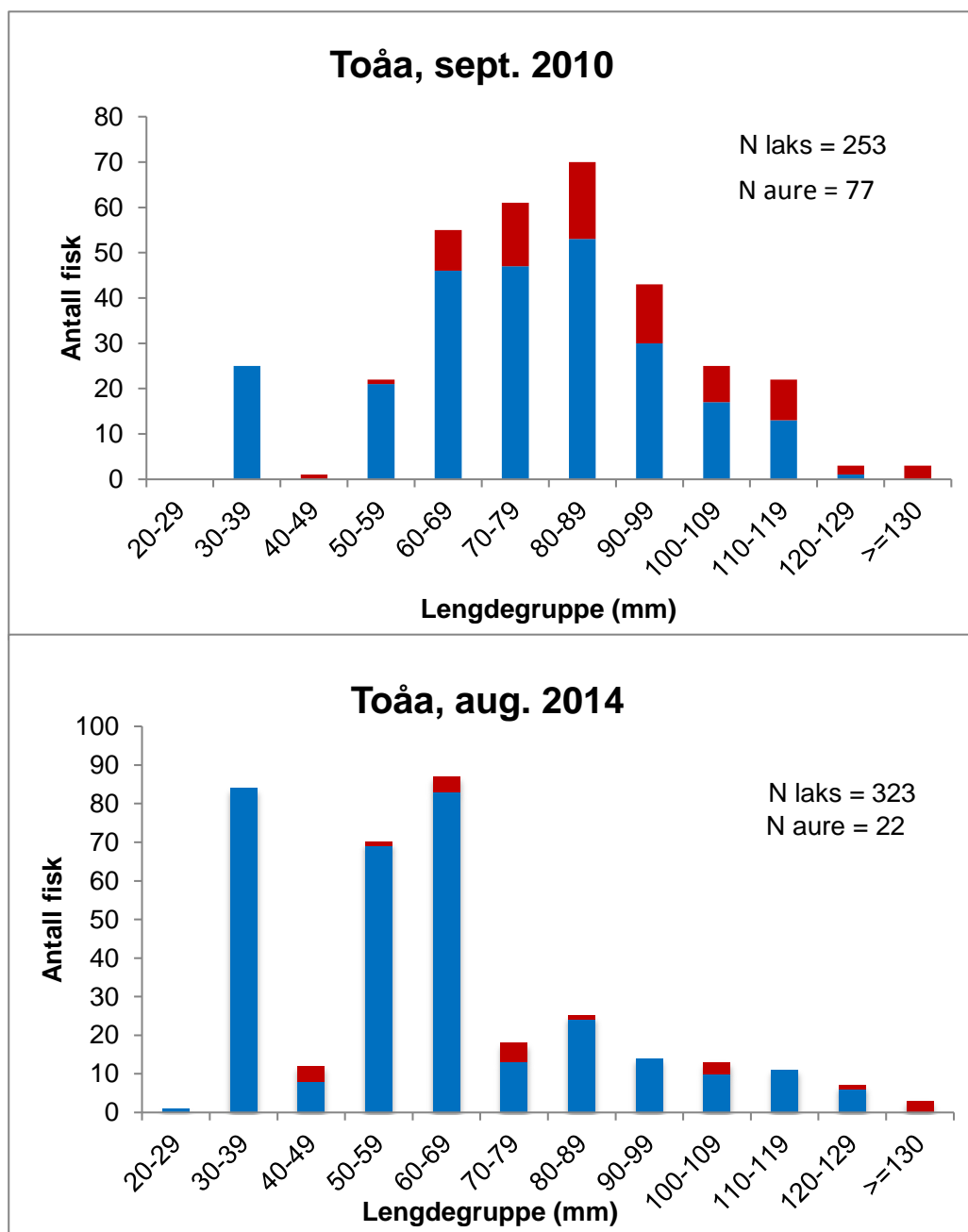
hvor y_i er fangst i utfiskingsrunde i , $q = 1 - p$ og $T = \sum_{i=1}^k y_i$.

Variansene til p og N beregnes fra ligningene 8 og 9 i Bohlin mfl. (1989). Tilnærmet konfidensintervall for estimatene av fangbarhet (p) og bestandsstørrelse (N) vil da være $\pm 2\sqrt{\text{Var}(p)}$ og $\pm 2\sqrt{\text{Var}(N)}$

3 Resultater

3.1 Sammensetning av ungfisksamfunn

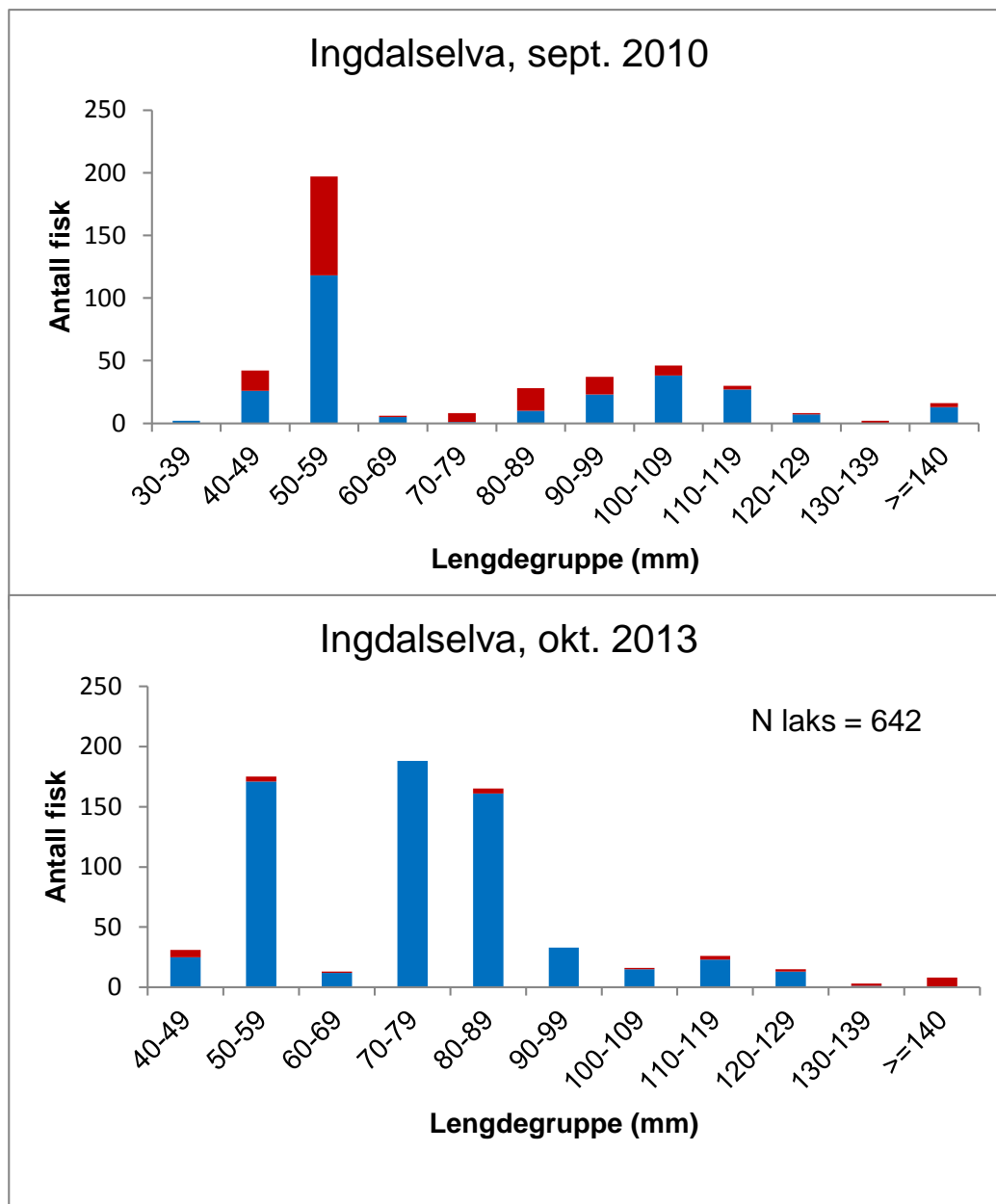
Fisket i Toåa i august 2014 ble gjennomført på samme lokalitet som i september 2010, men en snau måned tidligere på høsten (**figur 2**). Det var noe forskjell på fangstene, idet ungfisk av aure utgjorde en mindre andel i 2014 (6 %) enn i 2010 (23 %) (se **vedlegg 1**). Ellers var laksyngelen for det meste 30-40 mm på begge undersøkelsestidspunkt, mens eldre laks-onger var opp til om lag 130 mm.



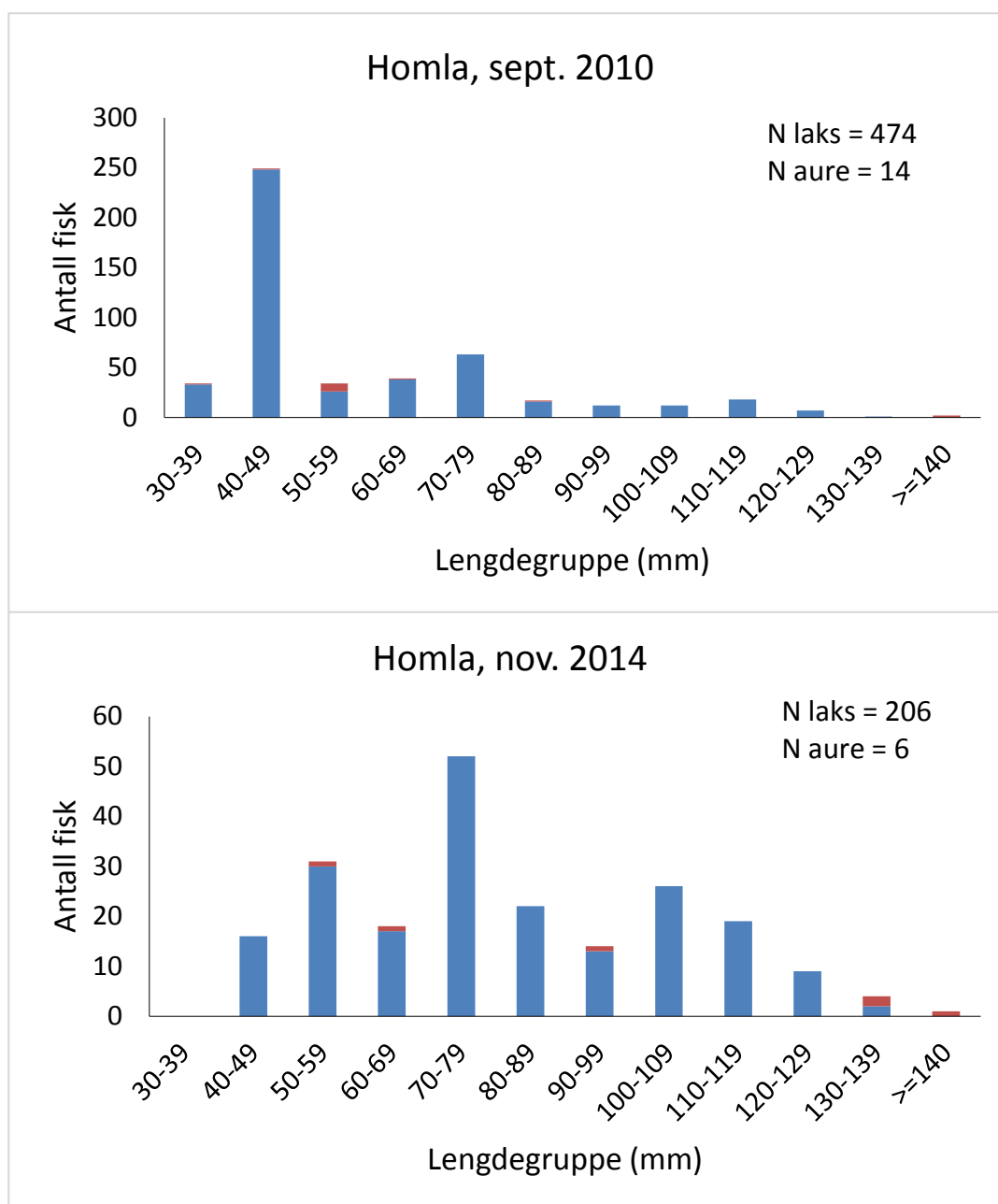
Figur 2. Lengdefordeling av aure og laks i Toåa ved 11 overfiskinger 6. september 2010 (øverst) og ni overfiskinger i 11. august 2014 (nederst). Blåfarget del av søylene angir antall laks mens rødfarget del angir antall aure.

I Ingdalselva var tettheten av ungfisk langt større i 2013 enn i 2010 (**figur 3**), noe som skyldes større tetthet av laks. Tettheten av aure var mindre enn i 2010 (se **vedlegg 2**). Det var stor forskjell i lengdefordelingene mellom de to årene. I 2013 var det et stort antall fisk i lengdegruppa 70-89 mm og få større fisk. Årsyngel av laks var generelt like stor i 2013 som i 2010, mellom 40 og 59 mm.

I Homla var det også stor forskjell på lengdefordelingen hos ungfisken i 2010 og 2014 (**figur 4**), og tettheten av fisk ser ut til å ha blitt nesten halvert. Dette gjelder både laks og aure, og det ble fanget svært få aure (se **vedlegg 3**). Endringen i lengdefordeling hos laks kan tyde på at det har skjedd noe med rekrutteringsforholdene i Homla i senere år.



Figur 3. Lengdefordeling av aure og laks i Ingdalselva etter ti overfiskinger 13. september 2010 (øverst), og fra 16.-17. oktober 2013 (all fisk fanget ved merking 16. oktober og umerket fisk i løpet av sju overfiskinger 17. oktober 2013) (nederst). Blåfarget del av søylene angir antall laks mens rødfarget del angir antall ørret.

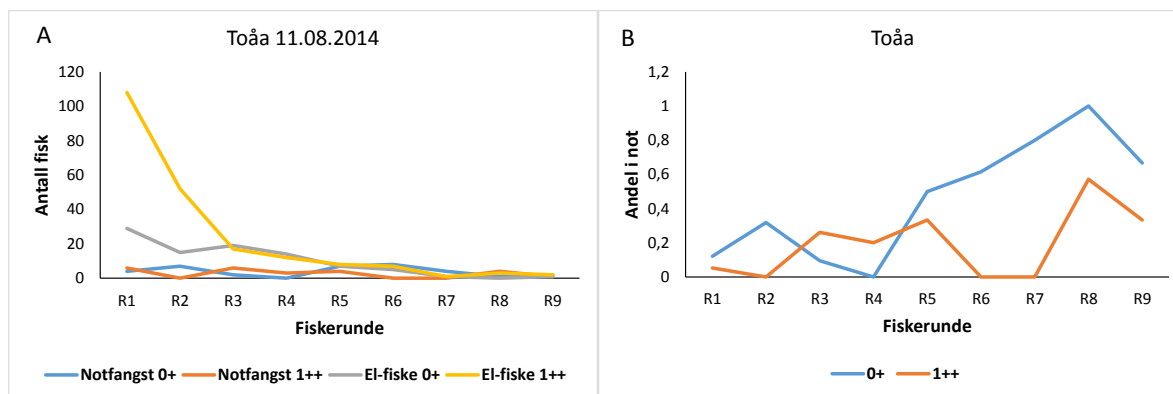


Figur 4. Lengdefordeling av aure og laks i Homla etter 12 overfiskinger 2. september 2010 (øverst, N=452) og åtte overfiskinger 11. november 2014 (nederst). Blåfarget del av histogram søylene angir antall laks, mens rødfarget del angir antall aure.

3.2 Betydning av sperrenot under elektrisk fiske

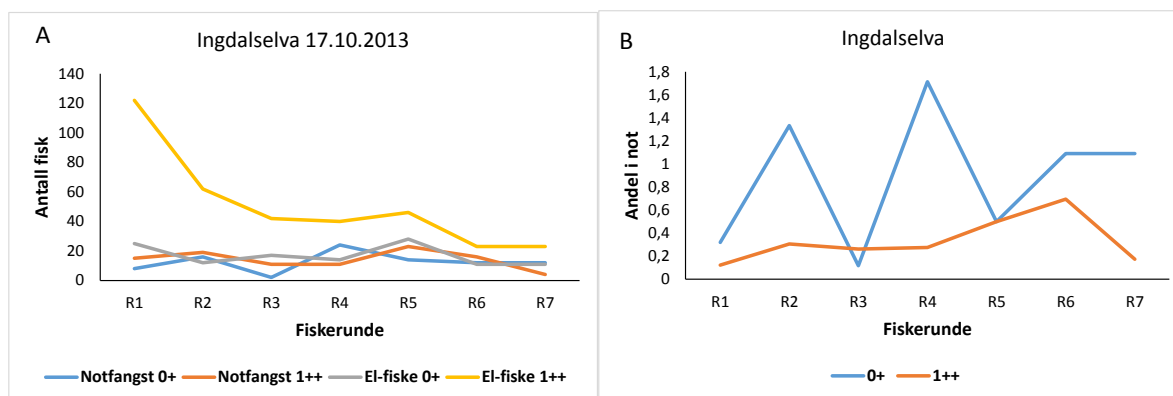
En usikkerhet med bruk av utfangstmetoden i åpne elveavsnitt er at man ikke vet hvor mye fisk som rømmer ut av undersøkelsesområdet i løpet av undersøkelsen. Fisk som rømmer ut av området vil ikke bli registrert, noe som fører til for høy beregnet fangbarhet og for lav beregnet bestandstetthet. Bruk av sperrenøter gjør det mulig å estimere hvor mange fisker som ville ha rømt i et åpent elveavsnitt. I analysene er skilt mellom fisk fanget under elektrisk fiske og fisk fanget i sperrenota, slik at det er mulig å vurdere i hvor stor grad kontrollert fiske innenfor et avstengt område skiller seg fra et tradisjonelt åpent elektrisk fiske.

Undersøkelsene viste at det blir fanget fisk i nedre sperrenot i alle omganger. I Toåa i august 2014 ble 28 % av alle fangete årsyngel og 10 % av alle fangete eldre laksunger fanget i sperrenota (**figur 5**), det vil si at disse fiskene ikke ville ha blitt registrert ved et vanlig, åpent elektrisk fiske. I Ingdalselva var andelen fisk som ble fanget i sperrenota noe høyere enn i Toåa, og her ble 43 % av årsyngel og 22 % av eldre laksunger fanget i nota i løpet av sju fiskerunder (**figur 6**). I Homla var andelen fisk som ble samlet inn fra den nedre sperrenota noe lavere. Blant fisken som ble samlet i løpet av åtte fiskerunder i Homla i november 2014 hadde 31 % av årsyngel og 6 % av eldre laksunger havnet i nedre sperrenot (**figur 7**).

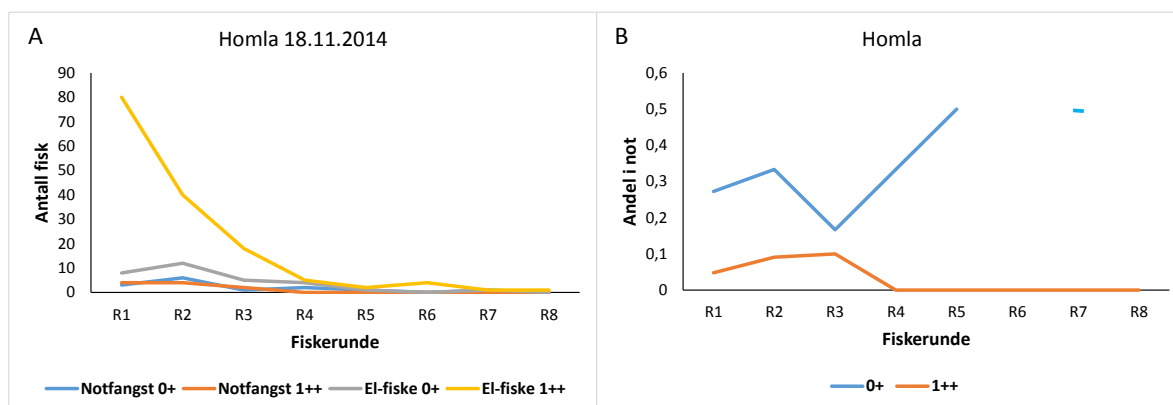


Figur 5. Elektrisk fiske i Toåa i august 2014. A: Antall fisk i hver fiskerunde (R1-R9) fordelt på årsyngel av laks (0+) og ettåringer og eldre laksunger (1++) fanget under det elektriske fisket og i nedre sperrenot. B: Andel av fangsten i sperrenota for hver fiskerunde.

I forhold til standardisert elektrisk fiske uten sperrenøter er det interessant å vurdere hvor mange fisk som rømmer eller driver ned og ut av undersøkelsesområdet i løpet av tre fiskeomganger. Dette framgår av forholdet mellom antall fisk fanget under elektrisk fiske og antall fisk fanget i sperrenota (**tabell 3**). Når det gjelder årsyngel, varierte andelen fisk som ble samlet i sperrenota gjennom tre fiskerunder mellom 17 og 33 %. For eldre laksunger var det færre som ble samlet i sperrenota (6-17 %). Dette viser imidlertid at antallet fisk som rømmer ut av undersøkelsesområdet vil bidra i betydelig grad til et for lavt bestandsestimat basert på tre gangers overfiske (**tabell 4**).



Figur 6. Elektrisk fiske i Ingdalselva i oktober 2013. A: Antall fisk i hver fiskerunde (R1-R9) fordelt på årsyngel av laks (0+) og ettåringer og eldre laksunger (1++) fanget under det elektriske fisket og i nedre sperrenot. B: Andel av fangsten i sperrenota for hver fiskerunde.



Figur 7. Elektrisk fiske i Homla i november 2014. A: Antall fisk i hver fiskerunde (R1-R9) fordelt på årsyngel av laks (0+) og ettåringer og eldre laksunger (1++) fanget under det elektriske fisket og i nedre sperrenot. B: Andel av fangsten i sperrenota for hver fiskerunde.

Tabell 3. Antall ungfisk av laks fanget ved elektrisk fiske og ved innsamling av fisk fra nedre sperrenot i løpet av tre omganger (R1-R3) ved forsøkene i Toåa, Ingdalselva og Homla i 2013 og 2014. Aldersgruppene er årsyngel (0+) og ettåringer og eldre ($\geq 1+$). Nederst er det oppgitt relativ andel av samlet fangst av årsyngel og eldre ungfisk fanget i not.

Laks	Toåa				Ingdalselva				Homla			
	R1	R2	R3	Sum	R1	R2	R3	Sum	R1	R2	R3	Sum
Elektrisk fiske 0+	29	15	19	63	25	12	17	54	8	12	5	25
Not 0+	4	7	2	13	8	16	2	26	3	6	1	10
Elektrisk fiske $\geq 1+$	108	52	17	177	122	62	42	226	80	40	18	138
Not $\geq 1+$	6	0	6	12	15	19	11	45	4	4	2	10
Andel 0+ i not				0,17				0,33				0,29
Andel $\geq 1+$ i not				0,06				0,17				0,07

Tabell 4. Bestandsestimater for laksyngel og lakseparr på forsøkslokaliteten i Toåa i august 2014, basert på tre (R3) og ni (R9) fiskeomganger. Fangst er samlet fangst i løpet av tre og ni fiskeomganger, N_e er beregnet bestand etter utfangstmetoden basert på tre eller ni omganger, SE er standard feil for estimatet og økning (%) viser hvilken effekt fangsten i sperrenota har på bestandsestimatet.

	Uten not			Med not			Økning (%)
	Fangst	N_e	SE	Fangst	N_e	SE	
Laksyngel							
R3	63	122,6	55,5	76	148,5	61,7	21,1
R9	91	93,6	2,1	126	136,6	5,3	45,9
Lakseparr							
R3	177	191,3	6,4	189	208,1	8,0	8,8
R9	210	210,7	0,9	234	235,7	1,4	11,9

Tilsvarende beregninger fra undersøkelsene i Homla i november 2014 viser lignende underestimer for både laksyngel og lakseparr. Estimert bestand av laksyngel basert på totalfangst (både elektrisk fiske og sperrenot) etter tre og åtte omganger viste henholdsvis 22,9 og 46,2 % høyere estimater i forhold til estimater basert bare på elektrisk fiske. For lakseparr var avviket mindre, henholdsvis 8,8 og 6,9 %. Fisk som driver eller rømmer ut av undersøkelsesområdet vil også ha en effekt på bestandsestimater basert på merking/gjenfangst. I Ingdalselva ble det i 2013 gjennomført bestandsestimering både med utfangst ved gjentatte overfiskinger og ved merking-gjenfangst (tabell 5).

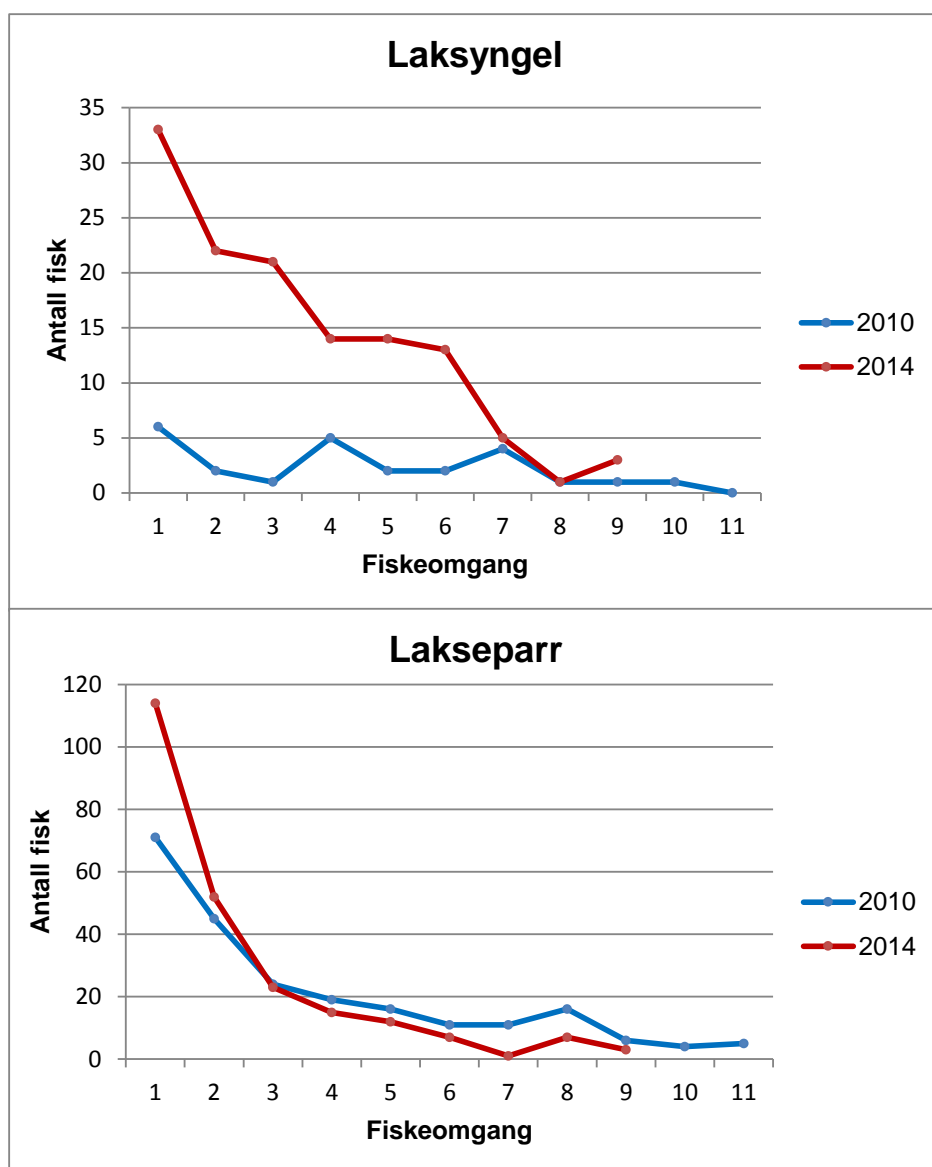
Hos laksyngel viser utfangst i Ingdalselva basert på tre fiskerunder et lignende underestimat som i de to andre forsøkene når fangsten i sperrenota ikke regnes med. Medregnet fangsten i sperrenota økte estimatet for 0+ laks med vel 30 %. Etter sju omganger var økningen sammenlignet med standardisert fiske nesten 75 %. Merking/gjenfangstforsøket viste at estimatene basert bare på det elektriske fisket var mellom 22 og 47 % for høye for laksyngel. For lakseparr var forskjellene noe mindre dramatiske, men basert på utfangst økte estimatene når fangsten i sperrenota ble medregnet med henholdsvis 27 og 37 % etter tre og sju fiskerunder. Den større forskjellen sammenlignet med de andre elvene kan muligens skyldes stort areal i Ingdalselva. Når det gjelder merking/gjenfangstforsøket med lakseparr var overestimatet når gjenfangstene bare ble gjort med elektrisk fiskeapparat små, fra 2 % ved første fiskerunde, til nesten 9 % etter tre fiskerunder.

Tabell 5. Felteksperiment i Ingdalselva i oktober 2013. Sammenligning av bestandsestimater basert på utfangstmetoden og ved merking-gjenfangst ved kun elektrisk fiske og ved elektrisk fiske pluss fangst i sperrenot. Fangst er samlet fangst i løpet av tre (R3) og ni (R9) fiskeomganger, N_e er beregnet bestand etter utfangstmetoden basert på tre eller ni omganger eller ved merking-gjenfangst basert på tre eller sju fiskerunder (ved merking-gjenfangst også én fiskerunde, R1). Relativ økning (%) viser hvilken effekt fangsten i sperrenota har på bestandsestimatet. Overestimat (%) refererer til merking-gjenfangst-estimatet basert bare på elektrisk fiske.

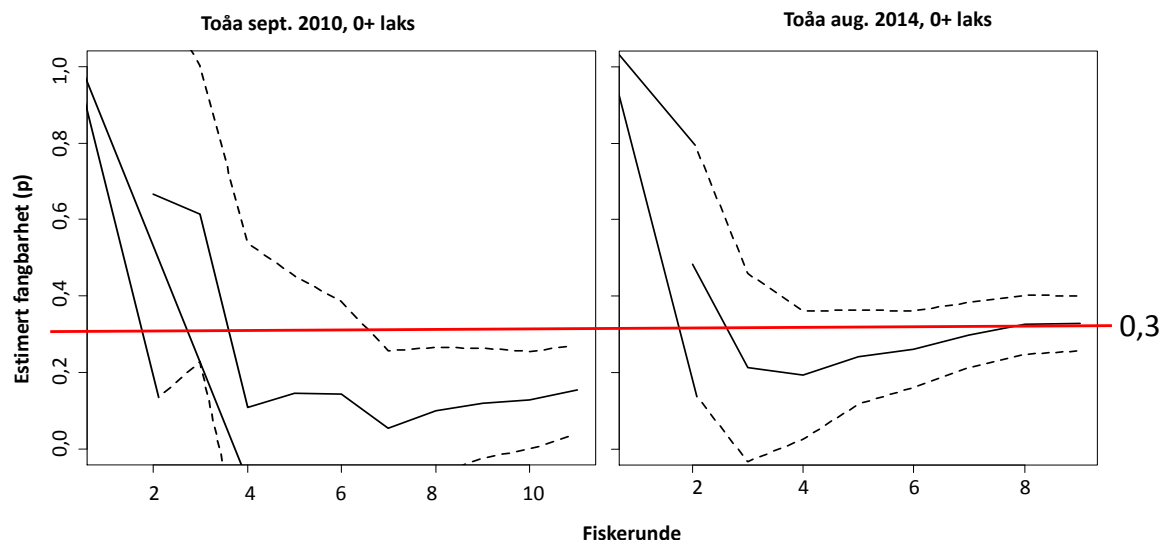
Uten not			Med not		
Laksyngel					
Utfangst	Fangst	N _e	Fangst	N _e	Relativ økning (%)
R3	54	110	80	146	32,7
R7	118	304	206	1531	74,6
Merking-gjenfangst					Overestimat (%)
R1		109		79	38,0
R3		193		131	47,3
R7		312		256	21,9
Lakseparrr					
Utfangst	Fangst	N _e	Fangst	N _e	Relativ økning (%)
R3	226	278	271	354	27,3
R7	358	419	457	574	37,0
Merking-gjenfangst					Overestimat (%)
R1		466		457	2,0
R3		523		481	8,7
R7		624		585	6,7

3.3 Apparatspenning og lav ledningsevne

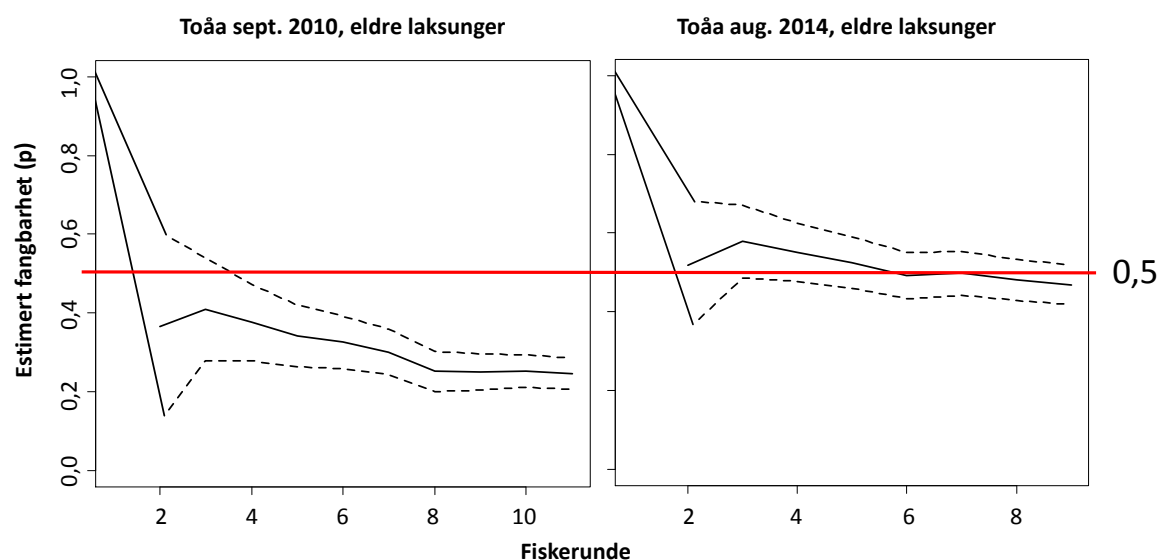
I Toåa ble det i 2014 benyttet en ny modell av elektrisk fiskeapparat der strømspenning innstilles etter vannets ledningsevne. Dette skjer ved at apparatet måler ledningsevne og innstilles på en effektiv strømspenning. Undersøkelsene i 2010 og 2014 skjedde på samme lokalitet, målt ledningsevne var svært lav i begge tilfeller ($7,5\text{--}11,6\ \mu\text{S}/\text{cm}$) og det var liten forskjell i vanntemperatur (i området $10\text{--}14\ ^\circ\text{C}$). I 2010 ble det anvendt en apparatspenning på 1400 volt, som var den maksimale spenningen på eldre modeller av elektrisk fiskeapparat. Kalibreringen med det nye elektriske fiskeapparatet resulterte derimot i en spenning på 1050 volt. Hos laksyngel var det stor forskjell i både fangstforløp (**figur 8**) og fangbarhet (**figur 9**). Mens fiske med svært høy spenning ga lave og varierende fangster gjennom 11 fiskerunder, ga noe lavere spenning høye og relativt jevnt avtagende fangster fra første til åttende fiskerunde. Hos lakseparr var fangstforløpet imidlertid svært likt ved begge spenninger (**figur 8**), men det var vesentlig høyere fangbarhet ved antatt optimal spenning (**figur 10**).



Figur 8. Fangst av laksyngel (0+) og lakseparr (1+ og eldre) ved elektrisk fiske (fangst i sperrenot ikke inkludert) i Toåa i september 2010 (11 fiskerunder, apparatspenning 1400 volt) og august 2014 (ni fiskerunder, apparatspenning 1050 volt).



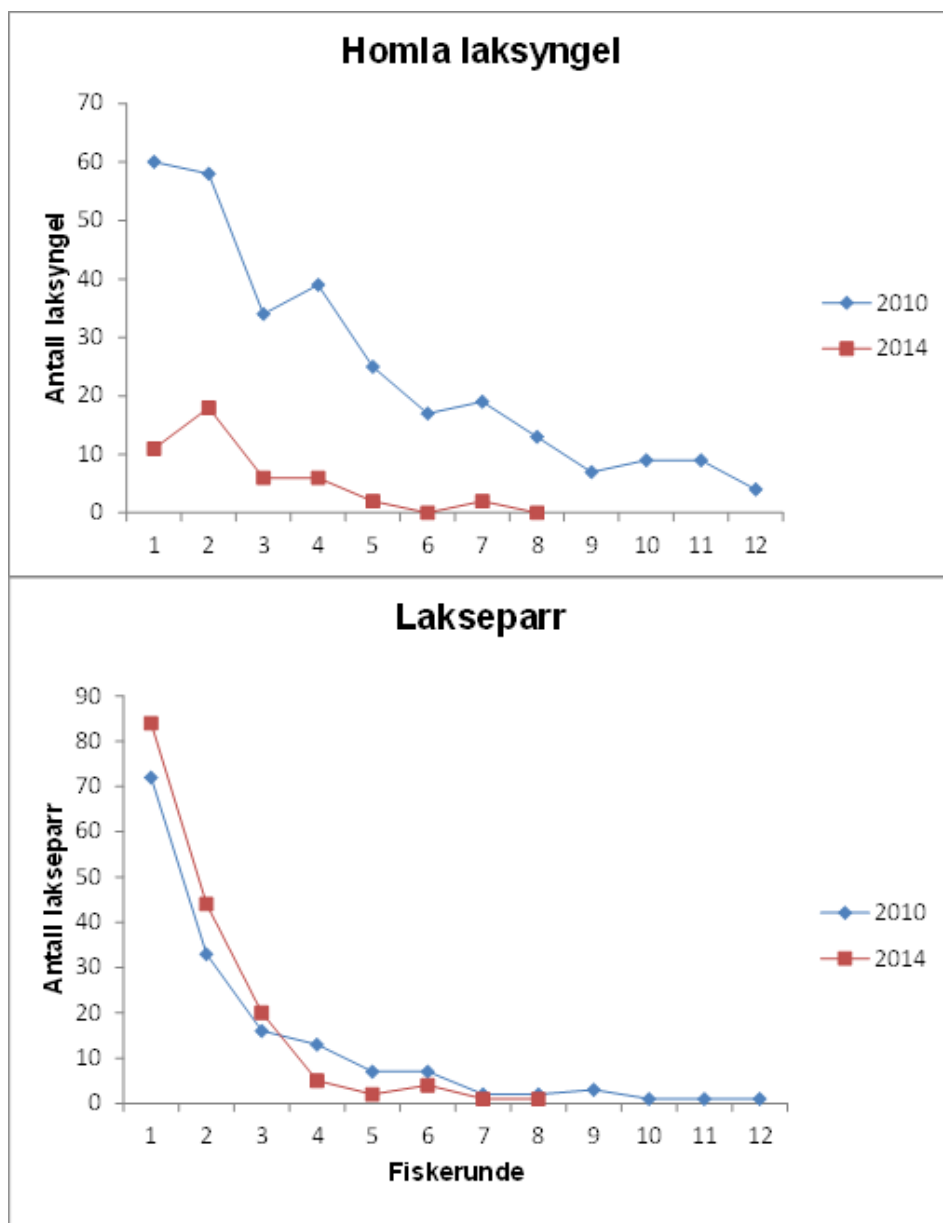
Figur 9. Estimert fangbarhet for årsyngel av laks (0+) ved elektrisk fiske (fangst i sperrenot ikke inkludert) i Toåa i september 2010 (11 fiskerunder, spenning 1400 volt) og august 2014 (ni fiskerunder, spenning 1050 volt). 30 % fangbarhet er indikert med rød linje for å lette sammenligningen av de to figurene.



Figur 10. Estimert fangbarhet for lakseparr (1+ og eldre) ved elektrisk fiske (fangst i sperrenot ikke inkludert) i Toåa i september 2010 (11 fiskerunder, spenning 1400 volt) og august 2014 (ni fiskerunder, spenning 1050 volt). 50 % fangbarhet er indikert med rød linje for å lette sammenligningen av de to figurene.

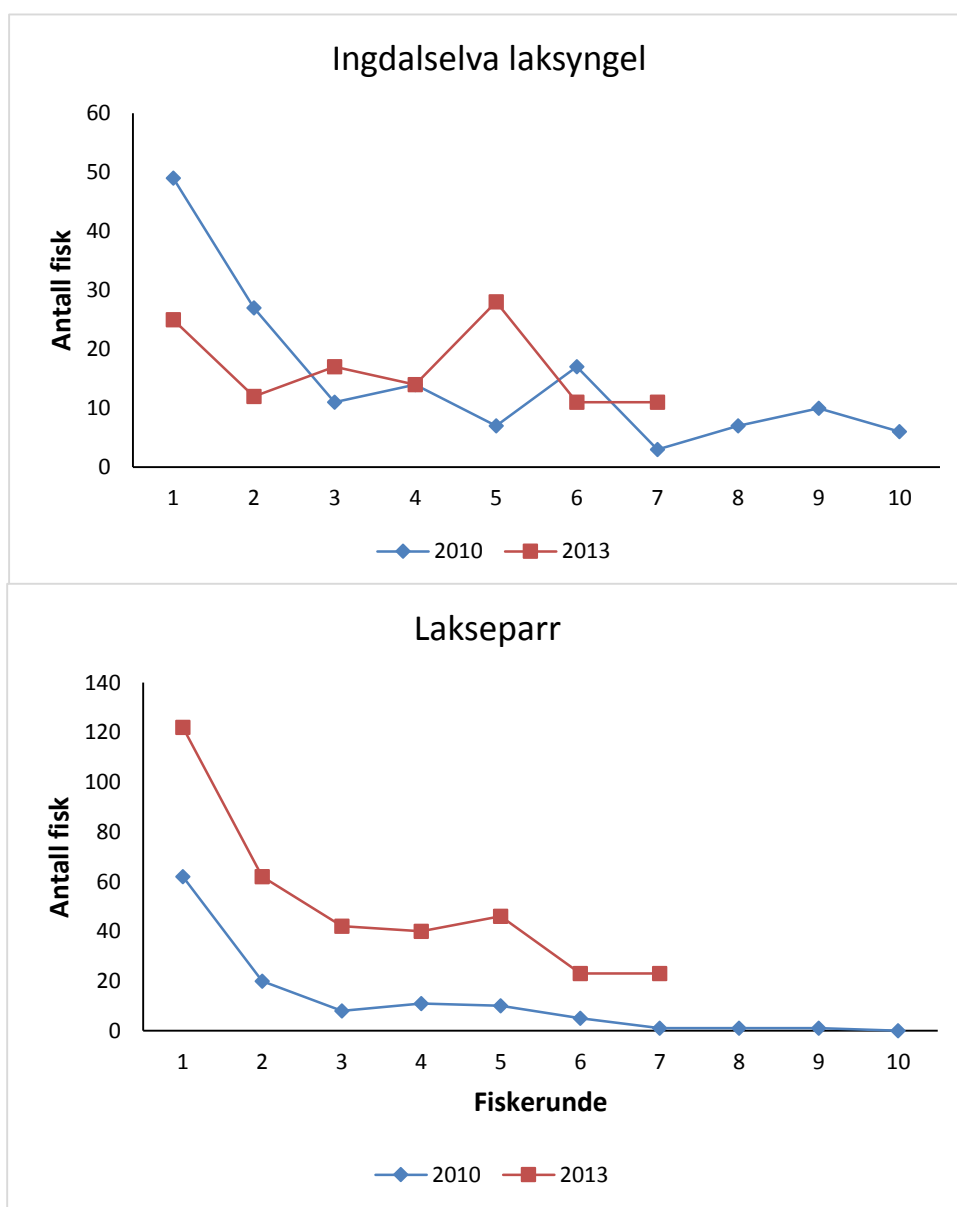
3.4 Vanntemperatur og fangbarhet

Undersøkelsene i Homla i september 2010 og november 2014 ble utført på samme lokalitet og med tilnærmet samme vannføring, men med forskjellig vanntemperatur (12 °C i 2010 og 1,3 °C i 2014). I september 2010 ble det fisket 12 omganger, mens det i november 2014 grunnet kort daglengde ble fisket åtte omganger (**figur 11**). Forskjellene i de to forsøkene viser seg først og fremst ved fangstforløpet for årsyngel av laks (0+). Ved det som anses som normal temperatur for elektrisk fiske (12 °C) er antall årsyngel fanget i hver omgang i hovedsak synkende fram til niende omgang, selv om det var en oppgang fra tredje til fjerde runde og også fra sjette til sjuende omgang. Ved lav temperatur (1,3 °C) ble det fanget færre årsyngel og det var en betydelig økning i antall fisk fra første til andre omgang (fra 11 til 18 fisk). Hos lakseparr var fangstutviklingen svært lik i de to undersøkelsene (**figur 11**).



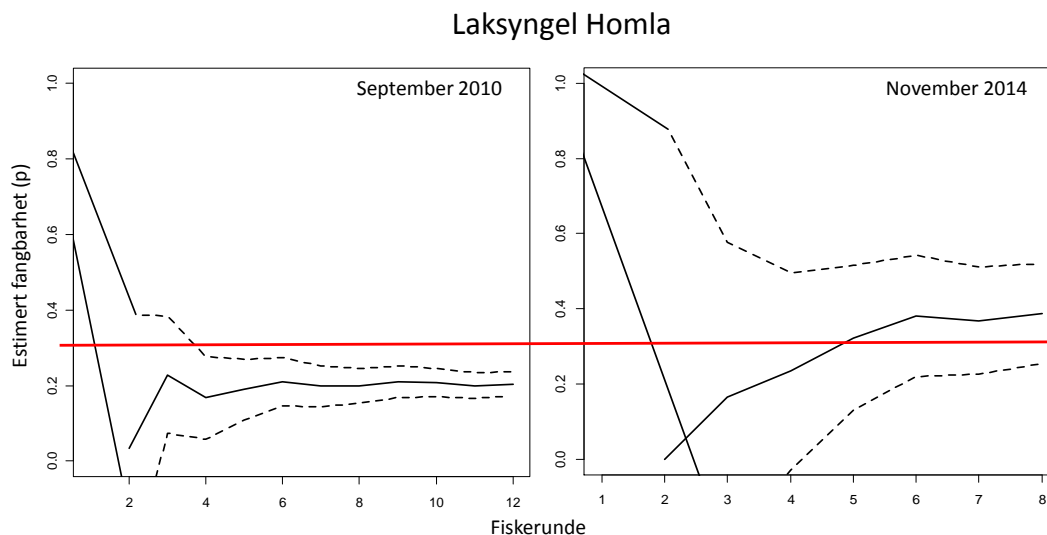
Figur 11. Fangst av laksyngel (0+) og lakseparr (1+ og eldre) ved elektrisk fiske (fangst i sperrenot ikke inkludert) i Homla i september 2010 (12 omganger ved 12 °C) og november 2014 (åtte omganger ved 1,3 °C).

Det ble oppnådd tilsvarende resultater ved et felteksperiment innenfor samme område med ved ulike vanntemperaturer i Ingdalselva. Ved relativt høy vanntemperatur i september 2010 ble det i løpet av 10 fiskeomganger en forholdsvis jevn nedgang i fangst av både årsyngel og parr av laks (**figur 12**). Ved forholdsvis lav vanntemperatur i oktober 2013 var det ingen klar nedgang i fangsten av årsyngel i løpet av sju omganger, og det ble fanget flere årsyngel i femte omgang enn i noen av de fire første omgangene. For lakseparr var imidlertid fangstforløpet en klar nedgang utover omgangene både ved lave vanntemperaturer i oktober 2013 og ved høye vanntemperaturer i september 2013 (**figur 12**).

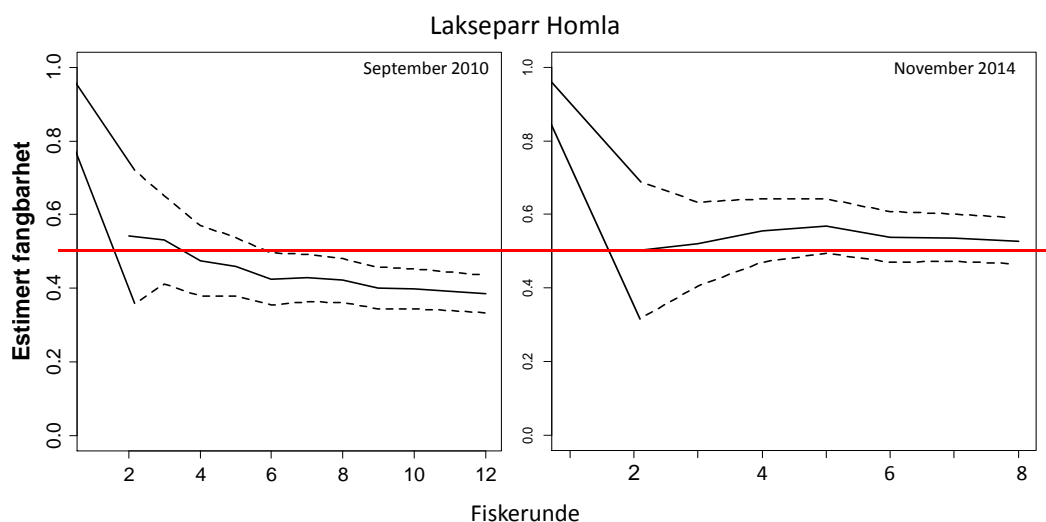


Figur 12. Fangst av laksyngel (0+) og lakseparr (1+ og eldre) ved elektrisk fiske (fangst i sperrenot ikke inkludert) i Ingdalselva i september 2010 (10 omganger ved 11,5 °C) og oktober 2013 (sju omganger ved 4,8 °C).

Estimert fangbarhet for laksyngel ved de to forsøkene i Homla viser at estimatene i begge tilfeller er svært usikre (**figur 13**). I september 2010 var estimert fangbarhet etter tre omganger ($p \pm 95\%$ konfidensintervall) $0,23 \pm 0,16$, og etter åtte omganger $0,20 \pm 0,05$. Tilsvarende tall fra forsøket i 2014, ved lav vanntemperatur, var henholdsvis $0,17 \pm 0,41$ og $0,39 \pm 0,13$. For lakseparr var estimert fangbarhet i begge forsøkene langt sikrere (**figur 14**). I september 2010 var de estimerte verdiene etter tre og åtte omganger henholdsvis $0,53 \pm 0,12$ og $0,42 \pm 0,06$, mens tilsvarende verdier fra november 2014 var $0,52 \pm 0,11$ og $0,53 \pm 0,06$.



Figur 13. Estimert fangbarhet for årsyngel av laks i Homla i september 2010 ved vanntemperatur 12 °C og november 2014 ved vanntemperatur 1,3 °C. Rød linje viser 30 % estimert fangbarhet.



Figur 14. Estimert fangbarhet for lakseparr i Homla i september 2010 ved vanntemperatur 12 °C og i november 2014 ved vanntemperatur 1,3 °C. Rød linje viser 50 % estimert fangbarhet.

4 Diskusjon

Strandnært elektrisk fiske er en utbredt metode for kvalitative og kvantitative studier av elvelevende fiskesamfunn, som benyttes av både forskningsinstitusjoner, konsulentfirma og lokale aktører som jeger- og fiskerforeninger. Til tross for utstrakt bruk foreligger det ikke noen egen norsk standard for elektrisk fiske, men det foreligger en europeisk standard som er dårlig tilpasset norske forhold (Anonym 2003). Foreløpig er det ingen formell opplæring i bruk av elektrisk fiskeapparat, og det stilles heller ingen formelle krav for utøvere av elektrisk fiske. Manglende standardisering, opplæring og sertifisering innebærer at praksisen varierer betydelig hos de ulike aktørene, og det foreligger ingen konsensus hos de nasjonale aktørene om hva som er best anvendelige praksis. Dette medfører en fare for at resultater fra undersøkelser utført i samme vassdrag av ulike aktører ikke er direkte sammenlignbare. Det er grunn til å anta at det også er svært varierende bevissthet om de klare metodiske begrensninger som er knyttet til kvantitativt elektrisk fiske generelt (**avsnitt 4.1**) og bestandsestimering spesielt (**avsnitt 4.2**). Resultatene fra de eksperimentelle feltstudiene i perioden 2010-2014 viser at fysiske faktorer som ledningsevne og vanntemperatur har vesentlig betydning for fangbarhet hos ungfisk av laks og aure (**avsnitt 4.3**).

4.1 Metodiske begrensninger

Undersøkelsene har vært innrettet for å belyse hvordan fysiske forhold som ledningsevne og vanntemperatur påvirker fangbarhet av ulike grupper av ungfisk under elektrisk fiske. Imidlertid er det metodisk svært krevende å isolere effekten av én enkelt faktor, siden det under naturlige forhold er en rekke fysiske og biologiske faktorer som virker inn. Effekter av forskjellige ledningsevner må av naturlige grunner utprøves i ulike vassdrag, som vil være ulike med hensyn til både fiskesamfunn og fysisk beskaffenhet. Ulike vanntemperaturer må nødvendigvis undersøkes til ulike årstider, noe som kan ha stor betydning for både habitatbruk og atferd hos ungfisk. I tillegg vil det være artsforskjeller og størrelsesforskjeller i fangbarhet som må isoleres fra de rent fysiske relaterte forskjellene.

Ledningsevnen i vannet er blant annet bestemt av naturgitte forhold som jordsmonn og berggrunnsforhold, og vil i stor grad være et mål for innholdet av ioner i vannet. Ledningsevnen i vannet er også direkte temperaturavhengig (Cowx & Lamarque 1990), noe som innebærer at disse faktorene samvarierer og påvirker fangbarhet av ungfisk. Alle undersøkelser i perioden 2010-2014 har blitt gjennomført ved lave og middels høye vanntemperaturer, og det foreligger ikke data fra perioder med vanntemperaturer over 15 °C. Det er derfor ønskelig i oppfølgende undersøkelser å inkludere perioder med vanntemperaturer opp mot 20 °C. Undersøkelsene er i stor grad gjennomført i områder med middels god tilgang på skjulområder i form av hulrom i substratet. Fangbarhet av ulike kategorier av ungfisk er trolig i større eller mindre grad habitatavhengig, og det kan derfor være ønskelig å gjennomføre utprøving i et større spenn av områdetyper med hensyn til vann dybde, vannhastighet og substratforhold.

4.2 Estimering av bestandsstørrelse

Ved kvantitativt elektrisk fiske i norske elver er det vanligst å gjennomføre tre ganger overfiske i åpne elveavsnitt. I noen tilfeller benyttes det en kombinasjon av én gangs overfiske på mange stasjoner og flere gangers overfiske på et utvalg stasjoner, noe som gir en betydelig større spredning i stasjonsnettet enn om det utelukkende anvendes tre gangers overfiske på et mindre antall stasjoner (Larsen mfl. 2010). Vanligvis utføres kvantitativt elektrisk fiske ved at det undersøkes et mindre område som strekker seg fra elvebredden og et stykke ut i elvetverrsnittet. Det er bare unntaksvis at det blir undersøkt et større areal som strekker seg over hele elvetverrsnittet. Det er ikke vanlig å benytte sperrenøter som avgrenser un-

dersøkellesområdet. Det åpne elektriske fisket i Norge medfører at ungfisk har god anledning til å flykte fra undersøkelsesområdet, et problem som er spesielt stort dersom det er små stasjoner i brede elveavsnitt.

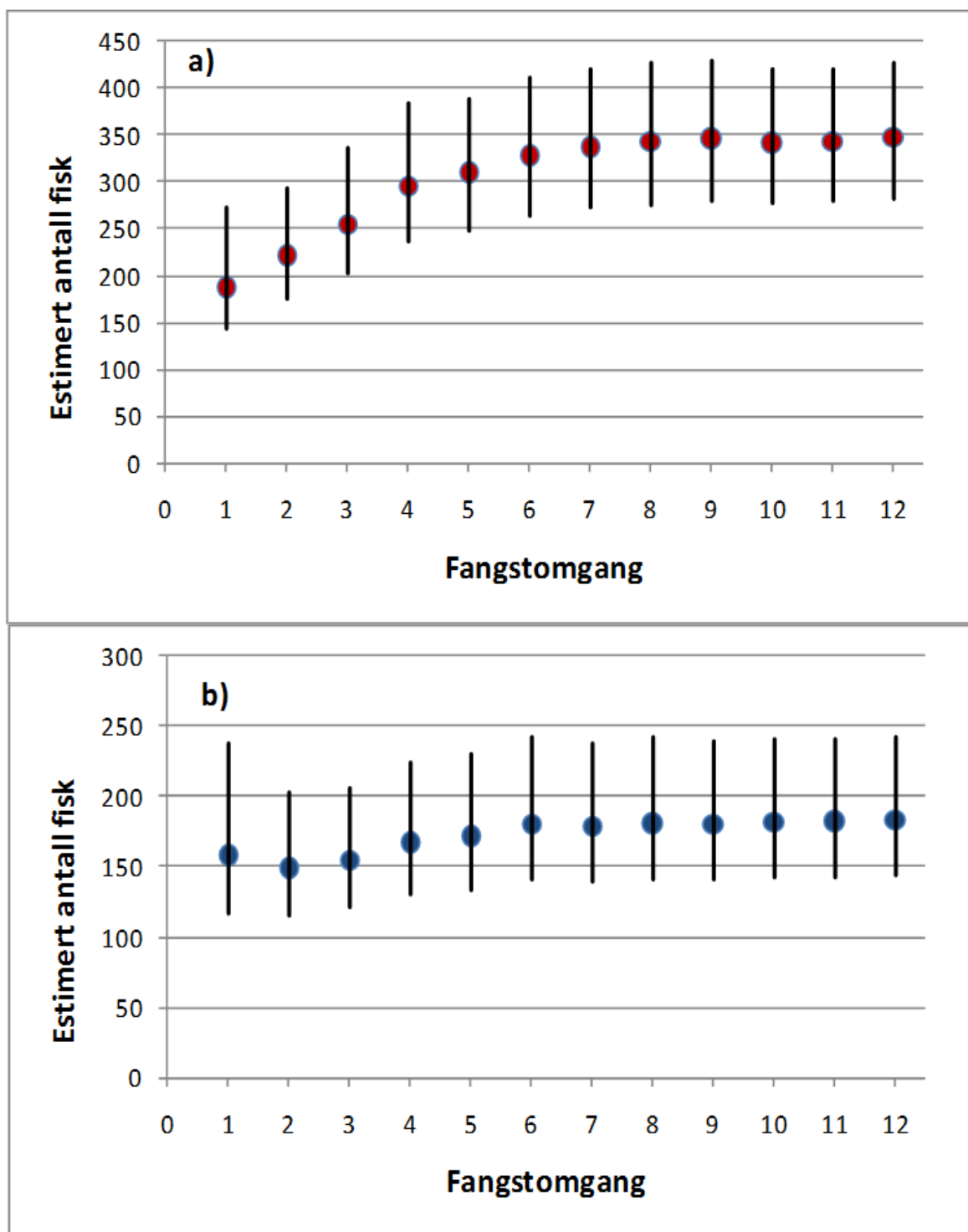
I Norge benyttes nesten utelukkende elektrisk fiskeapparat av norsk fabrikat, som har hatt langt færre innstillingsmuligheter enn apparater fra produsenter i Tyskland, USA og Canada (**bilde 5**). Dette medfører klare begrensninger ved elektrisk fiske i områder med svært lav eller svært høy ledningsevne, samt begrensede muligheter til å benytte innstillinger av strømstyrke og frekvens som er skreddersydd for aktuell ledningsevne, vanntemperatur og fiske-type. I senere år har det blitt utviklet elektriske fiskeapparat som gir flere innstillingsmuligheter som er bedre tilpasset de fysiske forholdene i elva. I 2013 og 2014 har siste generasjon fiskeapparat blitt benyttet i Toåa, Ingdalselva og Homla. Undersøkelsene i de tre elvene skiller seg derfor fra tradisjonelt kvantitativt fiske i norske elver, ved at de er gjennomført i lukkede elveavsnitt samt at det er benyttet moderne apparat med flere innstillingsmuligheter.



Bilde 5. I USA og Canada benyttes elektriske fiskeapparat med langt flere innstillingsmuligheter enn apparatene som brukes i Norge. Foto: John Gielen, Smith-Root, USA.

Feltekspperimentene i Toåa og Homla i 2014 viste at bestandsestimat basert på tre gangers overfiske og utfangstmetoden ga systematiske underestimeringer av bestandsstørrelse. Dette samsvarer med resultatene fra tidligere feltekspperiment i til sammen fem elver (Sandlund mfl. 2011), der det ble vist at estimat basert på få fiskeomganger ga lavere verdier enn estimat basert på mange fiskeomganger (**figur 15**). Det synes som at underestimeringen er størst for små ungfisk som årsyngel av laks (30-40 %), mens den er noe mindre for større ungfisk som parr av laks og aure (10-20 %). Det er verdt å merke seg at beregningene er basert på resultater fra et avstengt område, noe som ikke samsvarer med normal praksis der det fiskes i åpne elveavsnitt. Ut fra fangstene i sperrenøtene kan en relativt stor andel av fisk flykte ut av undersøkelsesområdet ved åpent elektrisk fiske; i størrelsesorden 20-30

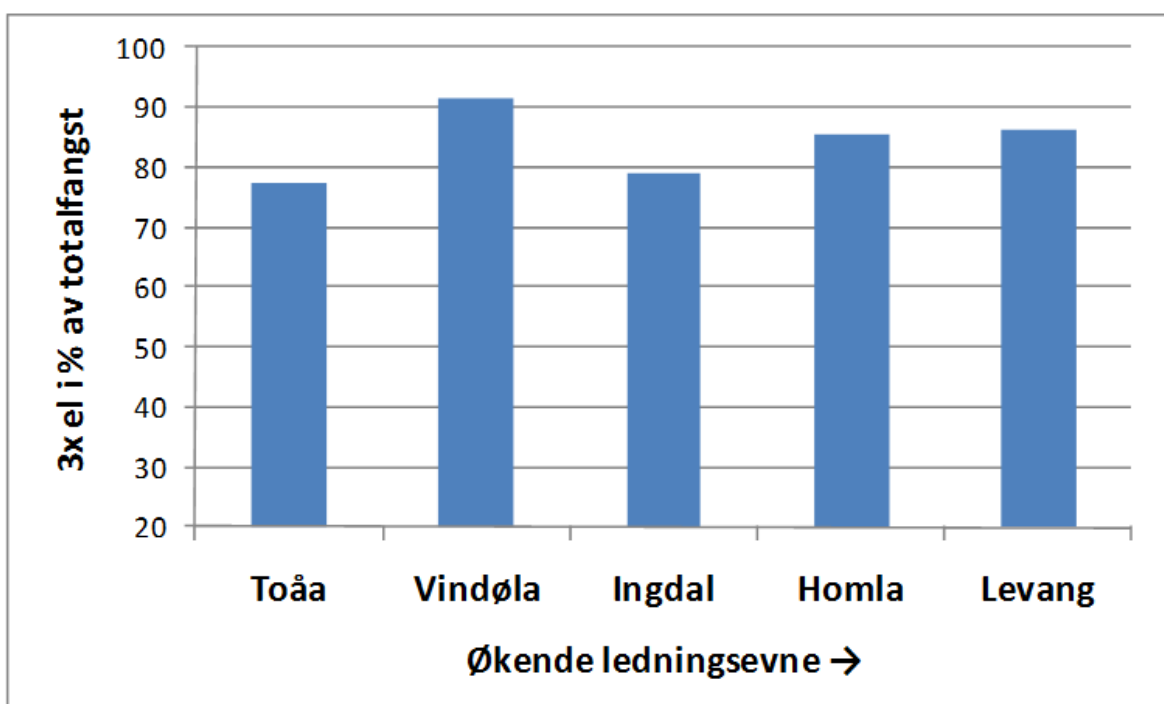
% av årsyngel og 5-15 % av eldre ungfisk. Følgelig er det grunn til å anta at det vil være en betydelig underestimert av bestandsstørrelse ved tradisjonell bruk av utfangstmetoden.



Figur 15. Estimert antall fisk innenfor et avstengt område i Homla i september 2010 basert på akkumulert fangst av årsyngel av laks (a) og eldre laksunger (b). For hvert estimat er det angitt 95 % konfidensintervall (fra Sandlund mfl. 2011).

4.3 Effekter av fysiske faktorer på presisjon

Feltekspérimentene som ble gjennomført i fem elver i 2010 viste at ledningsevne har betydning for fangbarhet av ungfisk og dermed også på presisjonen av bestandsestimater (Sandlund mfl. 2011). Betydningen av ledningsevne er imidlertid ikke like stor for alle grupper av fisk, og det er ingen tydelig sammenheng mellom ledningsevne og presisjonen på estimer av bestandsstørrelsen for ungfisk av laks (**figur 16**). Imidlertid har ledningsevne stor innvirkning på fangbarhet av årsyngel av laks og aure (Sandlund mfl. 2011), noe som bare delvis kan kompenseres gjennom å benytte tilstrekkelig høy spenning (se nedenfor). Vanntemperatur har også stor betydning for fangbarhet av ungfisk generelt og små yngel spesielt, og ved lave vanntemperaturer vil fangbarheten være for lav til å kunne gi presise bestandsestimater. I elver med lav ledningsevne vil det derfor være problematisk å gjennomføre kvantitativt elektrisk fiske ved lave vanntemperaturer, spesielt for små størrelsesgrupper som årsyngel av laks og aure.



Figur 16. Relativ størrelse (%) av bestandsestimater ut fra utfangstmetoden sammenlignet med samlet fangst av laksunger etter 10-13 fiskeomganger i elver med ulik ledningsevne. Undersøkelsene er gjennomført i september 2010 ved lignende vanntemperaturer (fra Sandlund mfl. 2011).

Problemet med lav fangbarhet under kvantitativt elektrisk fiske i elver med svært lav ledningsevne ($< 15 \mu\text{S}/\text{cm}$) kan til en viss grad bli kompensert gjennom å benytte antatt optimal strømspenning. Den siste generasjon elektrisk fiskeapparat som ble benyttet i 2013 og 2014 (Terik FA-50) blir automatisk kalibrert i forhold til vannets ledningsevne, slik at det ble benyttet betydelig høyere strømspenning i ionefattige Toåa enn hva som har vært standard strømspenning i tidligere studier med eldre modeller av elektriske fiskeapparat. En spenning på 1050 volt resulterte i en klar og jevn nedgang i fangst av lakseparr utover fiskeomgangene, og det ble også registrert en viss nedgang i fangst av laksyngel utover omgangene. Det anbefales derfor at det i ionefattige elver benyttes moderne apparat, der det kan anvendes optimal spenning gjennom automatiske eller manuelle innstillingsmuligheter.

5 Konklusjoner og anbefalinger

Feltekspérimentene som er gjennomført i perioden 2010-2014 har gitt en langt bedre innsikt i hvilke muligheter og begrensninger som er knyttet til bestandsstudier ved hjelp av strandnært elektrisk fiske. De viktigste konklusjoner og anbefalinger for elektrisk fiske etter elvelevende laksefisk er som følger:

- Den generelle antakelsen om konstant fangbarhet i alle omganger ved gjentatt overfiske har vist seg å være ugyldig i de gjennomførte feltekspérimentene. Fangbarheten i eksperimentene avtok innledningsvis mellom fangstomganger, men syntes å stabilisere seg etter seks til åtte fangstomganger.
- Fangbarhet under elektrisk fiske avhenger av fysiske faktorer som ledningsevne, vanntemperatur og habitatforhold. Størst betydning for fangbarhet har de samvarierende faktorene ledningsevne og vanntemperatur. Fangbarheten av ungfisk avtar med avtakende ledningsevne og vanntemperatur, noe som er mest utpreget for de minste størrelsesgruppene.
- I tillegg til påvirkning av ulike fysiske forhold vil fangbarhet være avhengig av både art og kroppsstørrelse, og fysiske og biologiske forhold interagerer og påvirker fangbarhet under elektrisk fiske. Størst betydning for fangbarhet har kroppsstørrelse, med avtakende fangbarhet med avtakende kroppsstørrelse.
- I feltekspérimentene var det en direkte, positiv sammenheng mellom fangbarhet og ledningsevne hos årsyngel av laks. Det var ingen tilsvarende klar tendens til lavere fangbarhet med lavere ledningsevne hos eldre ungfisk av laks og aure.
- Kvantitativt elektrisk fiske etter små årsyngel (< 40 mm) gir svært usikre bestandsestimater, og usikkerhetene i estimatene er spesielt store ved lave vanntemperaturer og lave ledningsevner.
- Elektrisk fiske ved lave vanntemperaturer (< 5 °C) gir dårlig fangbarhet og upålitelige estimater for ungfisktetthet, og er spesielt problematisk for de minste størrelseskategoriene som årsyngel av laks og aure. Kvantitativt elektrisk fiske etter årsyngel frarådes derfor ved lave vanntemperaturer.
- Kombinasjonen av lav vanntemperatur og lav ledningsevne vil medføre så pass lav fangbarhet på ungfisk, at det vil knyttes vesentlige usikkerheter til presisjonen på estimater basert på utfangstmetoden. Kvantitativt elektrisk fiske som omfatter årsyngel og andre små størrelsesgrupper av ungfisk frarådes derfor ved lave temperaturer i elver med lav ledningsevne.
- Elektrisk fiske i åpne elveavsnitt medfører et betydelig potensial for at ungfisk flykter ut av undersøkelsesområdet, noe som innebærer at estimering med bruk av utfangstmetoden underestimerer sann bestandsstørrelse.
- Ved kvantitativt elektrisk fiske anbefales det å innrette fisket slik at rømmingspotensialet minimaliseres. I den grad det er mulig anbefales det å ha store stasjoner som omfatter hele elvetverrsnittet i små elver.
- I elver med svært lav ledningsevne (< 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$) anbefales det å benytte nyere modeller av elektriske fiskeapparat som gir optimal spenning gjennom automatiske eller manuelle innstillingsmuligheter.

6 Referanser

Anonym 2003. NS-EN 14011. Water quality – Sampling of fish with electricity. Standard Norge, Oslo, 16 sider.

Anonym 2014. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiserings-system for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. - Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet. Veileder 02:2013, 254 sider.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing: theory and practice, with special emphasis on salmonids. – *Hydrobiologia* 173: 9-43.

Chapman, D.G. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological sample censuses. *University of California Publications in Statistics* 1, 131-160.

Cowx, I.G. & Lamarque, P. (red.) 1990. Fishing with electricity. – Fishing News Books, 248 s.

Finstad, A.G., Einum, S., Forseth, T. og Ugedal, O. 2007. Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. – *Freshwater Biology* 52, 1710-1718.

Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2009. Elektrisk fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer. – NINA Rapport 488, 74 s.

Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1988. The effect of river flow on the results of electrofishing in a large, Norwegian salmon river. – *Verhandlungen Internationale Vereinigen Limnology* 23, 1724-1729.

Jowett, I.G., Richardson, J., Biggs, B.J.F., Hickey, C.W. & Quinn, J.M. 1991. Microhabitat preferences of benthic invertebrates and the development of generalised Deleatidium spp. Habitat suitability curves, applied to four New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 25, 187-199.

Larsen, B.M., Sandlund, O.T., Gabrielsen, S.E., Saksgård, L. & Saksgård, R. 2010. Metodiske utfordringer i undersøkelsene av ungfisk av laks og ørret i effektkontrollen i kalkede vassdrag – NINA Rapport 644, 37 s.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. – *Bulletins of the Fisheries Research Board of Canada* 191, 382 s.

Sandlund, O.T., Berger H.M., Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L., Ugedal, O. & Ulvan, E.M. 2011. Elektrisk fiske – effekter av ledningsevne på fangbarhet av ungfisk. - NINA Rapport 668, 41 s.

Sandlund, O.T. (red.), Bergan, M.A., Brabrand, Å., Diserud, O., Fjeldstad, H.-P., Gausen, D., Halleraker, J.H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I.P., Hesthagen, T., Nøst, T., Pulg, U., Rustadbakken, A. & Sandøy, S. 2013. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. - Miljødirektoratet, Rapport M22-2013, 60 s.

Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. – *Journal of Wildlife Management* 22, 82-90.

Vedlegg 1 – Toåa i september 2014

Vedleggstabell 1. Toåa 11.08.2014. Fangster av ungfisk av laks mot runde (R1-R9). De to første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for 0+ og eldre ungfisk ($\geq 1+$). De to siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene.

Laks	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Sum
Notfangst 0+	4	7	2	0	7	8	4	1	2	35
Notfangst $\geq 1+$	6	0	6	3	4	0	0	4	1	24
Elektrisk fiske 0+	29	15	19	14	7	5	1	0	1	91
Elektrisk fiske $\geq 1+$	108	52	17	12	8	7	1	3	2	210

Vedleggstabell 2. Toåa 11.08.2014. Fangster av ungfisk av aure mot runde (R1-R9). De to første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for 0+ og eldre ungfisk ($\geq 1+$). De to siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene.

Aure	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Sum
Notfangst 0+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Notfangst $\geq 1+$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Elektrisk fiske 0+	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Elektrisk fiske $\geq 1+$	5	7	2	1	0	1	1	0	0	17

Vedlegg 2 – Ingdalselva i oktober 2013

Vedleggstabell 3. Ingdalselva 17.10.2013. Fangster av ungfisk av laks mot runde (R1-R7). De fire første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for 0+, Eldre ($\geq 1+$), 0+ merket (finneklippet), Eldre merket; de fire siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene. NB: de merkete fiskene er også inkludert i totalfangstene, dvs. 'Notfangst 0+ merket' er en delmengde av 'Notfangst 0+'.

Laks	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Sum
Notfangst 0+	8	16	2	24	14	12	12	88
Notfangst $\geq 1+$	15	19	11	11	23	16	4	99
Notfangst 0+ merket	4	3	0	0	0	2	0	9
Notfangst $\geq 1+$ merket	4	4	6	2	3	1	2	22
Elektrisk fiske 0+	25	12	17	14	28	11	11	118
Elektrisk fiske $\geq 1+$	122	62	42	40	46	23	23	358
Elektrisk fiske 0+ merket	4	1	0	2	0	0	0	7
Elektrisk fiske $\geq 1+$ merket	27	10	8	5	5	2	3	60

Vedleggstabell 4. Ingdalselva 17.10.2013. Fangster av ungfisk av aure mot runde (R1-R7). De fire første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for årsyngel (0+) og eldre ($\geq 1+$), 0+ merket (finneklippet), Eldre merket; de fire siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene. NB: de merkete fiskene er også inkludert i totalfangstene, dvs. 'Notfangst 0+ merket' er en delmengde av 'Notfangst 0+'.

Aure	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Sum
Notfangst 0+	1	0	0	0	1	2	1	5
Notfangst $\geq 1+$	0	0	0	2	0	1	0	3
Notfangst 0+ merket	0	0	0	0	0	0	0	0
Notfangst $\geq 1+$ merket	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektrisk fiske 0+	3	0	0	0	1	0	0	4
Elektrisk fiske $\geq 1+$	5	2	0	0	2	3	1	13
Elektrisk fiske 0+ merket	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektrisk fiske $\geq 1+$ merket	0	0	0	0	2	0	0	2

Vedlegg 3 – Homla i november 2014

Vedleggstabell 5. Homla 18.11.2014. Fangster av ungfisk av laks mot runde (R1-R8). De to første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for årsyngel (0+) og eldre ($\geq 1+$). De to siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene.

Laks	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Sum
Notfangst 0+	3	6	1	2	1	0	1	0	14
Notfangst $\geq 1+$	4	4	2	0	0	0	0	0	10
Elektrisk fiske 0+	8	12	5	4	1	0	1	0	31
Elektrisk fiske $\geq 1+$	80	40	18	5	2	4	1	1	151

Vedleggstabell 6. Homla 18.11.2014. Fangster av ungfisk av aure mot runde (R1-R8). De to første radene angir antall fisk samlet fra nedre sperrenot for årsyngel (0+) og eldre ($\geq 1+$). De to siste radene tilsvarende kategorier for elektrisk fiskefangstene.

Aure	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Sum
Notfangst 0+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Notfangst $\geq 1+$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektrisk fiske 0+	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Elektrisk fiske $\geq 1+$	2	3	0	0	0	0	0	0	5



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2769-8

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger