

INNSJØENES BETYDNING SOM PRODUKSJONSHABITAT FOR LAKSESMOLT; EN UNDERSØKELSE AV TETTHET OG VEKST AV LAKSUNGER I ROKSDALSVASSDRAGET PÅ ANDØYA

THE IMPORTANCE OF LACUSTRINE HABITAT FOR PRODUCTION OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR*) SMOLTS; A STUDY OF GROWTH AND DENSITIES OF SALMON PARR IN ROKSDALSVASSDRAGET AT ANDØYA

BJARTE BENBERG & INGE S. INGVALDSEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2011



Forord

Med denne oppgaven setter vi punktum for fem flotte, utfordrende år som studenter ved Institutt for Naturforvaltning på Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB). Professor Reidar Borgstrøm (UMB) har vært vår hovedveileder og seniorforsker Martin A. Svenning ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) har vært ekstern veileder. Vi vil med dette rette en stor takk for god oppfølging, kommentarer og tips under feltarbeid og skriveprosess. En spesiell takk må rettes til Reidar for sin optimisme og eksepsjonelt gode veiledning med forslag til forbedringer under hele prosessen.

Flere personer har vært involvert under feltarbeidet og vi vil spesielt takke Morten Halvorsen (Museum Nord) og Øyvind Kanstad Hanssen (Ferskvannsbiologen) for god opplæring og veiledning. Takk også til Vidar Carlsen (Statens Naturoppsyn), Morten Johansen (NINA-Tromsø) og Narve Stubbraaten Johansen som har bidratt med datainnsamling samt Inge Bernt Nilsen ved Roksdalsvassdragets fiskeriadministrasjon for lån av båt i Ånesvatn. Ikke minst må vår medstudent Kjetil Sandem også takkes for god innsats og godt humør under hele feltarbeidet.

Oppgaven inngår i et større prosjekt i Roksdalsvassdraget finansiert av Direktoratet for Naturforvaltning (DN) og Norsk Institutt for naturforskning avd. Tromsø (NINA), vi vil med dette takke for den økonomiske støtten.

Til slutt vil vi takke familie, samboer og venner for all støtte!

Institutt for Naturforvaltning
Universitetet for miljø- og biovitenskap
Ås, 14. mai 2011.

Bjarte Benberg

Inge S. Ingvaldsen

Sammendrag

Flere vassdrag i Nord-Norge har bestander av atlantisk laks (*Salmo salar*) der ungene utnytter både innsjøer og elver som oppveksthabitat. Roksdalsvassdraget i Nordland er et slikt vassdrag. Tetthetsberegninger og vekststudier av laksunger ble gjennomført i dette vassdraget i 2010 for å få større innsikt i den relative betydningen av de to habitatene for produksjon av parr/presmolt av laks.

På samtlige elvestrekninger i vassdraget ble bunnsstratfordelingen kartlagt og brukt som basis for tetthetsberegningene. Elektrofiske ble benyttet for beregning av laksungetettheten på elvestrekningene. På noen strekninger ble absolutt tetthet av laksunger ($\geq 1+$) estimert ved tre gangers utfisking, mens relativ tetthet ble beregnet for de andre strekningene etter én gangs elektrofiske. Ved elektrofiske ble det fanget og lengdemålt 3341 laks, 125 ørret (*Salmo trutta*) og én røye (*Salvelinus alpinus*). Resultater fra elektrofisket viste at laksunger var helt dominerende på elvestrekningene. Basert på aldersavlesing av otolitter var laksungene fra 0+ til 3+. Ut fra lengde- og aldersfordelingen i fangstene og kjent smoltalder ble $\geq 2+$ laksunger regnet som presmolt. Ved fiske med finmaskete garn i innsjøene ble det fanget totalt 92 laksunger, 194 ørret og 60 røye i strandsonen, men ingen laksunger ble tatt på pelagiske garn. Antall presmolt i innsjøene ble etter dette fisket beregnet, basert på fangst og kjent fangbarhet fra et annet vassdrag.

Vekstanalyse på otolitter fra laksungene tydet på at de individene med best vekst første året vandrer først ut i innsjøene. Dessuten hadde laksunger bedre vekst i innsjøene enn i elvene.

Samlet estimert antall presmolt ($\geq 2+$) i elvene og i innsjøene ble henholdsvis 7000 og 7500 individer, tilsvarende en gjennomsnittlig tetthet på 10 presmolt per 100 m² i elvene, og 4 presmolt per 100 m² i innsjøene. Med en antatt dødelighet på 30 % fra presmolt til smolt, vil smoltproduksjonen i vassdraget kunne være i størrelsesorden på 10 000 individer.

Vår undersøkelse viser at innsjøene i Roksdalsvassdraget kan ha meget stor betydning for smoltproduksjonen. Med et smoltantall på rundt 10 000 kan antall tilbakevandret gytefisk være i størrelsesorden 1000-2000 individer, det vil si et antall på samme nivå som det som er registrert ved videoovervåking i perioden 2005-2010.

Summary

Several Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in northern Norway utilize lacustrine habitat as nursery area. The watercourse, Roksdalsvassdraget, is an example of such habitat use of Atlantic salmon parr. Estimates of parr densities and studies of parr growth were examined in this watercourse in 2010, to evaluate the relative production potential of Atlantic salmon parr/presmolt in the streams and lakes.

The substrate in the streams was examined and used as a basis for the density estimates. The density of juvenile salmon ($\geq 1+$) in the streams was estimated by electrofishing. Repeated electrofishing (three removals) was conducted at some localities to estimate absolute density of juvenile salmon ($\geq 1+$). In other stream localities electrofishing was used to estimate the relative density after one removal. A total number of 3341 salmon parr, 125 brown trout (*Salmo trutta*), and one Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) were captured by electrofishing, demonstrating a clear dominance of salmon parr in the streams. Based on otolith readings, 0+ - 3+ salmon parr occurred in the streams. According to the length- and age structure of the captured fish and known smolt age, presmolts were defined as fish with age $\geq 2+$. In the lakes, no salmon parr was captured by pelagic gillnetting. The total catch by littoral gillnets was 92 salmon parr, in addition to 194 brown trout and 60 Arctic charr. The number of salmon presmolts in the lakes were estimated, based on the presmolt capture and known catchability from a different watercourse.

Growth analysis of otoliths indicated that salmon parr with best individual growth the first year migrate first to the lakes. Lacustrine salmon parr had better growth than parr in fluvial habitat.

Total estimated number of presmolt ($\geq 2+$) was 7000 in the streams and 7500 in the lakes. This corresponds to a mean density of 10 and 4 presmolt per 100 m² in the streams and the lakes, respectively. With an assumed mortality on 30 % from presmolt to smolt, the production may be approximately 10 000 smolts.

Our study indicated that utilization of lacustrine habitat in Roksdalsvassdraget may be of very high importance for Atlantic salmon smolt production. With a smolt number of approximately 10 000, the number of returning mature salmon may be in the range 1000-2000, i. e. similar to video recordings obtained during the period 2005-2010.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
2. Områdebeskrivelse	3
3. Material og metoder	6
3.1 Bunns substrat i elvene	6
3.2 Elektrofiske og bestandsestimering i elv	7
3.3 Garnfiske og bestandsestimering i innsjøene	9
3.4 Laboratoriearbeid	11
3.6 Materiale.....	13
3.7 Statistisk analyse og databehandling.....	14
4. Resultater.....	15
4.1 Fangst og lengdefordeling fra elektrofisket	15
4.2 Lengde ved alder for laksunger i elv og innsjø	19
4.3 Tilbakeberegning av vekst for laksunger i innsjøene og elvene	23
4.4 Garnfangst i innsjøene.....	28
4.5 Estimert antall laksunger på elv	32
4.6 Estimert antall laksunger i innsjøene	34
5. Diskusjon.....	36
5.1 Laksunger størrelse på elv og i innsjø	36
5.2 Estimert antall presmolt på elv og i innsjø	37
6. Referanser.....	41
Vedlegg 1-6.....	45

1. Innledning

Atlantisk laks (*Salmo salar*) finnes naturlig i Europa fra nordlige Portugal til Petchora i Russland, og i Nord-Amerika fra Hudson River i New York til ytre Ungava Bay (Hansen 2000). De aller fleste laksebestander er anadrome, dvs. med gyting og ungeoppvekst i ferskvann før utvandring til havet som smolt (Klemetsen et al. 2003). Den blir vanligvis kjønnsmoden etter ett til tre år i havet, og vandrer da tilbake til elva den forlot som smolt (Klemetsen et al. 2003). Gytingen finner sted på rennende vann, og tidligere ble laksungenes viktigste oppveksthabitat i de fleste vassdrag ansett primært å være i elvene (Rosseland 1968), mens innsjøer ble sett på som marginale oppvekstområder og mindre preferert av laksunger (Pepper et al 1985; Gibson 1993; Klemetsen et al. 2003). Imidlertid ble det i flere vassdrag på Newfoundland påvist at laksunger vandret fra rennende vann til innsjøer der en del av bestanden oppholdt seg fram til smoltifisering (Pepper et al. 1985; Hutchings 1986; O'Connell & Ash 1989). Senere er det dokumentert at laksunger benytter innsjø som oppvekstområde også i europeiske vassdrag; i Island (Einarsson et al. 1990), Irland (Matthews et al. 1997), Finland (Erkinaro et al. 1995) og Norge (Halvorsen & Jørgensen 1996). Det har dessuten vist seg at ved samme alder er de innsjølevende laksungene større enn laksunger fra rennende vann (Hutchings 1986; O'Connell & Ash 1993; Erkinaro et al. 1995; Dempson et al. 1996; Erkinaro et al. 1998; Halvorsen & Svenning 2000). God næringstilgang, redusert energiforbruk og redusert intraspesifikk konkurranse er sannsynlige faktorer som bidrar til den bedre veksten i innsjøer (Hutchings 1986). Bruken av innsjø som oppveksthabitat i flere vassdrag er også satt i sammenheng med fraværet av sterke næringskonkurrenter og predatorer (Gibson 1993; Gibson et al. 1993). Stor smolt har sannsynligvis bedre sjøoverlevelse enn mindre smolt (Lundqvist et al. 1988), og siden smolt fra innsjøene er større enn elvelevende smolt (O'Connell & Ash 1993, indikerer dette at innsjølevende laksunger har en høyere individuell fitness enn laksunger fra rennende vann (Halvorsen 1996). Bestander med oppvekst i innsjøer kan dermed også ha en høyere sjøoverleving fram til kjønnsmodning og tilbakevandring til elva. Laksungers bruk av innsjøer som oppvekstområde bidrar høyst sannsynlig til økt smoltproduksjon i slike vassdrag (Hutchings 1986; Dempson et al. 1996; Halvorsen & Svenning 2000).

Kunnskap om innsjølevende laksunger i Norge knytter seg særlig til laksebestander i Nordland og Troms fylke (Halvorsen 1996). I disse fylkene er det blitt påvist innsjølevende

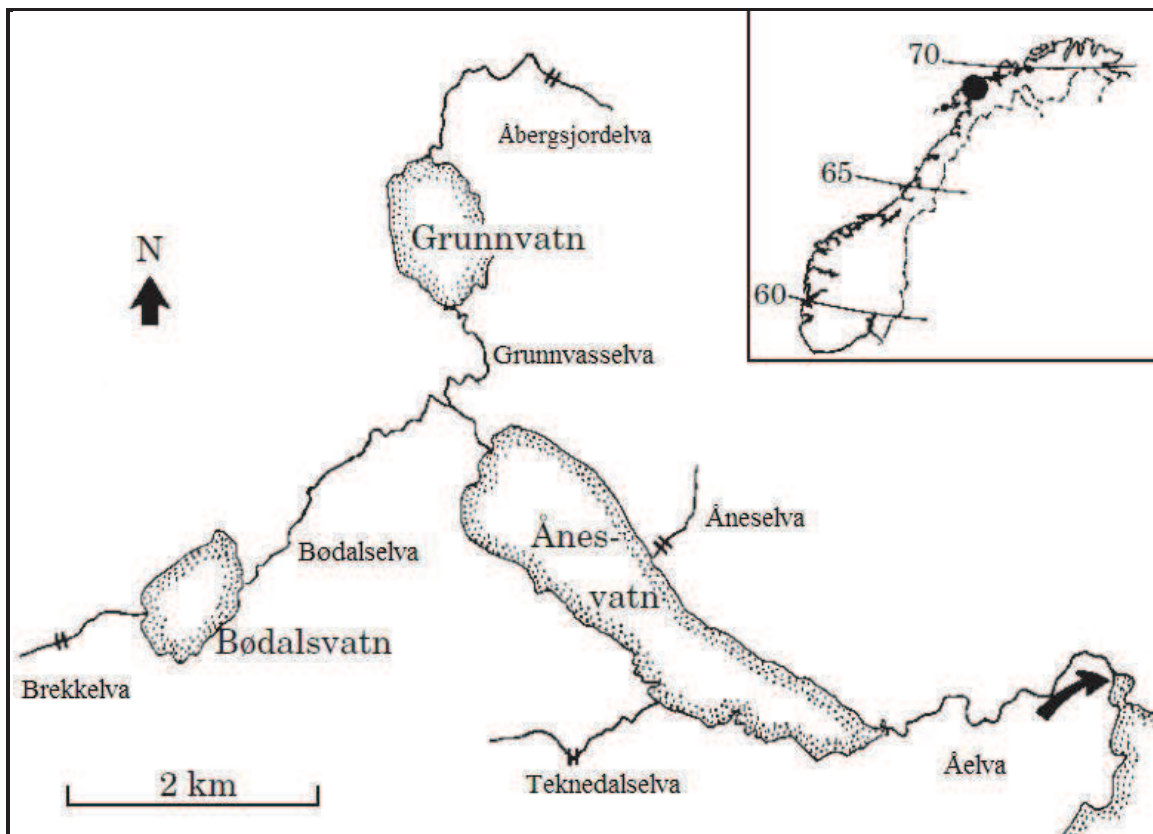
laksunger i 15 av 19 undersøkte innsjøer i 16 forskjellige vassdrag (Halvorsen & Jørgensen 1996). Roksdalsvassdraget på Andøya var ett av disse vassdragene. Det er et av Nordlands mest produktive smålaksvassdrag målt i antall fanget laks per år (Statistisk sentralbyrå 2011). I innsjøene i dette vassdraget er det i tillegg til laksunger også bestander av ørret (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*), og det ble gjennomført et detaljert studie av habitatbruken til disse artene i Roksdalsvassdraget i 1993 (se Halvorsen et al. 1997). I tillegg er det foretatt sammenlikninger av årlig tilvekst laksunger fanget i innsjø og elv i dette vassdraget (se Halvorsen & Svenning 2000).

Hindar et al. (2007) som har beregnet gytebestandsmålet for et stort antall laksebestander i Norge, anslår at Roksdalsvassdraget kan produsere 33 000 smolt per år under forutsetning av at det ble gytt 4-6 egg per m². Denne beregningen er gjort ut fra erfaringstall fra andre godt undersøkte elver i Norge, samt Roksdalsvassdragets antatte produksjonspotensiale, og en antatt overlevelse fra egg til smolt på 2,1 % (Hindar et al. 2007). I følge Nilsen (2009) anslås imidlertid produksjonen i Roksdalsvassdraget til i størrelsesorden 4 000 laksesmolt, dvs. bare ca 12 % av estimatene til Hindar et al. (2007). Tilbakevandrende gytelaks i Roksdalsvassdraget er hovedsakelig én sjøvinter gammel (Halvorsen & Svenning 2000). Ved videoovervåkning av smoltutvandringen i dette vassdraget, er det registrert fra ca. 300 til 1 500 smolt i årene 2006-2010, med et gjennomsnitt på vel 900 per år (Lamberg et al. 2011). I perioden 2005-2010 er det registrert i gjennomsnitt 1989 tilbakevandrende voksne laks, dvs. om lag det dobbelte av antall registrerte smolt (Lamberg et al. 2011).

I Roksdalsvassdraget er det til nå ikke foretatt detaljerte estimeringer av ungfisktetthet på elvene og i innsjøene. Dermed er det heller ikke kjent hvordan sammenhengen mellom ungfisktetthet og smoltproduksjon i innsjøer og elver er i vassdraget. Delmålene med denne masteroppgaven er derfor å: 1) beregne tettheten av laksunger, i både innsjøer og elver i vassdraget, 2) beregne tettheten av presmolt i de samme habitatene som grunnlag for samlet smoltberegning, og 3) sammenligne laksungenes vekst i henholdsvis innsjøer og på rennende vann. Hovedmålet med dette er å klarlegge betydningen innsjøer kan ha for smoltproduksjon i et laksevassdrag, og dessuten få et bedre grunnlag for å sette gytebestandsmål for Roksdalsvassdraget.

2. Områdebeskrivelse

Roksdalsvassdraget (vassdragsnr. 186.2 Z) ligger i Andøy kommune i Nordland fylke (Figur 1) (69°03'N, 15°50'Ø). Vassdragets nedbørfelt er beregnet til 51 km² (Koksvik et. al 1990). Den lakseførende delen av vassdraget består i hovedsak av tre innsjøer; Ånesvatn, Grunnvatn, Bødalsvatn og syv elver; Åelva, Teknedalselva, Åneselva, Bødalselva, Brekkelva, Åbergsjordelva (Skavdalselva) og Grunnvasselva (Figur 1). Elvene har en samlet lakseførende strekning på 14-15 km. I tillegg til laks, ørret og røye, er trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), europeisk ål (*Anguilla anguilla*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) påvist i vassdraget (Halvorsen et al. 1997).



Figur 1. Roksdalsvassdragets lokalisering (●), samt detaljert kart over vassdragets lakseførende elver og innsjøer. Dobbelt strek angir vandringshinder, pil viser utløpet til sjøen (Figuren er hentet fra Halvorsen & Svenning 2000).

Vest i vassdraget ligger Bødalsvatn (0,63 km², 56 m. o.h.) som har et maksdyp på 43 meter og et gjennomsnittsdyp på 17,8 meter (Halvorsen & Jørgensen 1996). Dette vannet har en strandsone preget av stein, men også partier med siv. Brekkelva er Bødalsvatnets innløpselv. Den nederste delen er stilleflytende med mye egnet gytesubstrat. Lengre opp blir den mer

dominert av stryk og kulper, samt større andel grov stein. Bonitering og elektrofiske i denne elva antydte en lakseførende strekning på 800 meter.

Utløpselva, Bødalselva, er omtrent 5,4 km lang (medregnet samløp med Grunnvasselva) og har et fall på 46 meter. De første to kilometerne er elva preget av kulper og strie partier. Substratet på denne strekningen domineres av stor stein og blokk, med begroing preget av mose. Nærmere utløpet flater terrenget ut, og elva går over til å meandrerer. Vannhastigheten avtar og substratet går over til å bli preget av finpartikulært substrat med mer innslag av kantvegetasjon. Bødalselva har et elveareal på 22 706 m².

Grunnvatn (0,70 km², 10 m. o. h.) er en grunn innsjø, med maksdyp på seks meter, og et gjennomsnittsdyp på 2,5 meter (Halvorsen & Jørgensen 1996). Strandsonen i denne innsjøen preges i stor grad av siv, men med stein på østsiden, og sand på vestsiden. Åbergsjordelva renner inn i Grunnvatn fra nord. Denne elva skifter fort miljøkarakteristikk. Den øverste delen (ca. 300 meter) er smal med innslag av kulper, men etterhvert blir elva bredere og vannhastigheten avtar. Omtrent 400 meter før utløpet til Grunnvatn er elva djup, sakteflytende med økende bredde og preget av finpartikulært substrat. Basert på elfiske og bonitering har Åbergsjordelva en lakseførende strekning på omtrent 1 500 m og et samlet areal på 3868 m².

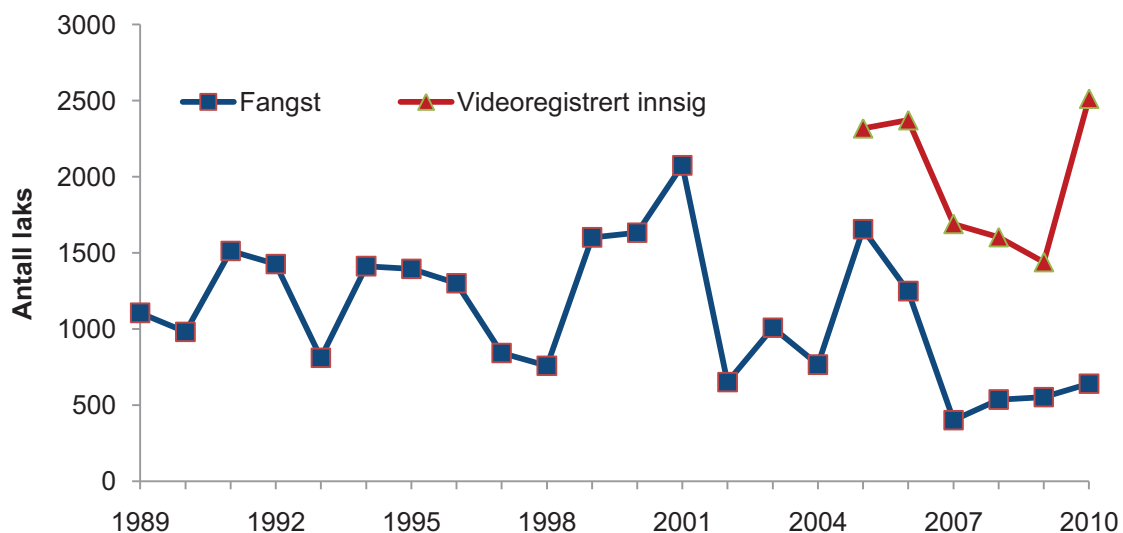
Grunnvasselva er Grunnvatnets utløpselv til Ånesvatnet. Elva renner omtrent 950 meter før den møter Bødalselva, som sammen renner omtrent 900 meter før de har sitt utløp nordvest i Ånesvatnet. Denne elva er svært sakteflytende, og har mye fint substrat. Grunnvasselva, ovenfor samløpet med Bødalselva, har et samlet areal på 4 770 m².

Ånesvatnet (3,2 km², 10 m. o. h.) er den største innsjøen i Roksdalsvassdraget. Innsjøens maksdyp er målt til 34 meter med et gjennomsnittsdyp på 9,5 meter (Halvorsen & Jørgensen 1996). Denne innsjøen har ei strandsoner som preges av stein på nord og sørsiden, med siv rundt inn- og utløpene i henholdsvis øst og vest. Utenfor sivbeltene er strandsona preget av sandbunn.

Teknedalselva renner ut på sørsiden av Ånesvatnet. Elva likner Åbergsjordelva i karakteristikken. Den endres fra en smal og stri elv med mange kulper øverst i den lakseførende delen, til en bredere og dypere elv med lavere vannhastighet ved utløpet. Denne elva har en lakseførende strekning på ca 1 300 m, basert på våre elfiske- og boniteringsdata, og har et areal på 3 660 m². På nordsiden av Ånesvatnet har Åneselva sitt utløp, med en lakseførende del på omtrent 150 meter.

Åelva er Ånesvatnets utløpselv. Elva har en lengde på 3 200 meter før den munner ut i Andfjorden på østsiden av Andøya. Ved utløpet fra innsjøen er elva svært dyp, og preget av fint substrat, men etter 500 meter går den over til å bli relativt stri med store kulper. Her preges elva av mye grovt substrat og en del mose. Slik er elva i omtrent 1,5 km. Den siste kilometeren blir elva bredere og grunnere. Den blir mindre stri, og det blir en større andel fint substrat.

I tillegg til laks, ørret og røye, er trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), europeisk ål (*Anguilla anguilla*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) påvist i vassdraget (Halvorsen et al. 1997). I Åelva er det også en stor bestand av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) (Larsen 2007). Under fiskesesongen 2010 ble det fanget totalt 641 laks i Roksdalsvassdraget (Lamberg et al. 2011). Ved videoovervåkingen nederst i Åelva 2010 ble det registrert omtrent 2500 kjønnsmodne laks på oppvandring (Lamberg et al. 2011) (Figur 2).



Figur 2. Fangst under det ordinære sportsfisket og videoregistrert innsig av laks til Roksdalsvassdraget i årene 1989 til 2010. I 2010 var det fangstbegrensning på 600 laks (data fra Nilsen 2009; Lamberg et al. 2011).

Nedbørfeltet består hovedsakelig av myr og fjellbjørkeskog. Myrområdene er særlig dominerende i de lavereliggende delene av nedbørfeltet. Det er også noe dyrket mark på gårdene i Svandalen, Åbergsjordet og Ånes, men dette arealet utgjør under 5 % av nedbørfeltet (Larsen 2007).

Vassdraget ble varig vernet mot kraftutbygging i Verneplan IV (1993), og fikk status som nasjonalt laksevassdrag i 2003 som det første i Nordland.

3. Material og metoder

Vårt feltarbeid fordelte seg på tre perioder i løpet av sommeren 2010, henholdsvis 17. - 22. juni, 7. - 12. august og 12. - 15. september. I tillegg gjennomførte Vidar Carlsen (Statens Naturoppsyn), Morten Halvorsen (Museum Nord) og Morten Johansen (Norsk Institutt for Naturforskning, Tromsø) supplerende elektrofiske henholdsvis 22. september og 6. - 7. oktober og et garnfiske i Bødalsvatn 26. oktober. Deler av dette materialet ble stilt til vår disposisjon i denne oppgaven.

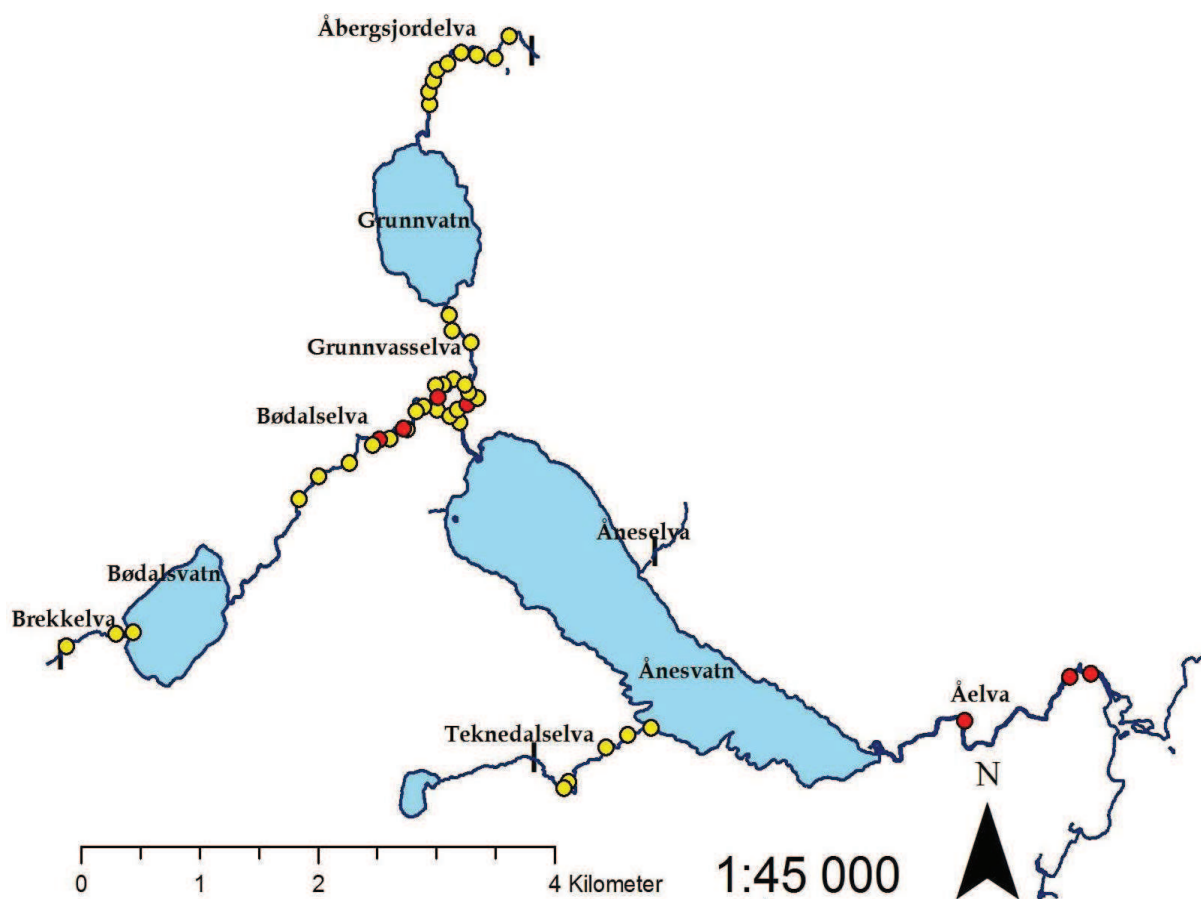
3.1 Bunnssubstrat i elvene

For å undersøke bunnssubstrat og oppvekstområder ble det utført bonitering i seks av elvene i vassdraget (Vedlegg 1-5). Bødalselva, Åelva, Grunnvasselva og Åbergjordelva ble bonitert i tidsrommet 18. - 22. juni, ved en gjennomsnittlig vassføring i Åelva på $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (vassføringsmåling fra NVEs stasjon i Ånesvatn id 186.2). Ved boniteringen av Teknedalselva og Brekkelva, henholdsvis den 10. og 11. august, var den gjennomsnittlige vassføringen i Åelva $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Elvestrekningene ble delt opp i hundremetersfelt, oppmålt ved hjelp av håndholdt GPS (Garmin eTrex Vista) og avstandsmåler (Bushnell Yardage Pro). Innenfor hvert felt ble bunnssubstrat, vertikal steinhøyde, rundingsgrad, begroingstype, begroingsgrad, vannhastighet, vanddybde og bredde på elva registrert ved oppstrøms vading. Kun elvebredde og bunnssubstratfordeling er brukt videre i oppgava.

Bunnssubstratet i elva ble klassifisert i fem kategorier etter partikkelstørrelse (diamettermål); 1: sand (leire, silt, sand og grus, partikkelstørrelse $< 2 \text{ cm}$), 2: grus (grov grus og stein med partikkelstørrelse 2-15 cm), 3: stein (med partikkelstørrelse 16-35 cm), 4: blokk (partikkelstørrelse $> 35 \text{ cm}$) og 5: fast fjell uten løsmasser. Innenfor hvert felt ble det gjort et overslag på hvor stor prosentandel de ulike substratkategoriene utgjorde. Bredden på elva ble målt for hver femtiende meter med målebånd når transektet var mindre enn 10 meter, og med avstandsmåler når transektet var bredere enn 10 meter.

3.2 Elektrofiske og bestandsestimering i elv

For å se på sammenhengen mellom substrat, relativ fisketetthet og fangbarhet ble det fisket med elektrisk fiskeapparat (produsert av Geomega a/s, Trondheim). I Bødalselva, Brekkelva, Åbergsjordelva, Grunnvasselva og Teknedalselva ble det gjennomført elektrofiske ved én gangs fiske i enkelte boniteringsfelt (Figur 3). I fire lokaliteter i Bødalselva og tre lokaliteter i Åelva ble det gjennomført tre gangers utfisking for å beregne tettheten av laksunger (Figur 3). To av lokalitetene i Bødalselva ble avfisket under dårlige siktforhold i første feltperiode, og resultatene fra disse to lokalitetene er derfor ikke tatt med i bestandsestimeringen. All fanget fisk i hver lokalitet ble artsbestemt og lengdemålt før de ble satt ut igjen etter endt fiske. I andre feltperiode ble et utvalg fisk fra de ulike elvene fryst ned for senere aldersbestemmelse og vekstanalyser. Sommergeamle laksunger (0+) ble utelatt fra bestandsestimeringen på grunn av lav fangbarhet (Bohlin et al. 1989).



Figur 3. Oversiktsskema over Roksdalvassdraget med lokaliteter for en gangs elektrofiske (gule punkter) og tre gangers utfisking (røde punkter) med elektrisk fiskeapparat.

Gjentatt utfisking gir mulighet til å beregne fangbarhet, bestandsstørrelse og –tetthet (Zippin 1958, Bohlin et al. 1989). Vi benyttet estimeringslikninger for henholdsvis fangbarhet og bestandsstørrelse ved tre gangers utfisking fra likning 7 og 12 i Bohlin et al. (1989):

Likning (12) for estimert fangbarhet:

$$\hat{p} = \frac{3A - T - \sqrt{T^2 + 6AT - 3A^2}}{2A}$$

$$A = 2c_1 + c_2, T = c_1 + c_2 + c_3$$

c_{1-3} = antall fisk 1. – 3. omgang

Likning (7) for beregning av bestandstørrelse innenfor avfisket areal:

$$\hat{N} = \frac{T}{(1 - \hat{q}^k)}$$

$$\hat{q} = 1 - \hat{p}, k = \text{antall fiskeomganger}$$

Variansen til \hat{N} er beregnet ut fra likning 8 i Bohlin et al. (1989), og et tilnærmet 95 % konfidensintervall for estimatet er:

$$\pm 2\sqrt{\text{Var}(\hat{N})}$$

Estimert bestand av laksunger ($\geq 1+$) ved gjentatt utfisking er så blitt brukt til å beregne fangbarhet ved første gangs fiske i alle lokalitetene. For å beregne fangbarheten på strekninger der det bare ble fisket en omgang, ble sammenhengen mellom fangbarhet i første fiskeomgang ved tre gangers utfisking og andel av substratklasse 3 og 4 (stein- og blokksubstrat) benyttet ved bruk av lineær regresjon gitt ved funksjonen

$$Y = aX + b$$

der Y = estimert fangbarhet og X er andelen substratklasse 3 og 4, mens a og b er konstanter.

Den estimerte fangbarheten ble satt inn i likningen:

$$N_1 = C/q$$

der N_1 = det estimert antall laksunger ($\geq 1+$) på avfisket areal, C = fangsten av laksunger $\geq 1+$, og q = den estimerte fangbarheten basert på substratfordelingen.

Det estimerte antallet laksunger (N_1) ble satt inn i formelen

$$N_2 = (N_1 * A_2) / A_1$$

der N_2 er det totale antallet laksunger i hele elvearealet, A_2 er det hele elvearealet, mens A_1 er det avfiskede arealet. Dette forutsetter at det er samme substratfordeling i hele elveløpet som på de avfiskete strekningene.

Siden det store flertallet av smolt i vassdraget går ut som 3-åringer, dvs. fisk som om høsten er 2+ (Halvorsen & Svenning 2000, Nilsen 2009) ble presmolt antallet beregnet som andelen $\geq 2+$ av den totale laksungebestanden ($\geq 1+$) i hver elv. For Bødalselva, Åbergsjordelva og Grunnvasselva ble 1+ og 2+ bestemt ut fra lengdefordelingen i elektrofiskefangsten og ved sammenlikning av lengde ved alder i det analyserte materialet fra Bødalselva fra september (Figur 7 og 9). I Teknedalselva og Brekkelva analyserte vi lengde ved alder, og brukte gjennomsnittslengden på 2+ for å bestemme andelen presmolt.

I Åelva ble det bare utført tre gangers utfisking på tre stasjoner. Estimert tetthet av laksunger og presmolt per 100 m² ($\geq 1+$ og $\geq 2+$) fra disse stasjonene ble overført til resten av elva med samme substratfordeling, funnet ved bonitering. Deretter ble tetthetene ganget opp med arealet for hvert av de respektive feltene.

Tettheter i de andre lokalitetene ble også estimert ved å dele estimert antall laksunger og presmolt på det oppmålte arealet i elva.

3.3 Garnfiske og bestandsestimering i innsjøene

Innsjølevende laksungers habitatbruk har vist seg å være sterkt knyttet til littoralsonen (Halvorsen & Jørgensen 1996; Halvorsen et al. 1997). For å undersøke forekomsten av laksunger på ulike habitat i innsjøene ble det fisket både med finmaskete settegarn og flytegarn i Grunnvatn og Ånesvatn i tidsrommet 12. til 14. september. I Bødalsvatn ble fisket utført 26. oktober, men kun med settegarn. Settegarn (25 x 1,5 m) med maskeviddene 8, 10, 12,5 og 15 mm (knote til knute) ble satt på siv-, sand-, og steinbunn. Alle garna ble satt enkeltvis, vinkelrett ut fra land med en avstand på 30 - 50 meter. På sivbunn var det ikke mulig å sette garna helt fra strandkanten fordi sivbeltet var svært tett de første meterne nærmest land. I Bødalsvatn ble det ikke satt garn på sandbunn. I hver innsjø ble garna satt ca. kl. 19-20 og trukket etter ca. 12 timer. I enkelte tilfeller ble det fanget stor laks og stor ørret (over 40 cm), men disse ble satt ut igjen og er ikke en del av prøvematerialet.

Det ble brukt to 4 m dype og 40 m lange flytegarn (oversiktsgarn) i Grunnvatn og Ånesvatn. Hvert flytegarn var sammensatt av maskeviddene 6, 8, 10, 12,5 og 15 mm. Garna ble bundet sammen i en lenke og satt over 4 m dyp i Grunnvatn, og 10 - 15 m dyp i Ånesvatn. Grunnen til at de ble satt over så grunt vann i Grunnvatn var at det ikke ble funnet dypere vann. Flytegarnene stod også ute i ca. 12 timer. Ved røkting av garnene ble art, fangststed, habitat

og maskevidde registrert. Fangsten fra hvert garn og lokalitet ble så fryst ned i adskilte poser for videre undersøkelser på laboratoriet.

Til beregning av antall laksunger i innsjøene ble det benyttet fangst per innsats med finmaskete garn satt i strandsonen. Skal fangst per innsats kunne benyttes som en estimator for absolutt tetthet av fisk, må fangbarheten være kjent. Fangbarhetsdata for fiske med finmaskete garn er generelt en mangelvare. Det foreligger imidlertid en studie av fangbarhet for små ørret ved fiske med 10, 12 og 16 mm settegarn i Løyningvatn i Odda kommune (Bergum & Børresen 2001). Laksunger fanget i Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn var stort sett i lengdeintervallet 8-15 cm, og ble fanget i hovedsak på maskeviddene 10, 12,5 og 15 mm, dvs. tilnærmet med de samme maskeviddene som ble brukt i Løyningvatn. Fangbarheten for ørretunger i Løyningvatn ved fiske med 10, 12 og 16 mm settegarn i juli måned var som vist i Tabell 1.

Tabell 1. Absolutt fangbarhet av ørret (per garnnatt) ved fiske med 10, 12 og 16 mm settegarn i strandsonen av Løyningvatn i juli 2000.

Lengdeklasse (cm)	Maskevidde		
	10 mm	12 mm	16 mm
8,0-11,9	0,001597	0,001095	$3,96306 \cdot 10^{-5}$
12,0-15,9	0,000105	0,002637	0,001551

Selv om laksungene i Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn oppholder seg i strandsonen, på samme måte som ørretungene i Løyningvatn i Odda kommune (Bergum & Børresen 2001), har de neppe helt den samme atferden og kroppsfasongen, og dermed heller ikke helt den samme fangbarheten. I Løyningvatn var dessuten fangbarheten beregnet for fiske i juli måned, på en tid av året der nettene fremdeles er relativt lyse, mens fisket i Roksdalsvassdraget ble utført i september og oktober. Mørkere netter kan øke fangbarheten, men på den annen side er temperaturen i vatnet da lav. Vi har forutsatt at fangbarhetsverdiene for ørretunger i Løyningvatn tilnærmet er den samme som for laksunger i de tre vatna i Roksdalsvassdraget. Estimert antall fisk i hver lengdeklasse kan da beregnes som

$$N = C/q$$

der N = estimert antall i bestanden, C = fangst per garnnatt, og q = den absolutte fangbarheten (Ricker 1975). Løyningvatn har en strandlinje på 4600 m, og ved beregningen av bestandsstørrelsen i Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn ut fra beregnet fangbarhet i Løyningvatn må det derfor korrigeres for lengden av strandlinjene i disse tre innsjøene.

Lengden på strandlinjene ble beregnet ved hjelp av Norges vassdrags- og energidirektorats kartverktøy ”vann-nett saksbehandler” (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011).

Strandlinjen for Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn var henholdsvis 10 100 m, 3850 m og 3250 m. Bestandsstørrelsen ble derfor beregnet etter følgende forholdstall

$$N_x = N_L * SL_x / SL_L$$

der N_x = beregnet bestand i vann x (dvs. Ånesvatn, Grunnvatn), N_L er beregnet bestand basert på fangbarhetene i Løyningvatn, SL_x er lengden av strandlinjen i vann x, SL_L er lengden av strandlinjen i Løyningvatn. I Bødalsvatn ble ikke fangsten på de ulike maskeviddene registrert. Derfor ble fangst per garnnatt beregnet for alle maskeviddene samlet. Den estimerte bestanden i Bødalsvatn ble så korrigert for lengden på strandlinjen, fangst per garnnatt og estimert bestand for de to lengdeklassene i Grunnvatn etter følgende forholdstall

$$N_B = N_G * C_B * SL_B / C_G * SL_G$$

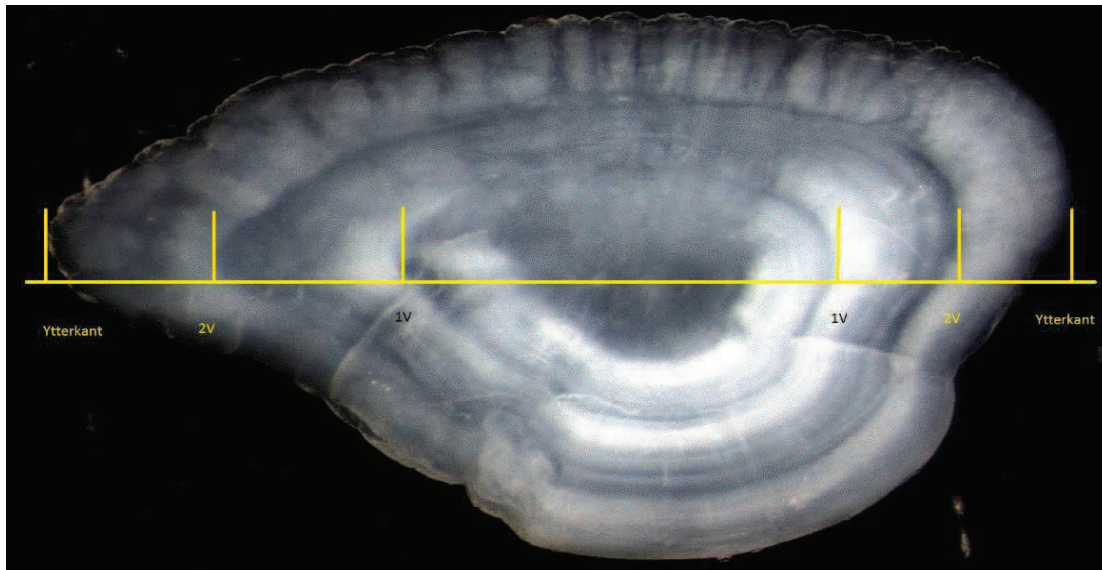
der N_B = beregnet bestand i Bødalsvatn, N_G er beregnet bestand i Grunnvatn, C_B er fangst per garnnatt i Bødalsvatn, SL_B er lengden av strandlinjen i Bødalsvatn, C_G er fangst per garnnatt i Grunnvatn, SL_G er lengden av strandlinjen i Grunnvatn.

Ut fra kjent smoltalder fra skjellprøver hvor 70 % var 3 år) og lengde på laksunger i Roksdalsvassdraget (Halvorsen & Svenning 2000), har vi definert alle laksungene større enn 12 cm fanget på garn som presmolt, og dermed som potensielle smolt kommende vår. Tetthet av laksunger ble estimert ved at de beregnete bestandene i innsjøene ble delt på potensielt oppvekstareal. Dette ble definert som et ti meters bredt belte rundt hele innsjøen på samme måte som Hindar et al. (2007). Dermed kan vi sammenligne tetthetsestimatene.

Oppvekstarealet for laksunger ble da på henholdsvis 101 000 m² i Ånesvatn, 38 500 m² i Grunnvatn og 32 500 m² i Bødalsvatn.

3.4 Laboratoriarbeid

All fryst fisk ble lengdemålt (i mm) før kjønnbestemmelse og klassifisering av modningsstadium etter Dahl (1943). Sagitta-otolittene ble brukt til aldersbestemming. På de minste fiskene (<60 mm) ble otolittene tatt ut under stereomikroskop (Leica MS5). Ved avlesing av alder ble otolittene lagt i en svart skål med 1,2-propandiol, og vintersone identifisert i stereomikroskop (Figur 4). Mål på total otolittlengde samt otolittlengde ved hver avsluttet vintersone ble avlest med måleokular (Figur 4). Alle otolitter fra laks ble avlest med 40x forstørrelse.



Figur 4. Otolitt fra laks (2+) fanget i Åelva, september 2010. Lengde av otolitten ved hvert alderstrinn (1v, 2v etc.) og total lengde (til ytterkanter) ble gjort langs en linje lagt gjennom sentrum av otolitten.

Målene på total otolittlengde og otolittlengde ved endt vintersone ble gjort om fra antall målestreker i måleokularet til millimeter. Det ble utført en lineær tilbakeberegning av vekst hos laksungene etter formelen:

$$L = a \hat{S}_n + b$$

der; L = fiskelengde i mm, og \hat{S}_n er korrigert otolittlengde (i mm) ved gitt alder, og a og b er konstanter. Alle laksunger fra vassdraget ble brukt i denne regresjonsberegningen, idet materialet fra hver enkelt lokalitet var lite.

Vi benyttet en metode utviklet av Ricker & Lager (Tesch 1971) til å korrigere for avstanden hvert individ har fra modellen ved hjelp av formelen:

$$\hat{S}_n = (\hat{S} * S_n) / S$$

der \hat{S}_n = den korrigerte otolittlengden til n 'te vintersone basert på avstand fra regresjonslinja, \hat{S} = gjennomsnittlig otolittlengde for den observerte fiskelengden, S_n = målt otolittlengde etter endt vintersone ved alder (n), S = total otolittlengde.

Vi beregnet målefeil av otolittavlesingene ved først å velge ut ti tilfeldige otolitter og måle hver av dem ti ganger uavhengige av hverandre. Deretter ble målefeilen beregnet ved å dele standardavviket på gjennomsnittet for disse målingene. Gjennomsnittlig målefeil var på 1,59 %.

3.6 Materiale

Ved elektrofiske i alle elvene ble til sammen 3341 laks, 125 ørret og én røye lengdemålt (Tabell 2). Det ble fanget 337 laksunger i september, men ikke alle ble lengdemålt, og denne fangsten er derfor utelatt ved presentasjon av lengdefordelingene. I løpet av feltarbeidet ble det samlet inn og fryst ned 616 fisk fra elektrofiskefangster og garnfangster. På oppfordring fra grunneierlaget i Roksdalsvassdraget ble det ikke samlet inn et større materiale (pers. medd. M.-A. Svenning). Materialet besto av 271 laksunger, 128 røye og 217 ørret. All fisk ble aldersbestemt, men kun data fra laksungene ble brukt videre i oppgaven. Flere lakseotolitter var hyaline og ikke mulige å aldersbestemme. Totalt ble 224 laksunger aldersbestemt og vekstanalysert (Tabell 3). Av disse var 136 fanget i elvene, og 88 i innsjøene (Tabell 3).

Tabell 2. Fangst av laks, ørret og røye som ble registrert og lengdemålt ved elektrofiske i Bødalselva, Åelva, Åbergsjordelva, Grunnvasselva, Brekkelva og Teknedalselva fanget gjennom sommeren/høsten 2010.

Lokalitet	Laks	Ørret	Røye
Bødalselva	1335	36	0
Åelva	1672	6	0
Åbergsjordelva	161	36	1
Grunnvasselva	12	2	0
Brekkelva	73	33	0
Teknedalselva	88	12	0
Totalt	3341	125	1

Tabell 3. Antall aldersbestemte laksunger fra de ulike lokalitetene i Roksdalsvassdraget fanget med elektrofiskeapparat i elvene og garnfiske i innsjøene sommeren/høsten 2010.

Lokalitet	0+	1+	2+	3+	Totalt
Åelva	8	27	25	2	62
Brekkelva		8	4	2	14
Teknedalselva		5	12	2	19
Bødalselva		14	23	4	41
Ånesvatn		7	24	5	36
Grunnvatn		6	19	13	38
Bødalsvatn		3	5	6	14
Totalt	8	70	112	34	224

3.7 Statistisk analyse og databehandling

For å teste forskjeller i lengde ved alder og tilbakeberegnete lengder mellom de ulike innsjøene og elvene, ble det brukt General linear model (GLM). Det ble brukt t-test eller Mann-Whitney U-test for å undersøke forskjeller i lengder hos laksunger når det var to gupper som skulle testes mot hverandre. Lineær regresjon ble benyttet for å uttrykke sammenhengen mellom otolittlengde og fiskelengde, samt sammenheng mellom substrat og fangbarhet. Mann-Whitney U-test ble benyttet for å undersøke forskjell i lengde mellom fisk fanget littoralt og pelagisk i innsjøene.

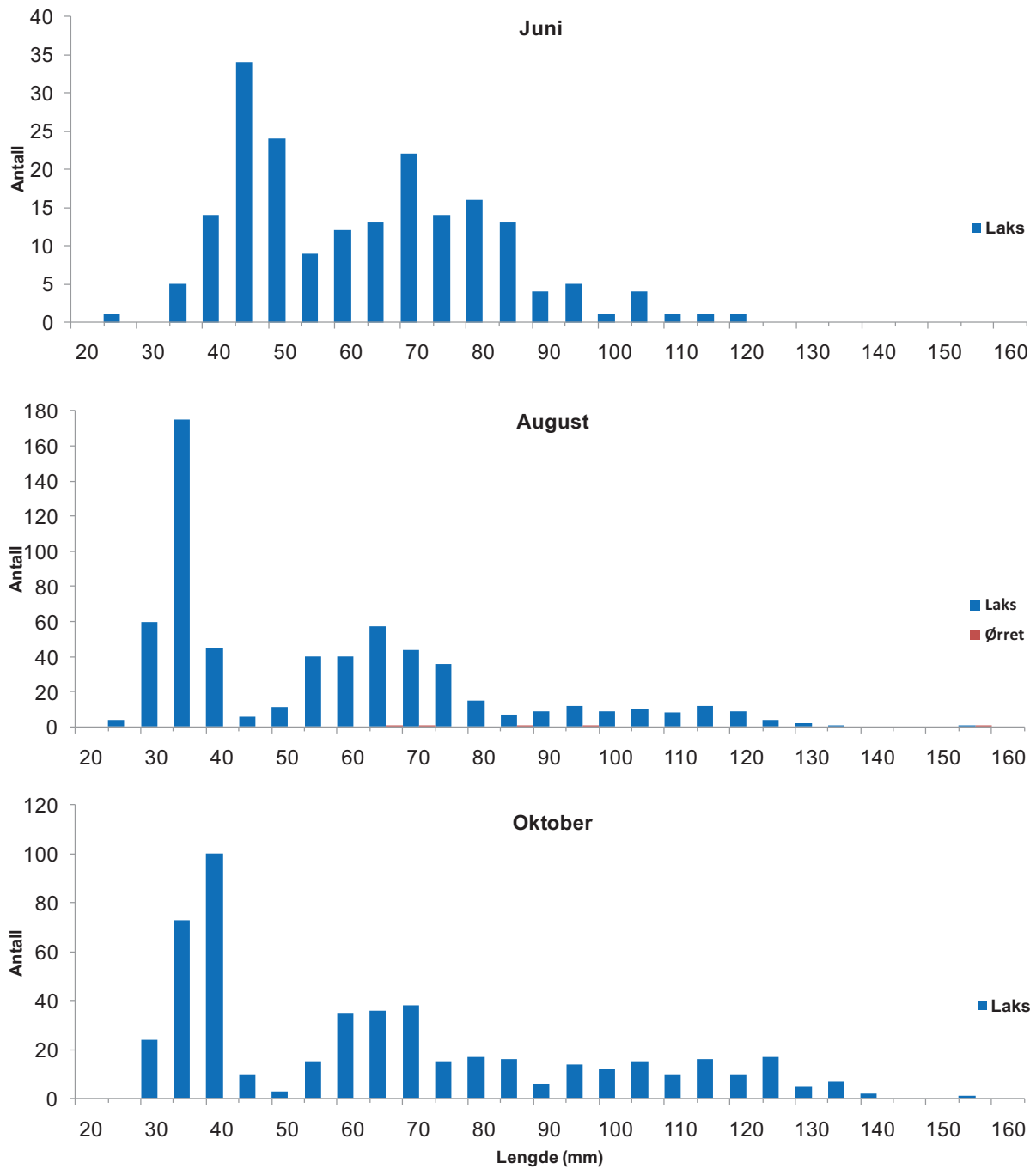
Microsoft® Office 2007 ble brukt til behandling av datamaterialet, samt fremstilling av figurer. Til de statistiske analysene ble programvaren Minitab 16 benyttet, og p-verdier $\leq 0,05$ ble regnet som signifikant. Esri® ArcMap™ 9.3 ble benyttet til å fremstille kart.

4. Resultater

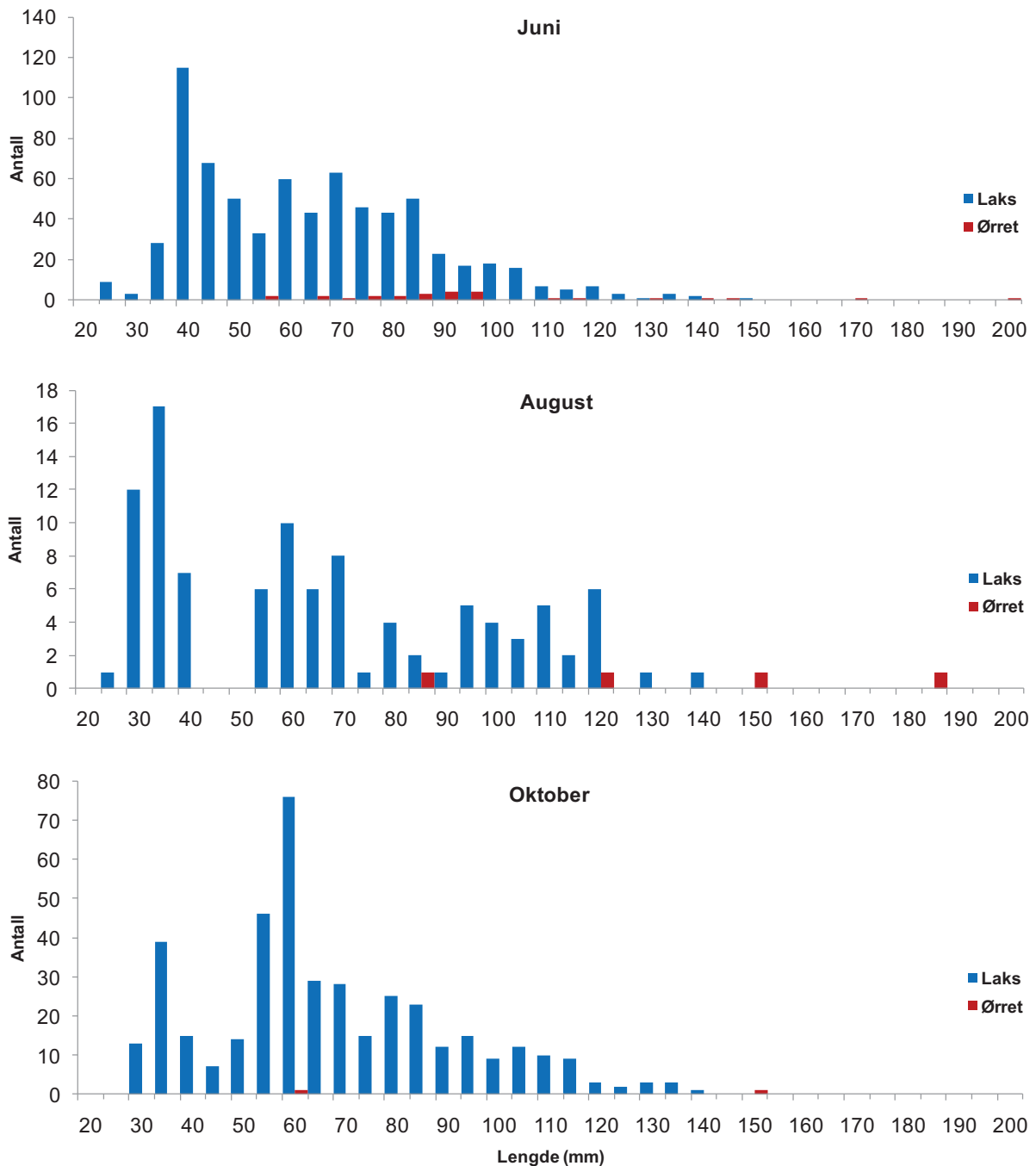
4.1 Fangst og lengdefordeling fra elektrofisket

I Åelva ble det fanget 194 laksunger i juni, 644 i august og 497 i oktober. Laks dominerte i fangstene i alle tre månedene, og det ble kun fanget seks ørret totalt, hvorav alle i august. Det er en tydelig forskyvning i lengdefordelingen i fangstene fra juni til oktober (Figur 5). Den første toppen i juni består av ettåringer (1+), mens den første toppen i august og oktober består av sommergamle unger (0+). I juni ble det fanget én plommeseckkyngel på 27 mm (Figur 5). Hovedtyngden av laksunger var i intervallet 45-49 mm i juni. Laksungene fanget i august var alle i lengdeintervallet 29 – 158 mm, med hovedtyngden i intervallet 35-39 mm. Ørretene som ble fanget i denne måneden var i lengdeintervallet 67 – 232 mm. I oktober ble det fanget laksunger i lengdeintervallet 31 – 156 mm, med hovedtyngden av fisk i intervallet 40-44 mm (Figur 5).

I Bødalselva ble det fanget 715 laksunger i juni, 103 i august og 410 i oktober (Figur 6). Også her var laksungene helt dominerende i elektrofiskefangstene (Figur 6). I juni hadde plommeseckkyngelen lengder fra 25 til 28 mm, men hovedtyngden av ungene var i lengdeintervallet 40-44 mm (1+). Det ble i august registrert laksunger i intervallet 29 – 150 mm, med en hovedtyngde i intervallet 35-39 mm (0+). I oktober ble det fanget laksunger i intervallet 31 – 155 mm, med en hovedtyngde i intervallet 40-44 mm (0+) (Figur 6). Det ble også tatt en del ørret i tillegg til laksungene. I juni ble det fanget 27 ørret i lengdeintervallet 55 – 202 mm, med en topp på ca 90 mm. Det ble tatt fire ørret i august, i intervallet 85 – 185 mm. I oktober var det bare to ørret i fangsten (Figur 6).



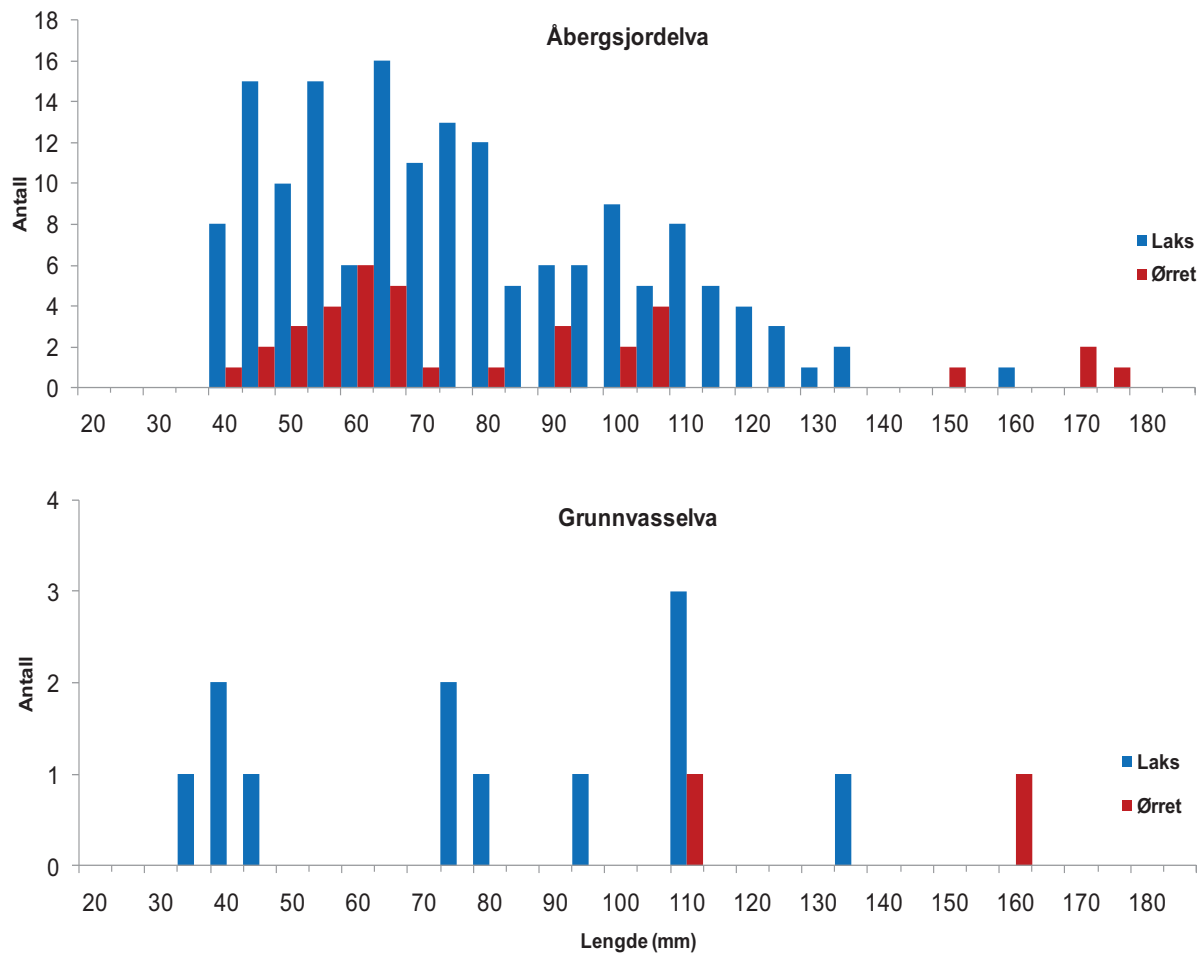
Figur 5. Lengdefordeling av laks- og ørretunger fra Åelva i Roksdalsvassdraget. Tatt ved elektrofisking den 19. juni, 8.-9. august og 7. oktober 2010. (Kun seks ørret ble fanget i august).



Figur 6. Lengdefordeling av laks og ørretunger fanget ved elektrofiske i Bødalselva i Roksdalsvassdraget i periodene 17. - 20. juni, 7. august og 6. oktober 2010.

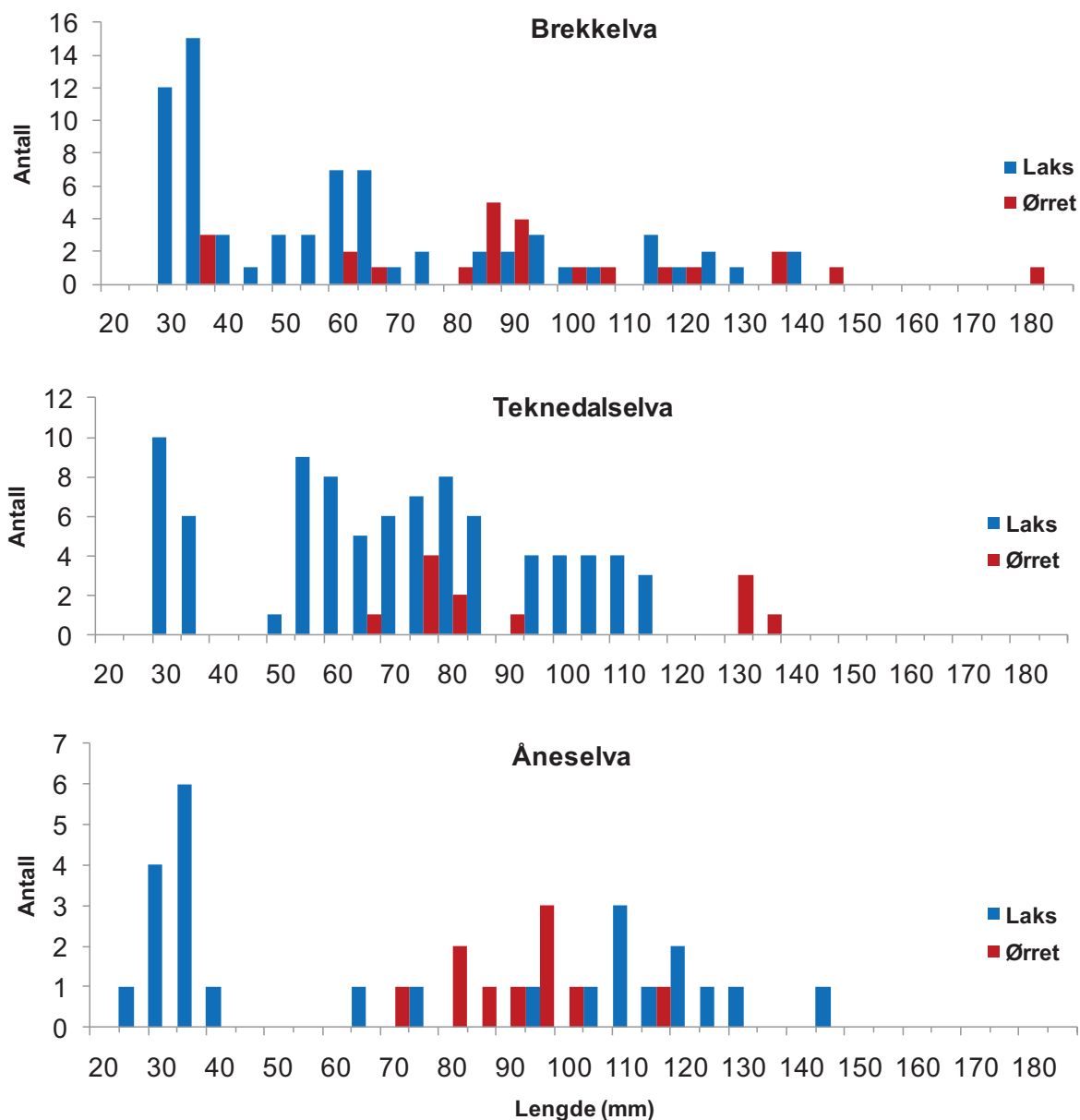
Laksunger var helt dominerende i elektrofiskefangstene i Åbergjordelva i juni 2010 (Figur 7). Samlet fangst av laksunger, ørret og røye i denne elva var henholdsvis 161, 36 og ett individ. Laksungene fanget i Åbergjordelva var i lengdeintervallet 40 til 164 mm, med hoveddelen under 55 mm (Figur 7). Ørreten var i lengdeintervallet 40 til 184 mm, med de fleste i lengdeintervallet under 70 mm (Figur 7). Den ene røya hadde en lengde på 250 mm. Det var generelt få fangster i Grunnvasselva, men det kan se ut til at laks dominerer også på

dette elvestrekket. Det ble fanget 12 laksunger i intervallet 37 – 138 mm, mens det var bare to ørret i fangstene fra Grunnvasselva (Figur 7).



Figur 7. Lengdefordeling av laks og ørret fanget ved en gangs utfisking i Åbergsjordelva og Grunnvasselva i Roksdalsvassdraget den 19. og 20. juni 2010.

I Brekkelva ble det fanget 73 laks og 33 ørret (Figur 8). Laksungene i Brekkelva var i intervallet 31 – 142 mm, med en hoveddel i intervallet 35-39 mm. Ørretene var i lengdeintervallet 39 – 178 mm, og var relativt jevnt fordelt innenfor dette intervallet (Figur 8). I Teknedalselva ble det fanget 88 laksunger i lengdeintervallet 30 – 138 mm, med en hoveddel innenfor intervallet 30 – 34 mm. Det ble fanget 12 ørret i Teknedalselva. Disse var i lengdeintervallet 75 – 135 mm (Figur 8). I Åneselva var laksungene i lengdeintervallet 28 – 147 mm, med en hoveddel i intervallet 35-39 mm. Det ble også tatt 10 ørret i Åneselva, og disse var i lengdeintervallet 74 – 117 mm (Figur 8).



Figur 8. Lengdefordeling av ørret- og laksunger fanget ved elektrofiske i perioden 10-12 august 2010 i Brekkelva, Teknedalselva og Åneselva, i Roksdalsvassdraget 2010.

4.2 Lengde ved alder for laksunger i elv og innsjø

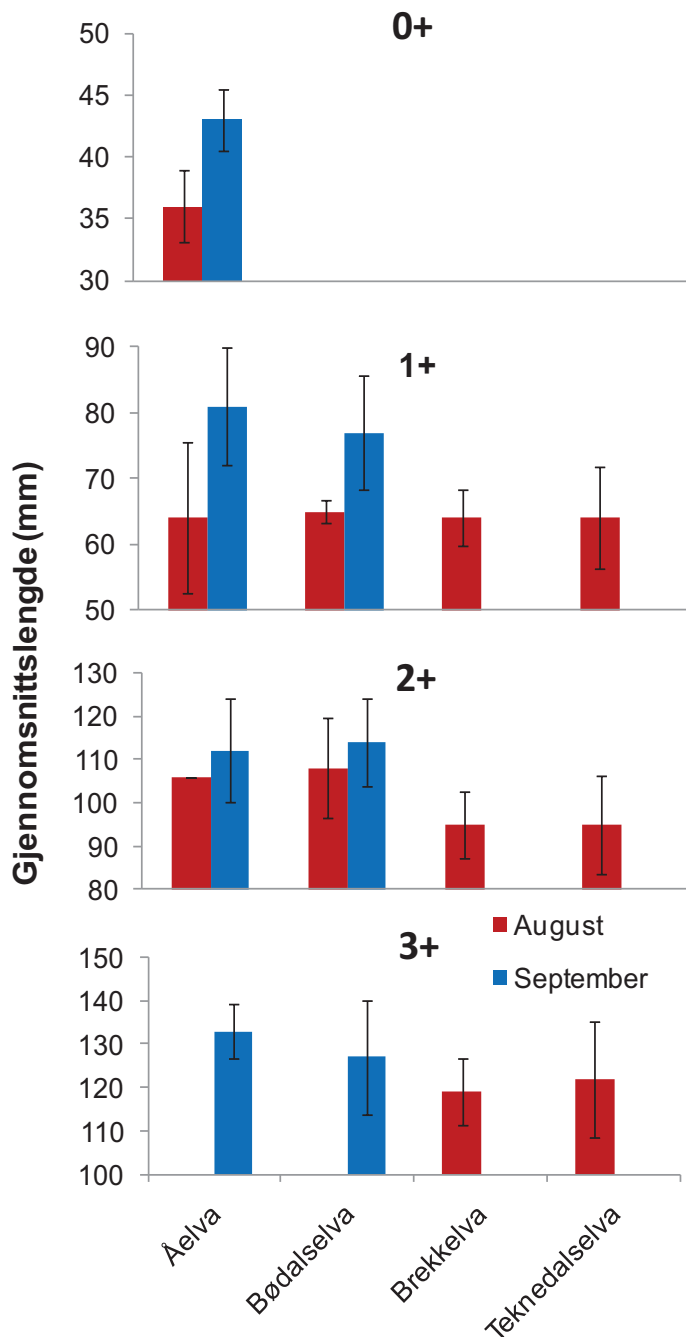
De sommergamle ungene fra Åelva hadde økning i lengde fra august til september (t-test, $t=-3,68$, $df=5$, $p=0,014$) (Figur 9). Disse hadde en gjennomsnittlig lengde på 36 mm i august og en gjennomsnittslengde på 43 mm i september. Laksunger fra aldersklasse 1+ i Åelva hadde en en signifikant økning i lengde fra 64 mm i gjennomsnitt i august til 81 mm i gjennomsnitt i september (t-test, $t=-3,08$, $df=19$, $p=0,006$) (Figur 9). Det ble kun fanget én 2+ laksunge i Åelva i august. Denne var 106 mm. I september var 2+ laksungene 112 mm i gjennomsnitt.

Det ble ikke samlet inn 3+ laksunger i august, og bare to 3+ laksunger var med i materialet fra september. Disse var henholdsvis 129 og 138 mm lange (Figur 9).

I Bødalselva var 1+ laksungene signifikant lengre i september enn i august, med gjennomsnittslengder på henholdsvis 65 og 77 mm for individer tatt ved elektrofisket (t-test, $t=-3,98$, $df=9$, $p=0,003$) (Figur 9). Det var bare tre 2+ laksunger fanget i august og disse var i lengdeintervallet 96 - 119 mm, mens 2+ fanget i september hadde en gjennomsnittslengde på 114 mm (Figur 9).

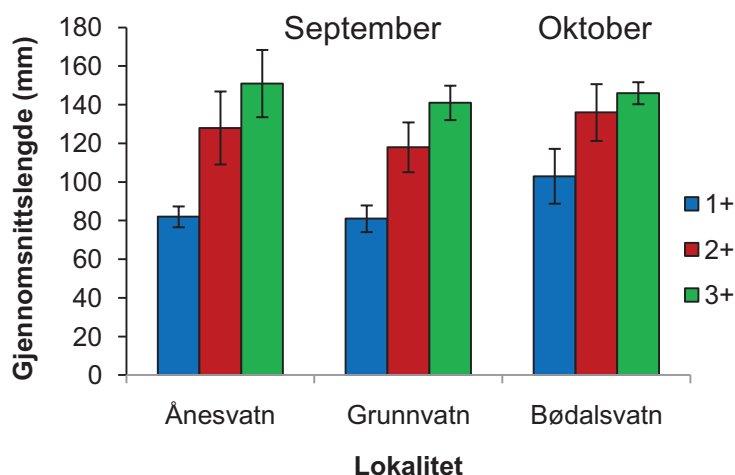
Gjennomsnittslengden på 1+ laksunger fanget i Brekkelva var 64 mm, mens 2+ i denne elva var 95 mm (Figur 9). Det var kun to 3+ laksunger, henholdsvis på 114 og 125 mm i fangstene fra denne elva (Figur 9). I Teknedalselva hadde 1+ og 2+ laksunger samme gjennomsnittslengde som i Brekkelva, dvs. 64 mm for 1+ og 95 mm for 2+. Det var også to 3+ laksunger i materialet fra Teknedalselva på henholdsvis 113 og 132 mm (Figur 9).

Det var ingen signifikant forskjell i lengde på 1+ laksunger fanget i de ulike elvene i august (GLM; $F=0,04$, $df=28$, $p=0,988$), og det var heller ingen forskjell i lengde på 2+ fra de ulike elvene i denne måneden (GLM; $F=1,62$, $df=20$, $p=0,223$) (Figur 9)



Figur 9. Gjennomsnittslengde (mm) med standardavvik (vertikale linjer) for 1+ - 3+ laksunger fanget ved elektrofiske i Åelva, Bødalselva, Brekkelva og Teknedalselva i august (røde stolper) og september (blå stolper) i 2010.

I materialet fra Ånesvatn og Grunnvatn hadde 1+ laksunger en gjennomsnittslengde på henholdsvis 82 mm og 81 mm (Figur 10). Gjennomsnittslengden for 2+ laksunger i Ånesvatn var 128 mm, mens de i Grunnvatn var 118 mm. Laksunger aldersbestemt som 3+ var 151 mm i Ånesvatn og 141 mm i Grunnvatn. I Bødalsvatn var gjennomsnittslengden for 1+ - 3+ laksunger henholdsvis 103 mm, 136 mm og 146 mm i oktober (Figur 10).



Figur 10. Gjennomsnittslengde (mm) med standardavvik for 1+ - 3+ laksunger fanget på settegarn i Ånesvatn og Grunnvatn i september, og Bødalsvatn i oktober 2010.

Det var ingen forskjell i lengde på 1+ laksunger fanget på elv og i innsjø i september (GLM, $F=0,38$, $df=32$, $p=0,541$). Derimot var 2+ laksungene fanget i innsjøene ($X = 126 \text{ mm} \pm \text{SD } 17$) signifikant større enn de som ble fanget på elv ($X = 113 \text{ mm} \pm \text{SD } 13$) (GLM; $F=18,82$, $df=92$, $p<0,001$). Det samme ble funnet for 3+ fra innsjø og elv (GLM; $F=11,76$, $df=27$, $p=0,002$). Gjennomsnittslengde var 145 mm ($\pm \text{SD}9$) i innsjøene og 129 mm ($\pm \text{SD } 11$).

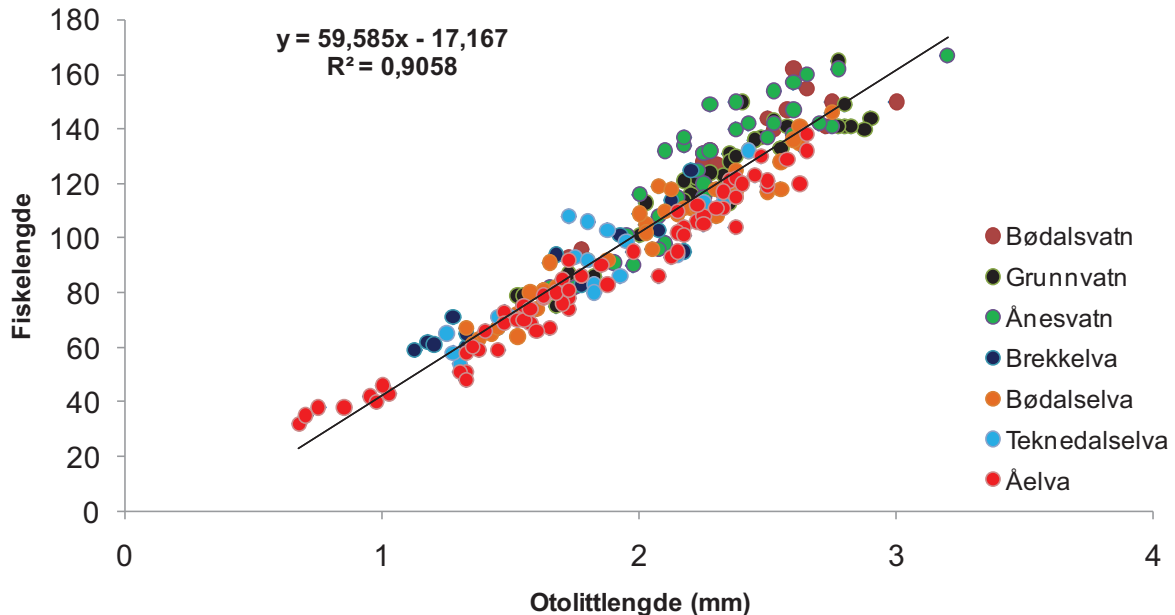
Det var ingen forskjell i lengde på 1+ laksunger fanget i inn og utløpselv sammenliknet med laksungene i Ånesvatn (GLM; $F = 0,84$, $df = 28$, $p = 0,442$) (Tabell 4). Derimot var det signifikant forskjell i lengde for 2+ laksunger fanget i Ånesvatn og 2+ fanget i inn- og utløpselv (GLM, $F=9,65$, $df=69$, $p<0,001$) (Tabell 4).

Tabell 4. Antall laksunger (N), gjennomsnittslengde (\bar{x} i mm) og standardavvik (SD i mm) for laksunger i aldersklassene 1+ til 3+ fra innsjøen Ånesvatn, med innløpselv (Bødalselva), og utløpselv (Åelva). Verdier som er signifikant forskjellig ved Tukey sammenlikning er merket med samme bokstav (a eller b).

Alder	Ånesvatn			Bødalselva			Åelva		
	N	\bar{x}	SD	N	\bar{x}	SD	N	\bar{x}	SD
1+	5	82	5	9	77	9	15	81	9
2+	26	128 ^{ab}	19	20	114 ^a	10	24	112 ^b	12
3+	5	151	17	4	127	13	2	133	6

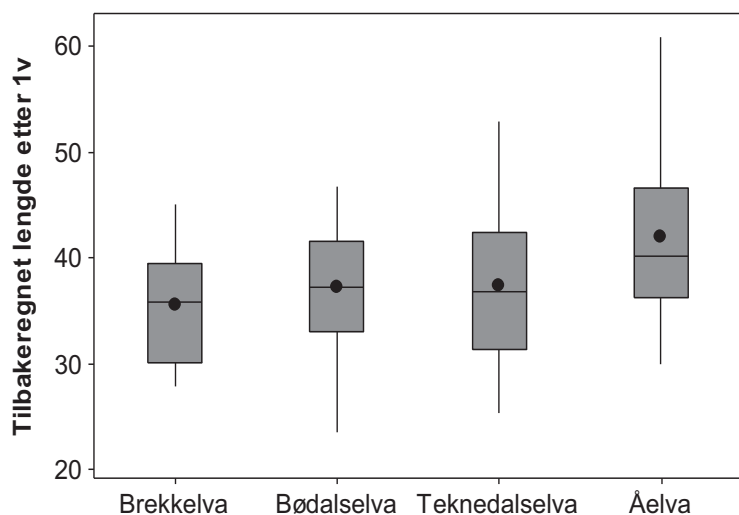
4.3 Tilbakeberegning av vekst for laksunger i innsjøene og elvene

Det var en tilnærmet lineær sammenheng mellom otolittlengde og lengde på laksunger (Regresjon; $F=2222,48$, $df=232$, $p < 0,001$) (Figur 11).



Figur 11. Regresjonsmodell for sammenhengen mellom otolittlengde (mm) og lengde (mm) av laksunger ($n=233$) innsamlet i Roksdalsvassdraget i 2010.

Basert på hele materialet av laksunger $\geq 1+$ fra Åelva ble første års vekst beregnet til 42 mm (\pm SD 8). Første års vekst i Bødalselva, Teknedalselva og Brekkelva var henholdsvis 37 (\pm SD 5), 37 (\pm SD 7) og 36 mm (\pm SD 5) i gjennomsnitt for årsklassene 2007, 2008 og 2009 (Tabell 5). Disse tilbakeberegnet lengdene var signifikant forskjellige (GLM, $F=5,95$, $df=128$, $p = 0,001$) (Figur 12).



Figur 12. Tilbakeberegnet lengde som ettåringer for laksunger fanget ved elektrofiske i Brekkelva, Bødalselva, Teknedalselva og Åelva 2010, uttrykt som kvartilverdi (boks), medianverdi (horisontal linje), gjennomsnitt (svart punkt) og maks-/minimumsverdier (vertikal linje).

Tabell 5. Tilbakeberegnet lengde (mm) ± standardavvik ved alder 1- 3 vintre (1v-3v) for laksunger i årsklasse 2007, 2008 og 2009, fra Åelva, Bødalselva, Teknedalselva og Brekkelva, samlet inn sommeren 2010.

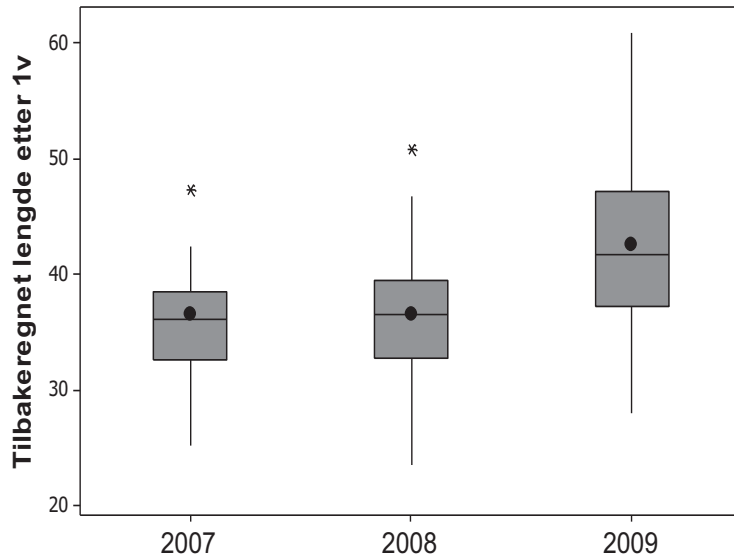
		Åelva		
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	27	46 ± 9		
2008	27	39 ± 6	78 ± 11	
2007	2	40 ± 3	68 ± 7	109 ± 4

		Bødalselva		
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	14	39 ± 6		
2008	23	37 ± 5	75 ± 12	
2007	4	31 ± 5	62 ± 9	102 ± 9

		Teknedalselva		
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	4	40 ± 5		
2008	12	34 ± 5	72 ± 11	
2007	3	42 ± 8	70 ± 4	104 ± 5

		Brekkelva		
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	7	38 ± 5		
2008	5	31 ± 3	73 ± 6	
2007	2	37 ± 2	66 ± 4	104 ± 2

Ettåringer i årsklasse 2009 hadde en gjennomsnittslengde på 43 mm (\pm SD 8), mens ettåringer i årsklassene 2008 og 2007 var henholdsvis 37 mm (\pm SD 5) og 37 mm (\pm SD 6). Forskjellene mellom årene er signifikant (GLM, $F=13,23$, $df=128$, $p<0,001$) (Figur 13).



Figur 13. Tilbakeberegnet lengde av laks som ettåringer for årsklassene 2007, 2008 og 2009, uttrykt som kvartilverdi (boks), medianverdi (horisontal linje), gjennomsnitt (svart punkt) og maks-/minimumsverdier (vertikal linje). Fanget i elvene Brekkelva, Teknedalselva, Bødalselva og Åelva ved elektrofisking i august og september i Roksdalsvassdraget 2010. Ekstremverdi angitt med stjerner.

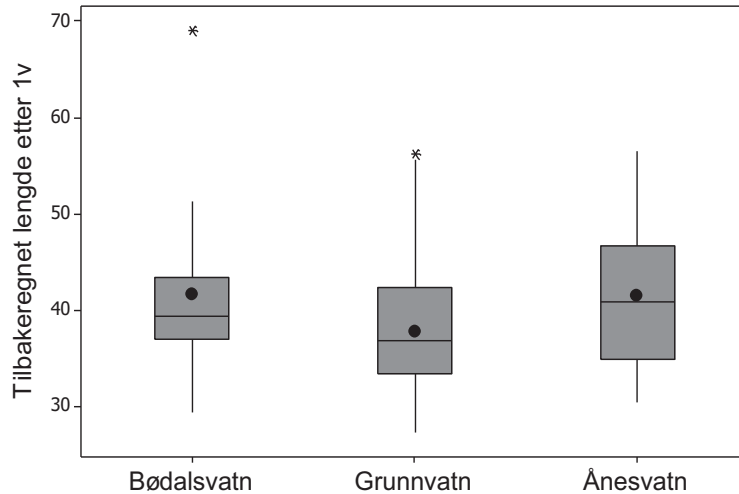
For laksunger fanget i innsjøene var tilbakeberegnet gjennomsnittslengde for én vinter gamle unger i Ånesvatn 42 mm (\pm SD 7) og 39 mm (\pm SD 10) i Bødalsvatn, mens i Grunnvatn var tilbakeberegnet lengde etter første vintersone 38 mm (\pm SD 6) (Tabell 6) Det ble ikke funnet noen forskjell signifikant i lengde (GLM, $F=2,49$, $df=87$, $p=0,089$) (Figur 14).

Tabell 6. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet lengde (mm \pm standardavvik) av laksunger for årsklasse 2007, 2008 og 2009 som en - tre vintre gamle, fanget under garnfiske i september og oktober i Roksdalsvassdraget 2010.

Grunnvatn				
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	6	45 \pm 6		
2008	19	36 \pm 6	79 \pm 10	
2007	13	37 \pm 5	73 \pm 11	110 \pm 10

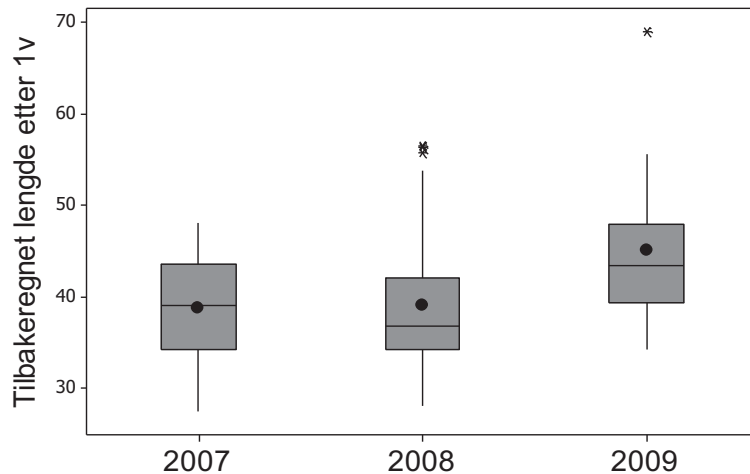
Ånesvatn				
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	5	43 \pm 6		
2008	26	42 \pm 8	85 \pm 15	
2007	4	41 \pm 7	75 \pm 15	113 \pm 11

Bødalsvatn				
Årsklasse	N	1v	2v	3v
2009	2	54 \pm 14		
2008	6	37 \pm 2	81 \pm 16	
2007	6	39 \pm 6	79 \pm 6	111 \pm 9



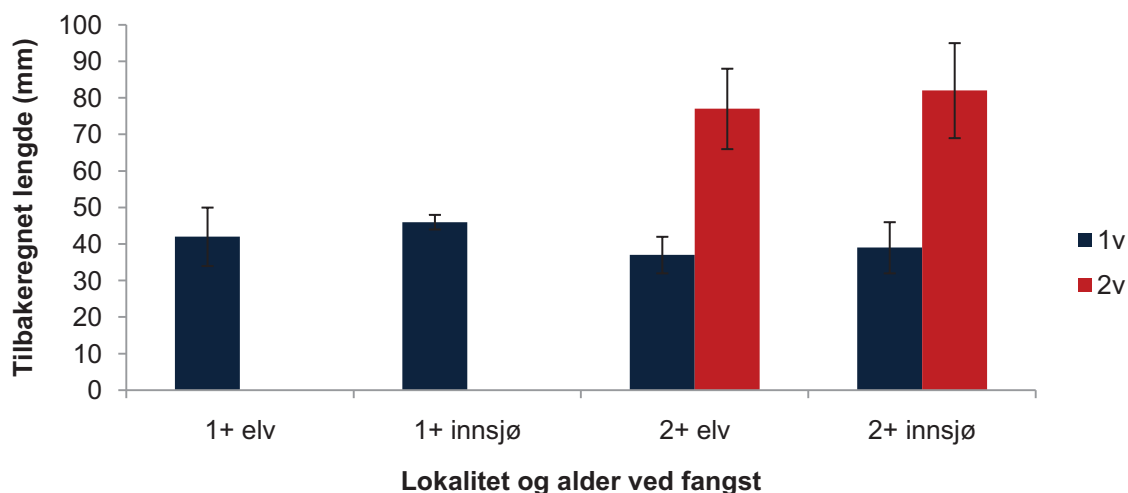
Figur 14. Gjennomsnittlig tilbakeberegnet lengde til én vinter av laksunger fanget med garnfiske i Bødalsvatn, Grunnvatn og Ånesvatn, uttrykt som kvartilverdi (boks), medianverdi (horisontal linje), gjennomsnitt (svart punkt) og maks-/minimumsverdier (vertikal linje). Samlet utvalg uavhengig av årsklasse. Ekstremverdi angitt med stjerner.

De ulike årsklassene hadde forskjellig tilbakeberegnet lengde ved ett års alder (uavhengig av innsjø) (GLM, $F=5,18$, $df=87$, $p=0,008$) (Figur 15). Ettåringer klekket i 2009 hadde en gjennomsnittslengde på 45 mm (\pm SD 8), mens ettåringer klekket i 2007 og 2008 var i gjennomsnitt henholdsvis 39 mm (\pm SD 6) og 39 mm (\pm SD 7).



Figur 15. Tilbakeberegnet lengde av laksunger til én vinter for årsklasse 2007, 2008 og 2009 laksunger fanget ved garnfiske i Bødalsvatn, Grunnvatn og Ånesvatn, uttrykt som kvartilverdi (boks), medianverdi (horisontal linje), gjennomsnitt (svart punkt) og maks/minverdier (vertikal linje). Samlet utvalg uavhengig av innsjølokalitet. Ekstremverdi angitt med stjerner.

Det var ingen signifikant forskjell i tilbakeberegnet lengde som 1v mellom 1+ laksunger i elv og innsjø, men det var en trend til at laksunger i innsjøene er større enn i elvene (t-test; $t=-1,83$, $df=19$, $p=0,083$) (Figur 16). Basert på 2+ fra elv og innsjø var det ingen forskjell i tilbakeberegnet lengde ved alder 1v (Mann-Whitney U-test; $U=2974$, $N1=50$, $N2=64$, $p=0,574$), men det var signifikant forskjell i lengde som 2v gamle (t-test; $t=-2,36$, $df=92$, $p=0,020$) (Figur 16).



Figur 16. Tilbakeregnet lengde (mm) ved alder én og to vintre for laksunger fanget henholdsvis som 1+ og 2+ i elvene eller innsjøene i Roksdalsvassdraget i 2010. Vertikal linje angir standardavvik (SD).

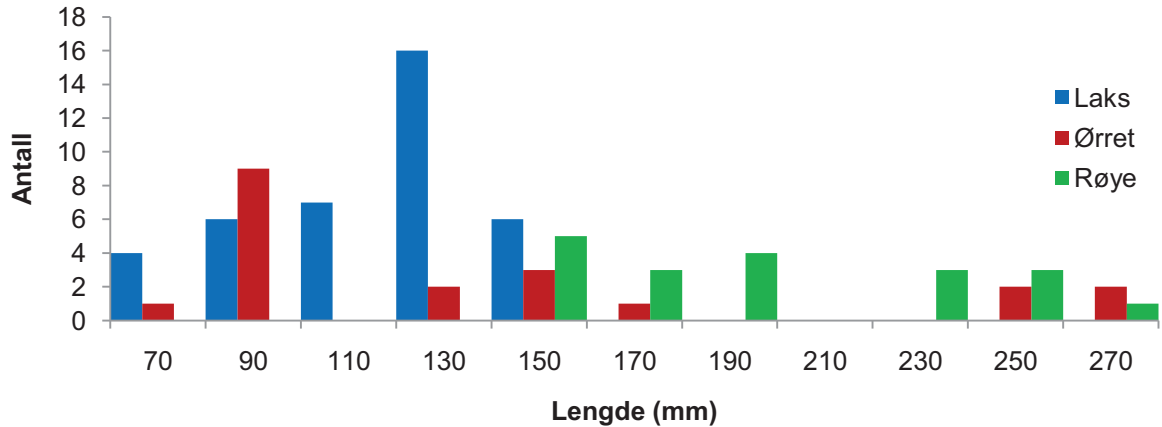
4. 4 Garnfangst i innsjøene

I samtlige innsjøer ble det fanget laksunger, ørret og røye i littoralsonen (Tabell 7). Av totalt antall fanget dominerte ørret fangstene i Grunnvatn (73 %) og Bødalsvatn (52 %), mens laksunger dominerte fangsten i Ånesvatn (50 %).

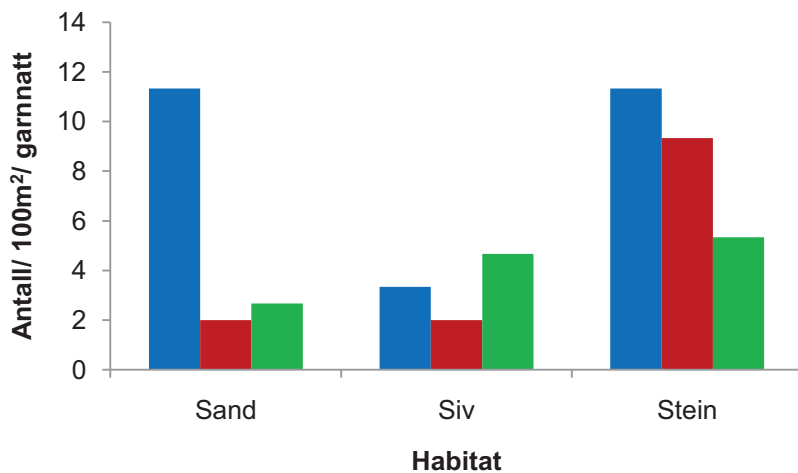
Tabell 7. Fangst av laksunger, ørret og røye på finmaska settegarn (8, 10, 12.5 og 15 mm) i littoralsonen i Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn. Fisket ble utført i september (Ånesvatn og Grunnvatn) og oktober (Bødalsvatn) 2010. CPUE = antall fisk/100m² garn per natt. Garninnsatsen var 12 garnnetter i Ånesvatn og Grunnvatn, 8 garnnetter i Bødalsvatn.

Innsjø	Laks		Ørret		Røye	
	n	CPUE	n	CPUE	n	CPUE
Ånesvatn	39	8,7	20	4,4	19	4,2
Grunnvatn	38	8,4	121	26,9	7	1,5
Bødalsvatn	15	5,0	53	17,7	34	11,3

Lengden på laksunger i Ånesvatn var fra 75 til 167 mm (Figur 17). Gjennomsnittslengden var 126 mm (\pm SD 25 mm). Ørret var fra 74 til 288 mm, med en gjennomsnittslengde på 149 mm (\pm SD 71 mm). Røyene var gjennomgående større, med lengder fra 150 til 280 mm (gjennomsnittslengde på 205 mm \pm SD 42 mm). Laksunger, ørret og røye ble fanget i alle habitattyper i Ånesvatn. Imidlertid var fangst per innsatsenhet av laksunger lavest på sivbunn (Figur 18). Det var lik tetthet av laksunger på sand- og steinbunn, mens tettheten av ørret og røye var høyest på steinbunn.

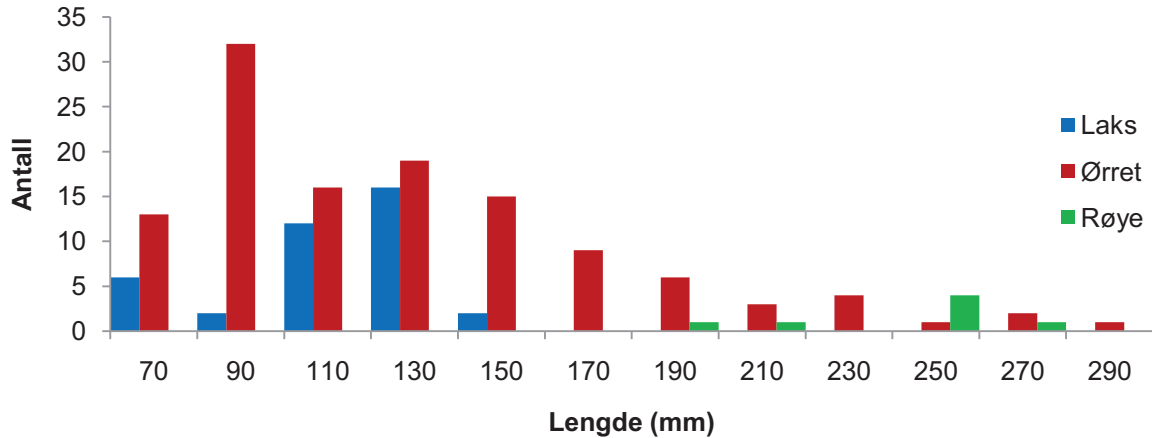


Figur 17. Lengdefordeling av laks, ørret og røye fanget i littoralsonen på finmaska settegarn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt i Ånesvatn, 14. og 15. september 2010.

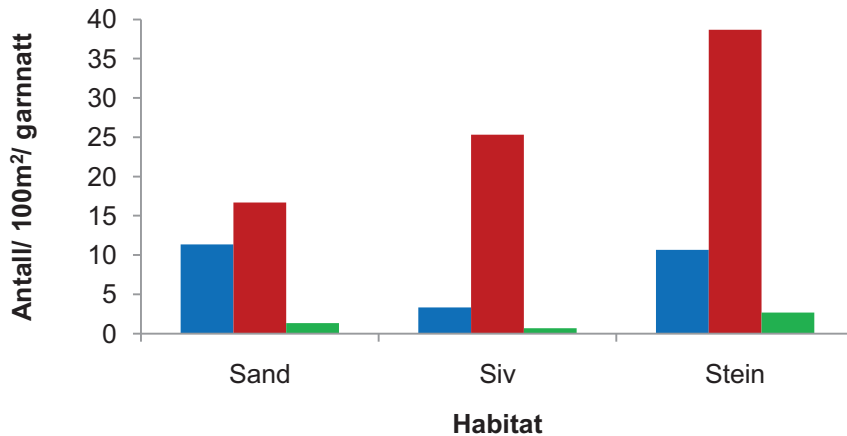


Figur 18. Fangst av laks (blå søyler), ørret (røde søyler) og røye (grønne søyler) per innsatsenhet med finmaska garn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt på sand-, siv- og steinhabitat i Ånesvatn, 14. og 15. september 2010.

I Grunnvatn var lengden på laksungene fra 75 til 165 mm (Figur 19). Gjennomsnittlig lengde var 122 mm (\pm SD 23 mm). Ørret var fra 74 til 299 mm med en gjennomsnittslengde på 137 mm (\pm SD 49 mm). Røye var gjennomgående større med lengder fra 205 til 305 mm, med en gjennomsnittslengde på 248 mm (\pm SD 33 mm) (Figur 19). Fangst per innsatsenhet av laksunger i Grunnvatn var lavest på sivbunn (Figur 20). På stein og sandbunn var fangst per innsatsenhet av laksunger om lag den samme. Ørret dominerte fangsten på alle habitat og tettheten var størst på steinbunn. Tettheten av røye var lav på alle habitat.

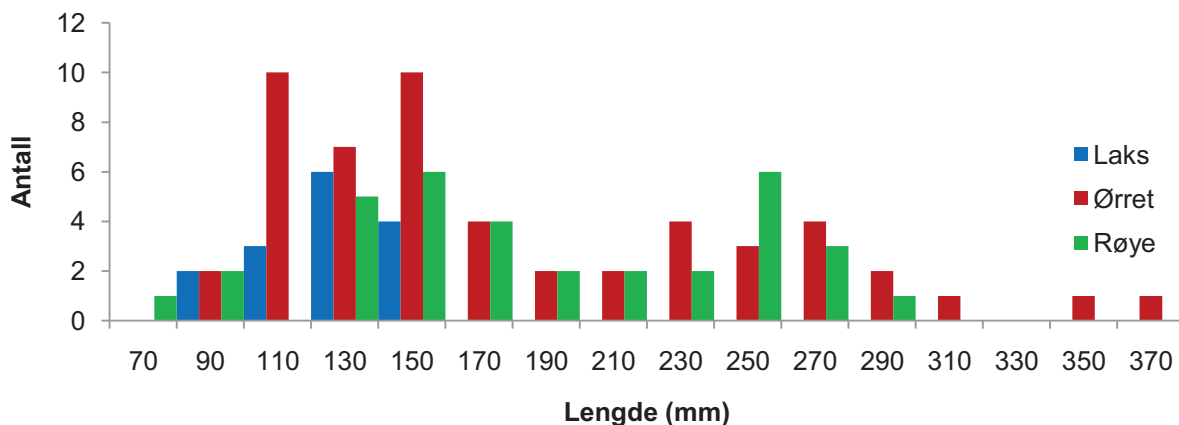


Figur 19. Lengdefordeling av laks, ørret og røye fanget i littoralsonen på finmaska garn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt i Grunnvatn, 13. og 14. september 2010.

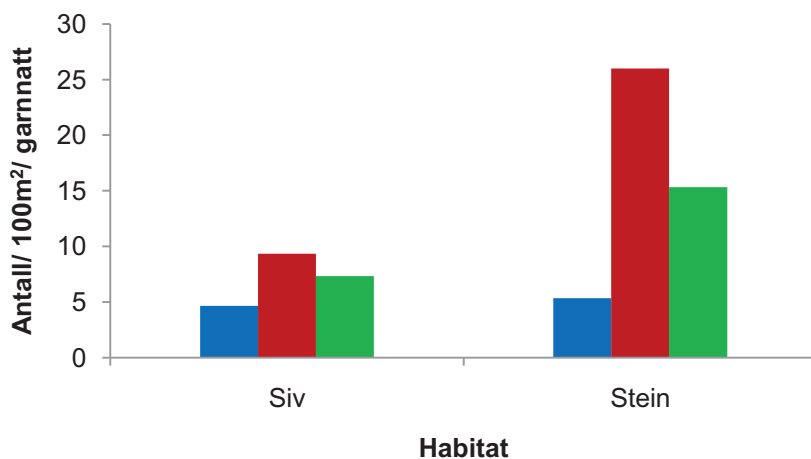


Figur 20. Fangst av laks (blå søyler), ørret (røde søyler) og røye (grønne søyler) per innsatsenhet med finmaska garn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt på sand-, siv- og steinhabitat i Grunnvatn, 13. og 14. september 2010.

I Bødalsvatn var laksungene fra 93 til 162 mm, med en gjennomsnittslengde på 134 mm (\pm SD 20 mm) (Figur 21). Ørret var fra 94 til 370 mm, med en gjennomsnittslengde på 189 mm (\pm SD 70 mm). Røye var fra 82 til 295 mm, med en gjennomsnittslengde på 196 mm (\pm SD 58 mm) (Figur 21). Det var lavere tetthet av laksunger enn ørret og røye på siv- og steinbunn i Bødalsvatn (Figur 22). Ørret dominerte fangsten og hadde høyest tetthet på begge habitat. Tettheten av laksunger var om lag den samme på siv- og steinbunn.



Figur 21. Lengdefordeling av laks, ørret og røye fanget i littoralsonen på finmaska garn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt i Bødalsvatn, 26. oktober 2010.



Figur 22. Fangst av laks (blå søyler), ørret (røde søyler) og røye (grønne søyler) per innsatsenhet med finmaska garn (8, 10, 12.5 og 15 mm) satt på siv- og steinhabitat i Bødalsvatn 26. oktober 2010.

Det ble ikke fanget laksunger på flytegarna verken i Ånesvatn eller Grunnvatn (Tabell 8). I Ånesvatn ble det kun fanget røye, med unntak av én ørret. Det var ingen signifikant forskjell mellom median lengde på røye fanget littoralt og pelagialt i Ånesvatn (Mann Whitney U-test, $p > 0,05$). I Grunnvatn utgjorde ørret 76 % av fangsten. Det var heller ingen signifikant forskjell i median lengde mellom røye eller ørret fanget littoralt og pelagialt i Grunnvatn (Mann Whitney U-test, $p > 0,05$).

Tabell 8. Fangst av ørret og røye på finmaska flytegarn (6, 8, 10, 12,5 og 15 mm) satt pelagialt i Ånesvatn og Grunnvatn i september 2010. Gjennomsnittslengde (X) standardavvik (SD), minimum og maksimumslengde er oppgitt i millimeter. CPUE = antall fisk/100m² garn per natt. Garninnsatsen var 2 garnnetter i Grunnvatn og 4 garnnetter i Ånesvatn.

Innsjø	Ørret						Røye					
	n	CPUE	X	SD	min	maks	n	CPUE	X	SD	min	maks
Grunnvatn	19	5,9	135	± 35	91	243	6	1,9	212	± 53	126	265
Ånesvatn	1	0,2	334	-	334	334	55	8,6	190	± 38	110	277

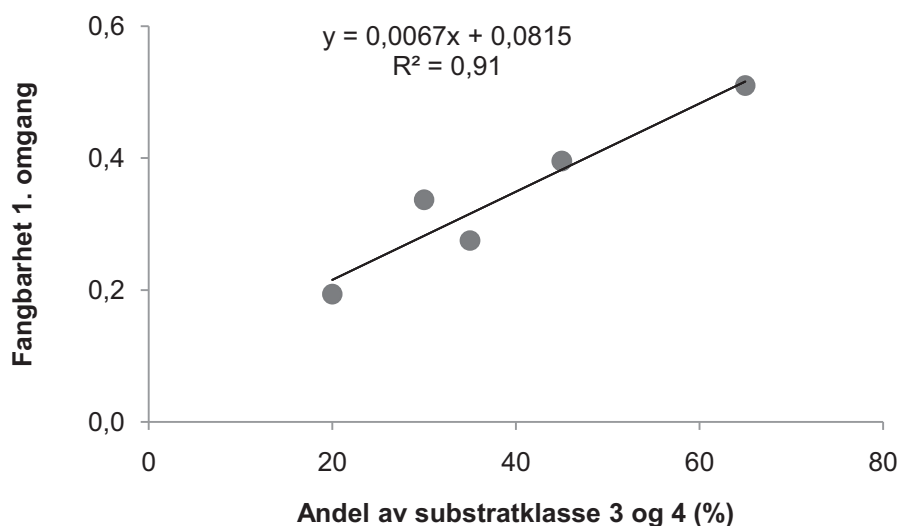
4.5 Estimert antall laksunger på elv

Antall laksunger med alder $\geq 1+$ fanget ved gjentatt utfisking på de fem strekningene i Åelva og Bødalselva varierte fra 79 til 344 (Tabell 9). På de fem ulike stasjonene ble antallet laksunger ($\geq 1+$) estimert til 125 - 609. Tetthet per 100 m² var fra 34 til 148 laksunger (Tabell 9).

Tabell 9. Estimert tetthet av eldre laksunger ($\geq 1+$) per 100 m² og estimert antall med 95 % konfidensintervall, basert på tre gangers utfisking i Åelva (Åe) og Bødalselva (B) i Roksdalsvassdraget høsten 2010. Avfisket areal i m².

Lokalitet	Dato	Fangstomgang			Total fangst	Fangbarhet	Estimert antall	95 % - ki.	Areal	Estimert tetthet
		1	2	3						
Åe 3	07.10	118	94	77	289	0,19	609	309-909	450	135
Åe 5	22.09	36	23	20	79	0,27	131	55-207	380	34
Åe 20	22.09	64	35	13	112	0,53	125	111-139	170	74
B 54	22.09	49	36	20	105	0,35	145	101-180	200	73
B 21	06.10	176	101	67	344	0,39	445	385-505	300	148

Det var en positiv sammenheng mellom andelen av stein- og blokksubstrat (substratklasse 3 og 4) og fangbarhet ved første fangstomgang med elektrofiskeapparat i lokaliteter der det ble foretatt gjentatt utfisking ($F = 29,56$, $df = 4$, $p = 0,012$) (Figur 23).



Figur 23. Sammenheng mellom prosentandel av stein- og blokksubstrat (partikkelstørrelse ≥ 16 cm) og fangbarhet ved første fangstomgang på lokaliteter der det ble foretatt gjentatt utfisking.

Basert på sammenhengen mellom substrat og fangbarhet (Figur 23), ble det estimert 2669 laksunger med alder $\geq 1+$ i lokaliteter med én elektrofiskeomgang (Tabell 10). Ut fra antall laksunger på avfisket areal blir totalestimatet for Bødalselva på 6072 laksunger ($\geq 1+$) (Tabell 10). Tilsvarende blir totalestimatet for Grunnvasselva på 183 laksunger ($\geq 1+$), det vil si den elvestrekningen med færrest laksunger. Åbergsjordelva, Brekkelva og Teknedalselva hadde en estimert totalantall på 777, 791 og 614 laksunger $\geq 1+$ (Tabell 10). Totalt ble det estimert 8437 laksunger $\geq 1+$ i disse fem elvene.

Tabell 10. Estimert antall laksunger ($\geq 1+$) på avfisket areal (m^2) (A_1) og på det øvrige arealet i elvene (A_2) i Bødalselva, Åbergsjordelva, Grunnvasselva, Brekkelva, Teknedalselva, basert på antall fanget etter en elektrofiskeomgang og beregnet fangbarhet.

Elv	Dato	Avfisket areal m^2 (A_1)	Total areal m^2 (A_2)	Fangst $\geq 1+$	Andel substrat 3+4	Estimert fangbarhet	Estimert antall $\geq 1+$ (N_1)	Estimert totalantall (N_2)
Bødalselva	17.06	6196	22706	457	29	0,28	1657	6072
Åbergsjordelva	19.06	2383	3868	161	38	0,34	479	777
Grunnvasselva	20.06	2003	4770	12	11	0,16	77	183
Brekkelva	10.08	527	1647	46	15	0,18	253	791
Teknedalselva	11.08	1360	3660	72	35	0,32	228	614

Det ble estimert 2778 presmolt til sammen i Bødalselva, Åbergsjordelva, Grunnvasselva, Brekkelva og Teknedalselva (Tabell 11).

Tabell 11. Estimert antall presmolt basert på andel $\geq 2+$ i fangstene og det estimerte totalantallet ($\geq 1+$) (fra Tabell 10) i de enkelte elvene i Roksdalsvassdraget i 2010.

Elv	Dato	Antall laksunger i fangstene			Estimert antall	Estimert presmoltantall
		1+	$\geq 2+$	Andel $\geq 2+$		
		30-79 mm	80 mm <			
Bødalselva	17.06	334	123	27 %	6072	1634
Åbergsjordelva	19.06	94	67	42 %	777	323
Grunnvasselva	20.06	6	6	50 %	183	92
		50-75 mm	>75 mm			
Brekkelva	10.08	25	21	46 %	791	361
Teknedalselva	11.08	29	43	60 %	614	368

På de tre strekningene i Åelva der det ble foretatt gjentatt utfisking (Åe3, Åe5 og Åe20), var beregnet tetthet på henholdsvis 34, 74 og 135 laksunger ($\geq 1+$) per 100m². (Tabell 9). Dette gir et totalantall på 23 423 laksunger ($\geq 1+$) i hele elvearealet (40 033 m²), hvorav 4206 er $\geq 2+$ laksunger (presmolt). Andelen presmolt i Åelva var dermed på 18 %.

Samlet for alle elvene ble dermed estimert 31 860 laksunger ($\geq 1+$), og det estimerte presmoltantallet ble etter dette 7058 ($\geq 2+$). Samlet elveareal i vassdraget er på 77 000 m² (vedlegg 6). Gjennomsnittlig tetthet på alle elvene ble 10,4 presmolt per 100 m² (vedlegg 6).

4.6 Estimert antall laksunger i innsjøene

Basert på garnfangstene blir det estimerte antallet laksunger i lengdeklasse 8,0 -15,9 cm i de tre innsjøene Ånesvatn, Grunnvatn og Bødalsvatn totalt 11 547 (Tabell 12 og 13). Ut fra disse estimatene er antall laksunger i Ånesvatn langt større enn i de to andre innsjøene (Tabell 12). Estimert totalantall i lengdeklasse 8,0 – 11,9 cm var 3980, mens det estimerte antallet i lengdeklasse 12,0 – 15,9 cm (potensielle presmolt) var 7566 (Tabell 12 og 13). Det var med andre ord en høy andel (66 %) av antatt presmolt i innsjøene.

Tabell 12. Estimert antall laksunger i lengdeklassene 8,0-11,9 cm og 12,0-15,9 cm i Ånesvatn og Grunnvatn i september 2010, basert på antall laksunger fanget per garnnatt på settegarn med maskeviddene 8, 10, 12,5 og 15 mm og fangbarhet på settegarn med tilsvarende maskevidder i Løyningsvatn (Bergum & Børresen 2001). N1 er estimert antall i Ånesvatn og Grunnvatn basert på fangbarhet i Løyningsvatn, N2 er det endelige estimatet etter korreksjon for lengden av strandlinjen (se metodekapittel).

Innsjø	Lengdeklasse (cm)	Fangst per garnnatt			Estimert antall			Estimert antall	
		10mm	12,5mm	15mm	10mm	12,5mm	15mm	N1	N2
Ånesvatn	8,0 -11,9	2,0	1,3	-	1252	1187		1220	2678
	12,0 - 15,9	0,3	3,7	3,3	2871	1388	2128	2129	4674
Grunnvatn	8,0 -11,9	2,0	1,3	-	1252	1187		1220	1021
	12,0 - 15,9	0,3	4,3	3	2871	1631	1934	2145	1795
Sum									10 169

Tabell 13. Estimert antall laksunger i lengdeklassene 8,0-11,9 cm og 12,0-15,9 cm i Bødalsvatn oktober 2010. Det ble fisket med settegarn med maskeviddene 8, 10, 12,5 og 15 mm. Det estimerte antallet laksunger i Bødalsvatn er korrigert for strandlinje, fangst per garnnatt og antall laks i de to lengdeklassene i Grunnvatn (se metodekapittel).

Lengdeklasse	Fangst per garnnatt		Estimert antall laks i
	Bødalsvatn	Grunnvatn	Bødalsvatn
8 -11,9 cm	1,5	4,6	281
12 - 15,9 cm	5,5	7,6	1097
Sum			1378

Arealet av oppvekstområdene i innsjøene var tilsammen på 172 000 m² (lengde på strandsone*10m), dette gir et estimat på 4,2 presmolt per 100 m² i strandsonen (vedlegg 6).

5. Diskusjon

5.1 Laksunger størrelse på elv og i innsjø

Tendensen til at laksunger fanget i innsjøene i Roksdalsvassdraget er større enn de som ble fanget i elv har trolig sammenheng med bedre næringstilgang, redusert konkurranse og redusert energitap på stillestående vann jamført med rennende vann (Hutchings 1986). Det kan tenkes at forskjeller i temperatur også er viktig for å forklare forskjellen i vekst mellom elv og innsjø, men Halvorsen & Svenning (2000) kunne ikke påvise at dette alene kunne forklare den økte veksten laksungene oppnådde i innsjøene i Roksdalsvassdraget. I en studie fra New Foundland ble det påvist at fett-, protein- og energiinnhold hos laksunger i innsjø hadde høyere verdier enn elvelevende unger (Dempson et al. 2004). Med et høyt fettinnhold vil også vinteroverlevelsen kunne øke (Dempson et al. 2004). Ifølge Hutchings (1986) kan innsjøenes bidrag i smoltproduksjon i ett vassdrag også henge sammen med en større overlevelse fra parr til smoltstadie, og innsjøenes høyere produktivitet.

To-årige (2+) laksunger fanget i Ånesvatnet var signifikant lengre enn like gamle laksunger fanget både i inn- og utløpselva til innsjøen. Det var 2+ laksunger som dominerte i fangstene i alle tre innsjøene, selv om maskeviddene brukt ved garnfisket også skulle tilsi at 1+ ble fanget effektivt, og dette kan tyde på at hovedtyngden av laksungene vandrer ut i innsjøene først som toåringer. Likevel inngikk det få 1+ i innsjøfangstene, og disse viste en tendens til lengre tilbakeberegnet lengde som en vinter gammel, enn 1+ laksunger fanget i elv. Dette er helt i tråd med det Halvorsen & Svenning (2000) fant for 16 år siden i Ånesvatn, og kan tyde på at det er de hurtigvoksende individene som vandrer ut som ettåringer i innsjøene, noe også de påpekte. I tillegg ble det funnet at lengden på laksunger fra alle elvelokalitetene tilbakeberegnet som 1 vintre gamle, var lengst for 1+ laksungene. Noe som tyder på at 2+ og 3+ laksungene på elva består av seintvoksende individer. Dette styrker antakelsen om at det er de hurtigvoksende individene som vandrer først ut i innsjøene. Det ble ikke funnet noen forskjell i lengde mellom 1+ fangster i elv og innsjø i september. Liknende funn ble gjort av Erkinaro & Gibson (1997) der 1+ laksunger fanget i juli var større i innsjø enn i elv, mens dette var motsatt i september, dvs. at en større andel saktevoksende individer av 1+ laksunger fra elvene har kommet inn i innsjøene utover sommeren. Siden det ikke var forskjell i tilbakeberegnet lengde ved alder 1 vinter mellom innsjø- og elvelevende unger som var fanget som 2+, er dette også en indikasjon på at en stor andel av laksungene vandrer ut som 1+ på høsten eller som 2+ året etter. Liknende funn ble gjort ved studier i Utsjoki, hvor kun tre % av de innsjølevende laksungene var 1+ (Erkinaro et al. 1998). Det ble ved tilbakeberging også

funnet at 1+ laksunger fanget i innsjø hadde best vekst første leveår sammenliknet med 2+ og 3+ laksunger.

5.2 Estimert antall presmolt på elv og i innsjø

Ut fra det estimerte antall laksunger $\geq 1+$ på om lag 43 400, og antakelsen om at størsteparten av laksungene i Roksdalsvassdraget smoltifiseres som 3-åringer ble antall presmolt beregnet til 14 500 basert på aldersanalyser og lengdefordelinger I elvene var det færre presmolt enn 1+ laksunger (27 – 50 %), med unntak av Teknedalselva hvor $\geq 2+$ laksungene dominerte (60 %). Det kan likevel tenkes at presmoltandelen er overestimert både i Brekkelva og Teknedalselva, fordi gjennomsnittslengden for 2+ i disse elvene var kun 95 mm, og tilsvarende 119 mm for 3+ laksungene i Brekkelva og 122 mm i Teknedalselva. Dermed vil trolig en mindre andel av laksungene i disse elvene vandre ut som treåringer, men først vandre ut som fireåringer. Likevel vil ikke dette ha stor innvirkning for totalestimatet av presmolt i hele vassdraget, da disse to elvene ser ut til å bidra med kun 5 % av den totale presmoltmengden (764 presmolt). Presmoltantallet i innsjøene ble på totalt 7566 individer. Dette utgjør 52 % av det totale presmoltantallet i vassdraget. I innsjøene var forholdet mellom laksunger $\geq 1+$ og presmolt motsatt av elv, med en presmoltandel på 66 %. Dette viser at innsjøer kan ha stor betydning for produksjon av smolt.

Et presmoltestimat på vel 14 500, tilsvarende en tetthet på 10,4 presmolt per 100 m² i elvene og 4,2 presmolt per 100 m² i innsjøene i Roksdalsvassdraget er langt høyere enn i andre nordnorske vassdrag. For eksempel: Saltdalselva, Repparfjordelva og Altaelva hadde smolttettheter på henholdsvis 1, 2 og 3 smolt per 100 m² (Erikstad et al. 1999). Dette er imidlertid store elver sammenliknet med Roksdalsvassdraget, men vi har ikke funnet estimerte smolttettheter fra småvassdrag i Nord-Norge. I Imsa i Rogaland, derimot, ble det funnet en gjennomsnittlig smolttetthet på 15,5 smolt per 100 m² i årene 1975-1996 (Jonsson et al. 1998a). Siden våre estimerer gjelder presmolt om høsten, vil trolig tettheten gå ned fram til ungene forlater elva om våren som smolt, fordi det høyst sannsynlig vil være en naturlig dødelighet i løpet av vinteren. Om dødeligheten på presmolt fra sommer/høst til utvandring settes til 30 prosent (brukt i Ugedal et al.2006), betyr det at omlag 10 000 smolt vil kunne forlate vassdraget våren 2011. Dette vil fremdeles tilsi at produktiviteten i Roksdalsvassdraget kan være høyere enn i andre nordnorske laksevassdrag.

Vårt estimerte presmoltantall for Roksdalsvassdraget er langt lavere enn produksjonanslaget på 33 000 smolt for vassdraget gitt av Hindar et al. (2007). De beregnet at det i dette vassdraget kunne produseres 12,5 smolt per 100 m² i elvene og 8,4 smolt per 100 m² i innsjøene. Basert på oppmålingen av elvebredden i alle elvene i Roksdalsvassdraget fant vi at arealet på de lakseførende strekningene var 77 000 m², mens egnet oppvekstareal (10 meters belte i målt strandlinje) i innsjøene ble beregnet til 172 000 m². Ved fastsettingen av gytebestandsmålet for vassdraget, beregnet Hindar et al. (2007) at arealet på elvestrekningene til sammen var 135 720 m², og at oppvekstareal i innsjøene var på 190 610 m². Hindar et al. (2007) brukte GIS-kartverktøy til arealberegningene. Arealet ble målt ut fra polygonene til elveløpene på kartet. Dette kan gi en større bredde enn det elva har ved normal vassføring. Små elver vil med dette GIS-verktøyet ligge inne som polyliner og kan ikke direkte arealbestemmes i programmet, men en forhåndsgitt bredde for hver elv ganges opp med lengden på polylinjen (Hindar et al. 2007). Dette gjelder for flere av elvene i Roksdalsvassdraget, og det antas at dette kan ha gitt en betydelig overestimering av arealene (Hindar et al. 2007). Vi er sikre på at vår arealberegning, med breddemål for hver femtiende meter i alle elvene, gir et bedre grunnlag for beregning av det totale elvearealet i Roksdalsvassdraget. Tilsvarende misforhold mellom areal beregnet ved oppmåling i elva og ved hjelp av GIS ble også avdekket i 29 elver av Kanstad-Hansen & Lamberg (2011). I disse elvene var også de oppmålte elvearealene mindre enn det arealet som var blitt beregnet for å fastsette gytebestandsmål, og Kanstad-Hansen & Lamberg (2011) foreslo derfor en korrigerende arealgrunnlaget som ligger til grunn for beregning av gytebestandsmål i disse vassdragene. Ut fra registreringene i Roksdalsvassdraget mener vi dette også er nødvendig her.

Hindar et al (2007) satte et gytebestandsmål (GBM) på 659 hunnlaks for å oppnå den beregnede, potensielle smoltproduksjonen i Roksdalsvassdraget. Dersom deres smoltanslag er satt for høyt, betyr det også at antall gytefisk som trengs for å utnytte elvas produksjonspotensial, vil være lavere enn anslaget på 659 hunnfisk. Dersom vi antar at produksjonen satt av Hindar et al. (2007) på 6 egg per m² i elvene og 4 egg per m² i innsjøene er riktig, og man kun korrigerer etter vårt beregnede areal (vedlegg 6), vil gytebestandsmålet i vassdraget bli 480 hunnlaks. Med den samme overlevelsen på 2,1 % fra egg til smolt fra Hindar et al. (2007) vil dette gi en smoltproduksjon på 24 000 smolt, som fremdeles synes å være et svært høyt estimat. Dette kan skyldes at produksjonen i vassdraget (egg lagt per m²) eller overlevelsen fra egg til smolt er satt for høyt.

Roksdalsvassdraget ligger langt ute ved kysten, og laksesmolten har kort vei ut til åpent hav. Dette føre til redusert dødelighet ved utvandring på grunn av mindre risiko for lakselusinfeksjon (Skillbrei 2004) og predasjon fra saltvannsfisk (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987). Det er registrert sjøoverlevelse fra smolt til førstegangsgytere på 7,8 % i Imsa (Jonsson et al. 1998b), og 10 % i River Bush, Nord-Irland (Crozier & Kennedy 1999). I en av sideelvene til Tana har sjøoverlevelsen hos ensjøvinter laks variert fra 8 til 20 % (pers. medd. M-A. Svenning). Det er derfor ikke urealistisk at overlevingen fra smolt til tilbakevandret førstegangsgyter kan være på 10-20 % i Roksdalsvassdraget. Det vil i så fall bety at en utvandring på omkring 10 000 smolt kan gi et tilbakevandret antall ensjøvinter gytefisk på i størrelsesorden 1000 – 2000 laks.

Våre estimeringer fra elvene er dels basert på en gangs fiske, og dels på tre gangers utfisking på fem stasjoner i vassdraget. Beregnet fangbarhet fra de fem strekningene hvor det ble utført gjentatt utfisking ble benyttet for å estimere antallet på de strekningene der det kun ble fisket en gang. Her ligger det flere muligheter for feilestimeringer, bl. a. fordi flere personer har elektrofisket, noen med lang erfaring, og andre med relativt liten elektrofiskeerfaring. De med lang erfaring stod for den gjentatte utfiskingen, mens vi selv stod for en gangs fiske. Siden fangbarheten synker for hver gang en strekning avfiskes er det stor mulighet for underestimering av bestanden, selv når øvde personer står for fiskingen (Heggberget & Hesthagen 1979; Sandlund et al. 2011). Det betyr i så fall at fangbarheten da blir beregnet for høy. Når så vi har benyttet denne fangbarheten til beregning av tettheter, og samtidig har basert beregningen på en lavere fangst enn det øvde personer ville ha fått ved en gangs elektrofiske, er våre tall sannsynligvis underestimerer. Laksungebestanden på alle elvestrekningene er derfor høyst sannsynlig større enn det våre tall antyder, og vi kan derfor kun konkludere med at bestanden av presmolt på elvene er minimum på det nivået vi har funnet.

Laksunger ble fanget på alle habitattyper i innsjøene. Selv på sandbunn ble det fanget relativt mange laksunger i Ånesvatn og Grunnvatn. Dette antyder at det stod laksunger i littoralsonen langs hele strandlinja, og det kan derfor være korrekt å regne med dette ved estimeringen. Imidlertid er det viktig å påpeke at Halvorsen et al. (1997) fikk få laksunger på sandbunn i Ånesvatn ved tilsvarende fiske i 1993. Det må dessuten understrekes at estimatene fra innsjøene er forbundet med usikkerhet fordi de er basert på fangbarhet for ørret, riktignok med de samme lengdene som laksungene hadde. Det er imidlertid langt fra gitt at laksunger har samme atferd som ørretunger. Dessuten kommer tidsrommet for garnfisket inn. I

Løyningsvatnet var ørretestimatene basert på fisket i juli måned (Bergum & Børresen 2001), dvs. på en tid med relativt lyse netter og lav fangbarhet av den grunn. Når fisket gjennomføres i september - oktober er det mørkere netter, og det kan gi økt fangbarhet, men lav temperatur i september-oktober kan på den annen side redusere fangbarheten fordi fisken blir mindre aktiv (Brabrand & Borgstrøm 2000). På tross av de mange usikkerhetene både for estimatene av presmolt på elvene og i innsjøene, velger vi likevel å tro at bestandstallene grovt sett gir størrelsesordenen av presmoltmengden i begge hovedhabitatene, og dermed for potensiell smoltproduksjon for vassdraget som helhet. Skulle vi ha fått sikrere estimater både fra elvene og innsjøene måtte vi for eksempel ha satt i gang merke-gjenfangst-forsøk for hver innsjø og hver elvestrekning, men med så mange lokaliteter og så lange elvestrekninger, samt størrelsen på innsjøene, ville dette vært en altfor stor arbeidsinnsats for en masteroppgave.

Det beregnede presmoltantallet i Roksdalsvassdraget på Andøya i Nordland viser at innsjøene er svært viktige for den totale produksjonen av smolt i dette vassdraget. Høyere individuell vekst i innsjøene enn på elvestrekningene kan bidra til lavere smoltalder og høyere smoltoverlevelse. Innsjøene bidrar derfor til høyere smoltproduksjon per egg sammenlignet med vassdrag uten innsjøer. Studiet avdekker også et kraftig avvik mellom feltbasert beregnet areal og areal beregnet ved bruk av GIS, det vil si at det arealet som tidligere er brukt for å estimere gytebestandsmålet, trolig er satt for høyt. Etter våre beregninger kan derfor gytebestandsmålet sannsynligvis reduseres fra 659 til 480 hunnlaks.

6. Referanser

- Bergum, K. & Børresen, T. E. (2001). Bestandsstørrelse, struktur og fangbarhet i en tett bestand av ørret (*Salmo trutta*); betydning for forvaltningen. Cand. agric.-oppgave i naturforvaltning. Institutt for Biologi og Naturforvaltning, NLH.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. & Saltveit, S. J. (1989). Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia*, 173 (1): 9-43. Hansen, L. P. 2000. Atlantisk laks. s. 38 – 49 I:
- Brabrand, Å. & Borgstrøm, R. (2000). Fisk i innsjøer. s. 66 – 71. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.). *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*. Landbruksforlaget, Oslo.
- Crozier, W. W. & Kennedy, G. J. A. (1999). Relationships between marine growth and marine survival of one sea winter Atlantic salmon, *Salmo salar* L., from the River Bush, Northern Ireland. *Fisheries Management and Ecology*, 6 (2): 89-96.
- Dahl, K. (1943). *Ørret og ørretvann Studier og forsøk*. Ny utgave. J. W. Cappelens Forlag, Oslo, 182 s.
- Dempson, J. B., Schwarz, C. J., Shears, M. & Furey, G. (2004). Comparative proximate body composition of Atlantic salmon with emphasis on parr from fluvial and lacustrine habitats. *Journal of Fish Biology*, 64 (5): 1257-1271.
- Dempson, J. B., O'Connell, M. F. & Shears, M. (1996). Relative production of Atlantic salmon from fluvial and lacustrine habitats estimated from analyses of scale characteristics. *Journal of Fish Biology*, 48 (3): 329-341.
- Einarsson, S. M., Mills, D. H. & Johannsson, V. (1990). Utilisation of fluvial and lacustrine habitat by anadromous Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in an Icelandic watershed. *Fisheries Research*, 10 (1-2): 53-71.
- Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Hansen, L. P. (1999). Estimering av produksjon av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS.- NINA oppdragsmelding 602. 10 s.
- Erkinaro, J., Shustov, Y. & Niemela, E. (1995). Enhanced growth and feeding rate in Atlantic salmon parr occupying a lacustrine habitat in the River Utsjoki, northern Scandinavia. *Journal of Fish Biology*, 47 (6): 1096-1098.
- Erkinaro, J. & Gibson, R. J. (1997). Interhabitat migration of juvenile Atlantic salmon in a Newfoundland river system, Canada. *Journal of Fish Biology*, 51 (2): 373-388.
- Erkinaro, J., Niemela, E., Saari, A., Shustov, V. & Jørgensen, L. (1998). Timing of habitat shift by Atlantic salmon parr from fluvial to lacustrine habitat: analysis of age distribution, growth, and scale characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (10): 2266-2273.

- Gibson, R. J. (1993). The Atlantic Salmon in fresh-water: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3 (1): 39-73.
- Gibson, R. J., Stansbury, D. E., Whalen, R. R. & Hillier, K. G. (1993). Relative habitat use, and inter-specific and intra-specific competition of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in some Newfoundland rivers. s. 53-59 I: Cutting, R. E. & Gibson, R. J. (red.) *Production of juvenile atlantic salmon, Salmo salar, in natural waters. Canadian special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 118*.
- Halvorsen, M. (1996). Lake use by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr and other salmonids in northern Norway. Dr. Scient. thesis. University of Tromsø.
- Halvorsen, M. & Jørgensen, L. (1996). Lake-use by juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and other salmonids in northern Norway. *Ecology of Freshwater Fish*, 5 (1): 28-36.
- Halvorsen, M., Jørgensen, L. & Amundsen, P. A. (1997). Habitat utilization of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), brown trout (*Salmo trutta* L.) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) in two lakes in northern Norway. *Ecology of Freshwater Fish*, 6 (2): 67-77.
- Halvorsen, M. & Svenning, M. A. (2000). Growth of Atlantic salmon parr in fluvial and lacustrine habitats. *Journal of Fish Biology*, 57 (1): 145-160.
- Hansen, L. P. 2000. Atlantisk laks. s. 38 – 49 I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.). *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*. Landbruksforlaget, Oslo.
- Hanssen, Ø., K. & Lamberg, A. (2011). Drivtelling av gytefisk i lakseførende vassdrag i Nordland i 2010. Rapport 2011-01. Fiskebiologen.- Rapport 2011:01. 27 s.
- Heggberget, T. G. & Hesthagen, T. 1979. Population estimates of young Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., by electrofishing in two small streams in North Norway. Report Institute of Freshwater Research Drottningholm 58: 27-33.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, P., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H., & Sættem, L. M. (2007). Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. – NINA rapport 226. 78 s.
- Hutchings, J. A. (1986). Lakeward Migrations by Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43 (4): 732-741.
- Hvidsten, N. A., & Møkkelgjerd, P. I. (1987) Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. *Journal of Fish Biology*, 30 (3): 273-280.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. (1998a). Long-term study of the ecology of wild Atlantic salmon smolts in a small Norwegian river. *Journal of Fish Biology*, 52 (3): 638-650.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. (1998b). The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67 (5): 751-762.

- 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): 1-59.
- Koksvik, J. I., Arnekleiv, J. V., Haug, A. & Jensen, J. W. (1990). Verneplan IV. Ferskvannsbiologiske undersøkelser og vurdering av 21 vassdrag i Nordland: Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet, Rapport Zoologisk Serie 1990-5. 98 s.
- Lamberg, A., Bjønbet, S., Gjertsen, V. & Øksenberg, S. (2011). Videoovervåkning av laks og sjøørret i Roksdalsvassdraget på Andøya 2010: Vilt- og fiskeinfo AS. Rapport 6. 32 s.
- Larsen, B., M. (red) 2007. Overvåking av elveperlemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Årsrapport 2005 – NINA rapport 309. 52 s.
- Lundqvist, H., Clarke, W. C. & Johansson, H. (1988). The influence of precocious sexual-maturation on survival to adulthood of river stocked Baltic Salmon, *Salmo salar*, smolts. *Holarctic Ecology*, 11 (1): 60-69.
- Matthews, M. A., Poole, W. R., Dillane, M. G. & Whelan, K. F. (1997). Juvenile recruitment and smolt output of brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from a lacustrine system in western Ireland. *Fisheries Research*, 31 (1-2): 19-37.
- Nilsen, I. B. (2009). Driftsplan 2009-2013 Roksdalsvassdraget Andøy Nordland. Roksdalsvassdragets fiskeradministrasjon. 57 s.
- O'Connell, M. F. & Ash, E. G. M. (1989). Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Smolt Production in a Newfoundland River System Characterized by Lacustrine Habitat. *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 74 (1): 73-82.
- O'Connell, M. F. & Ash, E. G. M. (1993). Smolt size in relation to age at first maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the role of lacustrine habitat. *Journal of Fish Biology*, 42 (4): 551-569.
- Pepper, V. A., Oliver, N. P. & Blundon, R. (1985). Juvenile Anadromous Atlantic Salmon of Three Lakes of Newfoundland. *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 70 (5): 733-753.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada 191: 1-328.
- Rosseland, L. (1968). Laks. s. 825-846 I: Jensen, K. W. (red.), Sportsfiskerens leksikon. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo.
- 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. 43 s.
- Skilbrei, O. (2004). Negative virkninger av lakselus på laks i havet. Havbruksrapport 47. Havforskningsinstituttet. 5 s.

Tesch, F. W. (1971). Age and growth. I: W. E. Ricker (red.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP handbook no 3*, International Biological Programme, 2. utgave, s. 98-130.

Ugedal, O., Larsen, B. M., Forseth, T. & Jørgensen, B. O. (2006) Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygging. NINA rapport 146, 45 s.

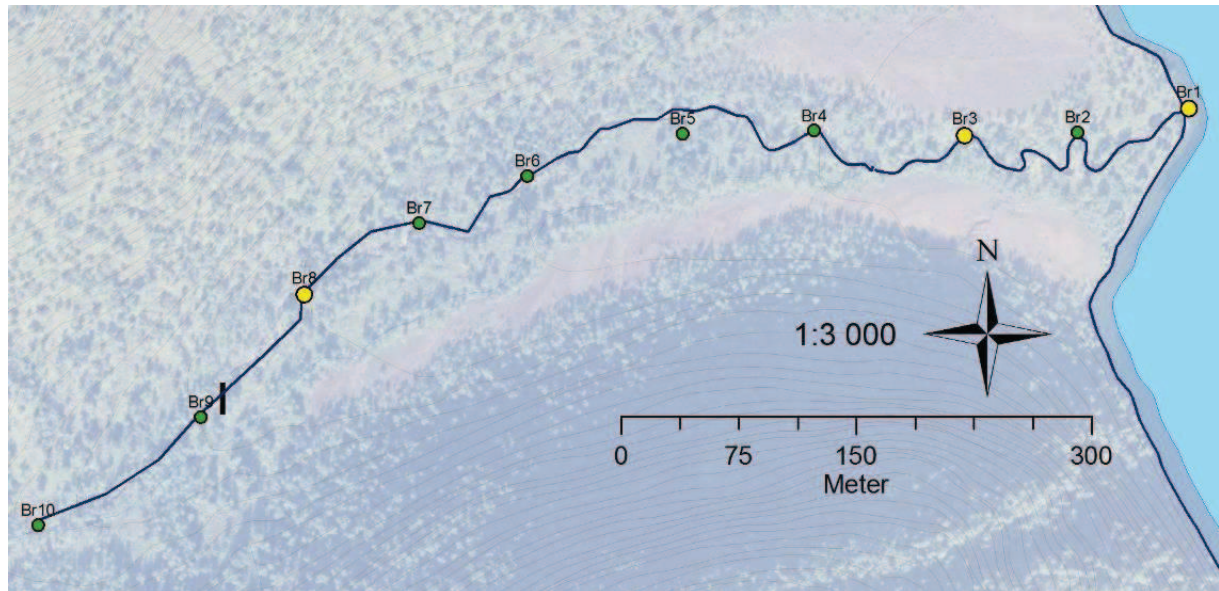
Zippin, C. (1958). The Removal Method of Population Estimation. *The Journal of Wildlife Management*, 22 (1): 82-90.

Internettadresser:

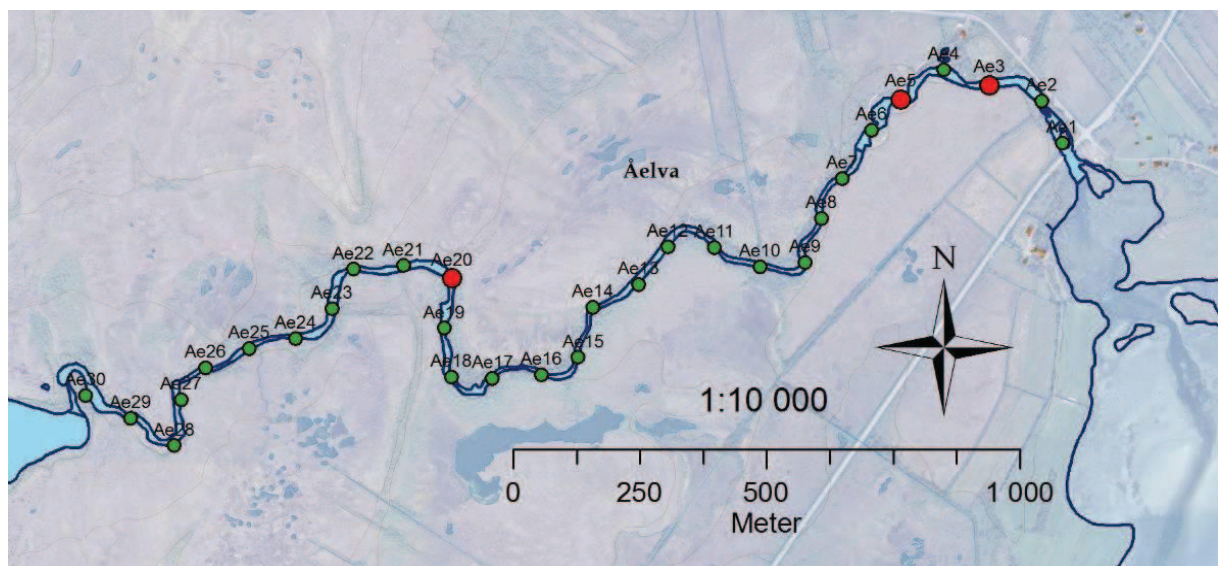
Norges vassdrags- og energidirektorat. (2011). Vann-nett saksbehandler. Tilgjengelig fra:
<http://vann-nett.nve.no/saksbehandler/> lest: 12.02.2011

Statistisk sentralbyrå. (2011). Statistikkbanken. Tilgjengelig fra:
http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=elvefiske lest: 03.03.2011

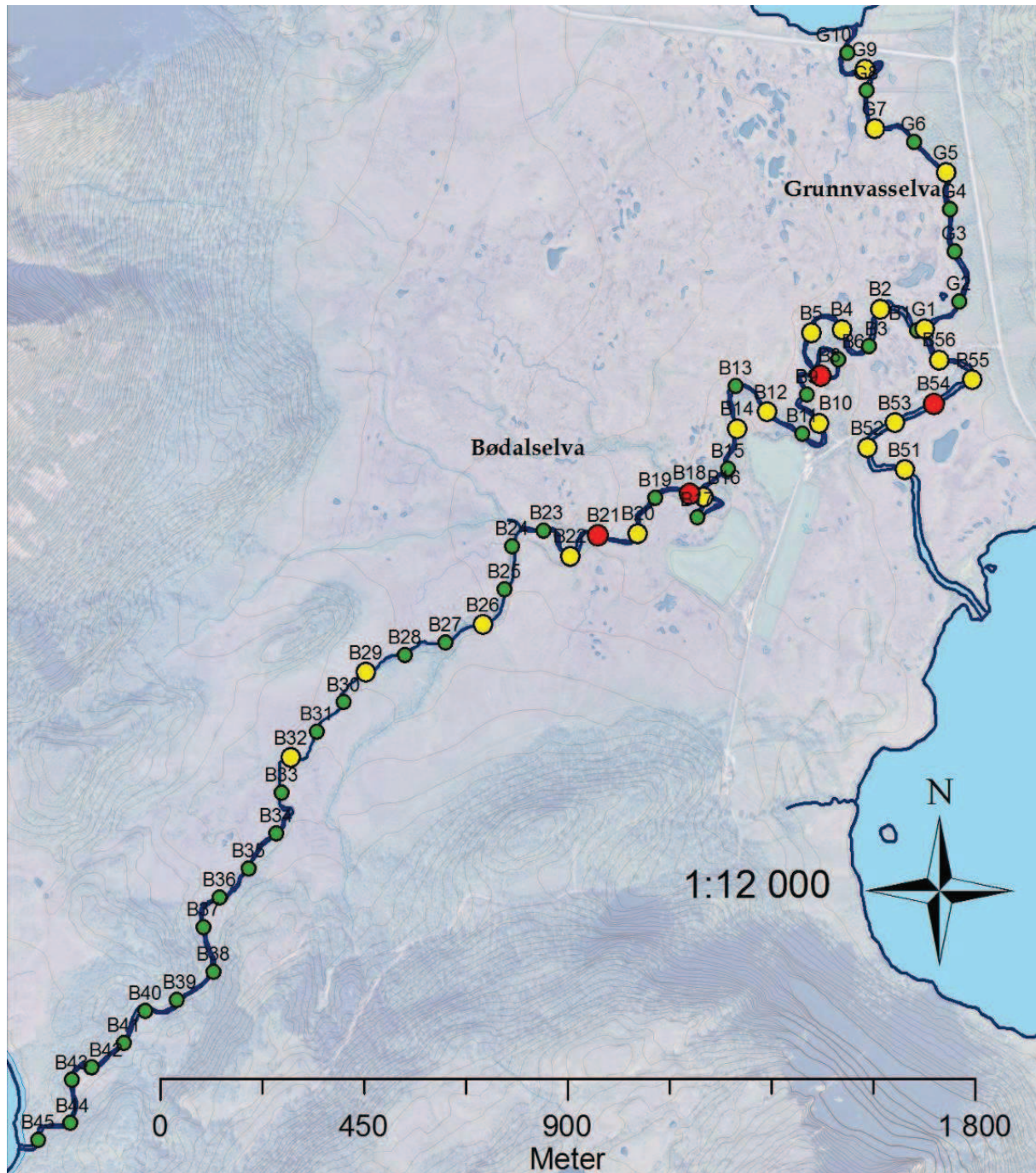
Vedlegg 1-6



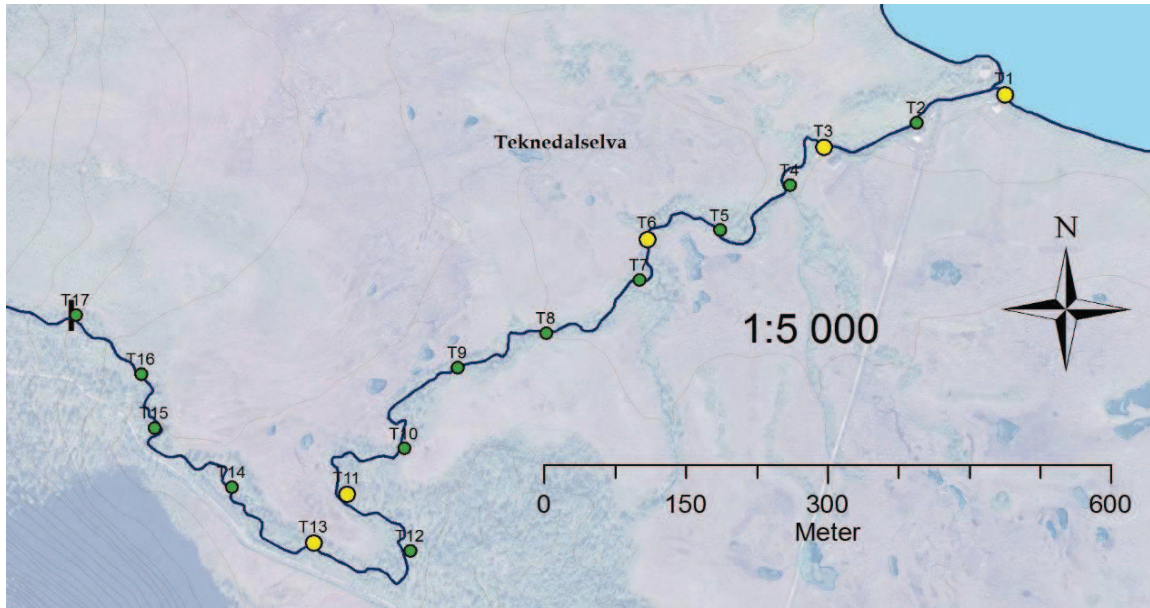
Vedlegg 1. Oversiktskart over Brekkelva, med punkter for bonitering (grønn) og én gangs elektrofiske (gul). Vandringshinder merket med svart strek.



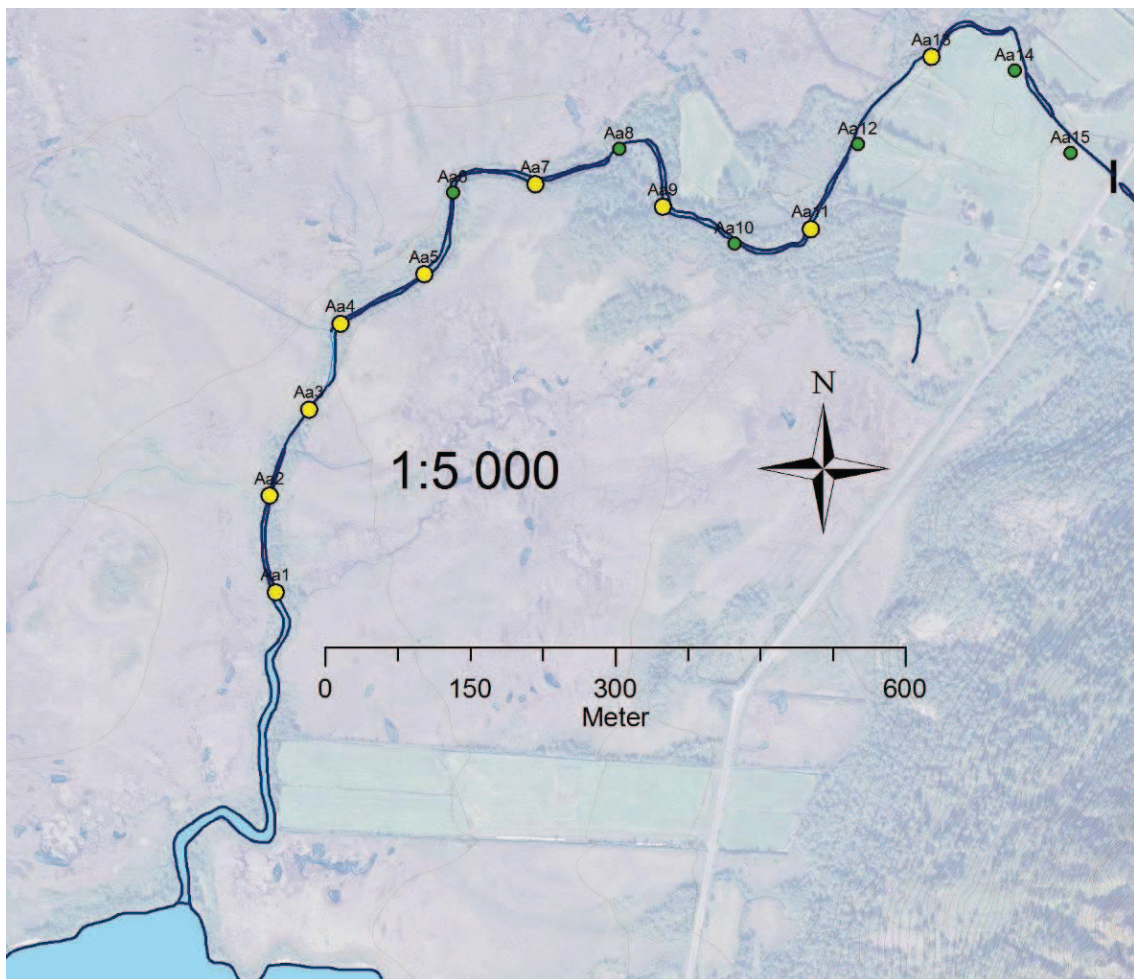
Vedlegg 2. Oversiktskart over Åelva med punkter for bonitering (grønn) og tre gangs utfisking (rød).



Vedlegg 3. Oversiktskart over Bødalselva og Grunnvasselva med punkter for bonitering, én gangs fiske (gul), og tre gangers utfisking med elektrofiskeapparat (rød).



Vedlegg 4. Oversiktskart over Teknedalselva med punkter for bonitering (grønn) og én gangs elektrofisking (gul). Vandringshinder merket med sort strek.



Vedlegg 5. Oversiktskart over Åbersjordelva med punkter for bonitering (grønn) og én gangs elektrofiske (gul). Det nederste strekket av elva var for dyp både for elektrofisking og for bonitering. Vandringshinder merket med sort strek.

Vedlegg 6. Beregnede tettheter av laksunger ($\geq 1+$) og presmolt ($\geq 2+$) i elvene og innsjøene i Roksdalsvassdraget.

Lokalitet	Areal	Estimert antall laksunger ($\geq 1+$)	Tetthet laksunger ($\geq 1+$) per 100 m²	Estimert antall presmolt ($\geq 2+$)	Presmolt per 100m²
Bødalselva	22706	6072	26,7	1673	7,4
Åbergsjordelva	3868	777	20,1	323	8,4
Grunnvasselva	4770	183	3,8	92	1,9
Brekkelva	1647	791	48,0	396	24,0
Teknedalselva	3660	614	16,8	368	10,1
Åelva	40033	23423	58,5	4206	10,5
Gjennomsnitt			29,0		10,4
Ånesvatn	101000	7352	7,3	4674	4,6
Grunnvatn	38500	2816	7,3	1795	4,7
Bødalsvatn	32500	1378	4,2	1097	3,4
Gjennomsnitt			6,0		4,2