

**Gjeddas betydning som
predator på laksesmolt:
Populasjonsstørrelse, adferd og
predasjonsomfang på laksesmolt i
Storelva, Aust-Agder**



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Gjeddas betydning som predator på laksesmolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksesmolt i Storelva, Aust-Agder.	Løpenr. (for bestilling) 6085-2010	Dato 16.12.2010
	Prosjektnr. Undemr. 29446 3	Sider Pris 31
Forfatter(e) Torstein Kristensen, Atle Rustadbakken, Frode Kroglund, Jim Güttrup (SNO), Åsmund Johansen, Kate Hawley, Carolyn Rosten, Arne Jørgen Kjørnes.	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse 05040029-6
--	---------------------------------

Sammendrag For å kunne kvantifisere effekten av gjedde som en introdusert predator på den sårbare laksebestanden i Storelva, Aust-Agder, ble det i sesongen 2010 (april til juni) gjennomført undersøkelser av populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsrater på laksesmolt på gjeddebestanden i Lundevatnet. Sammen med data om vandringstidspunkt, antall og overlevelse for laksesmolt fremskaffet i andre deler av prosjektet, utgjorde disse undersøkelsene et grunnlag for å vurdere gjeddass betydning for laksebestanden. Basert på adferdsdata på gjedde og laks, samt estimerte predasjonsrater, kan man slå fast at gjedda spiller en stor rolle for lakspopulasjonens størrelse gjennom predasjon på laksesmolt, og muligens også gjennom en tidsforsinkelse av utvandringen. Gjeddass synes å foretrekke smolt av laksefisk framfor andre byttefisk i perioden, og den estimerte populasjonen har kapasitet til å ha en betydelig effekt på laksebestanden.
--

Fire norske emneord 1. Gjedde 2. Atlantisk laks 3. Populasjonsestimat 4. Adferd	Fire engelske emneord 1. Pike 2. Atlantic salmon 3. Population estimate 4. Behaviour
---	--



Frode Kroglund
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle Monsen
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Gjeddas betydning som predator på laksesmolt:

Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksesmolt i Storelva, Aust-Agder.


Forord

Den pågående forskningsaktiviteten på laksefisk i Storelva, Aust-Agder, i regi av NIVA og samarbeidende forskningsinstitusjoner har gjennom flere år generert mye kunnskap om smoltens vandringer og faktorer som påvirker denne. Som en delaktivitet av, og med store synergieffekter mot, pågående aktiviteter på dette feltet fikk vi i 2010 også anledning til å jobbe med gjedde. Gjeddas betydning som predator på utvandrende laksesmolt var uavklart, men utenlandske studier peker i retning av en betydelig predasjonsrate. Storelva-Lundevatn systemet utgjør i kraft av sin størrelse et ypperlig egnet studieområde for å se på effekter av en introdusert predator. Vi er takknemlige for finansieringen fra Direktoratet for Naturforvaltning som muliggjorde dette arbeidet.

Samarbeid med lokale krefter, spesielt rundt rapportering og innsamling av materiale fra gjedde fanget under den årlige gjeddefestivalen, har vært sentralt for å lykkes. Vi vil derfor takke alle deltakere som bidro til å skaffe oss et godt datagrunnlag, og spesielt ”gjeddegeneral” Yngvar Tveite for et fruktbart samarbeid.

Foruten medforfatterne takkes Henning A. Urke og Thron O. Haugen (NIVA) for hjelp med hhv. Temperatur- og lysmålinger og faglig kvalitetssikring av rapporten.

Bodø, 16.12.2010


Torstein Kristensen

Torstein Kristensen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metode	8
2.1 Studieområde	8
2.2 Miljøforhold	8
2.3 Fiskemateriale	8
2.3.1 Innsamling	8
2.3.2 Merking - gjenfangst	9
2.3.3 Fiskeadferd	9
2.3.4 Laksesmoltens vandring gjennom Lundevatnet	11
2.3.5 Analyser	11
3. Resultater	12
3.1 Miljøforhold	12
3.1.1 Temperatur	12
3.1.2 Lysintensitet	12
3.2 Individdata ved merking og gjenfangst	13
3.3 Populasjonsestimat	16
3.4 Gjeddass diett og predasjon på smolt	16
3.5 Adferd hos gjedde	17
3.5.1 Lokalisering i Lundevatnet	17
3.5.2 Oppholdsdyb	19
3.5.3 Døgnvandring	20
3.5.4 Laksesmoltens vandring i Lundevatnet	21
4. Diskusjon	24
4.1 Gjeddass populasjonsstørrelse	24
4.2 Gjeddass diett og predasjon på smolt	24
4.3 Laksesmoltens overlevelse og vandringshastighet	24
4.4 Gjeddass adferd i Lundevatnet	25
4.5 Oppsummering	25
4.6 Mulige tiltak	26
5. Referanser	27
Vedlegg A.	29
Vedlegg B.	30
Vedlegg C.	31

Sammendrag

Fangsten av laks i Storelva har vært lavere enn forventet i flere tiår. Dette ble opprinnelig tilskrevet forsurening. Imidlertid har ikke kalkingen, som ble igangsatt i 1996, gitt forventet økning i fangst av laks. All utvandrende laksesmolt i Storelva må gjennom Lundevatnet på vei til havet. I nedre deler av elva og i Lundevatnet antas gjeddebestanden å ha en negativ effekt gjennom predasjon på utvandrende laksesmolt. For å bedre kunne kvantifisere gjeddens betydning for laksebestanden, ble det i sesongen 2010 (april til juni) gjennomført en merke-gjenfangst studie for å estimere den totale gjeddebestanden i Lundevatnet, og en atferdstudie der det ble benyttet akustisk telemetri for å beskrive gjeddens bevegelser gjennom perioden. I tillegg ble det gjort mageanalyser av all gjedde fanget av fritidsfiskere under den årlige gjeddefestivalen (22.-23. mai) for å kunne estimere predasjonsraten på laksesmolt på dette tidspunktet. Sammen med data på vandringstidspunkt, antall og overlevelse for laksesmolt fremskaffet i andre deler av prosjektet utgjorde disse undersøkelsene et grunnlag for å vurdere effekten av en introdusert predator på en sårbar laksebestand.

Merke-gjenfangststudiet ga et estimat (Petersen-estimat) på 302 ($\pm 148-456$, 95 % CI) individer over 30 cm.. Dette tilsvarer en tetthet av gjedde i Lundevatnet på 8 individer pr hektar. Adferdsmønsteret til gjedde ($n=16$) merket med akustisk dybde- og temperatursensor var svært individuelt. Gjedda syntes å være stasjonær i vannet, og kun et fåtall ble registrert på både innløps- og utløpsosen. Alle individer tilbrakte tid i de øverste 2 meterne av vannsøylen, der sannsynligheten for å kunne predatere på smolt er høyest. En del individer trakk ned til dypere vann utover i perioden, noen helt ned til bunnen av innsjøen (20 m). En markant unnvikelse av de øverste 0,5-1 m ble observert på dagtid, mens de grunneste områdene ble mye benyttet på nattetid.

Analyser av mageinnhold fra gjedde fanget under den årlige gjeddefestivalen 22. og 23. mai viste at smolt av laksefisk var vanligste bytte, og utgjorde 80 % av mageinnholdet hos gjedder som hadde rester av byttedyr i magen. Basert på all fanget gjedde var gjennomsnittlig antall smolt i magen $0,8 \pm 1,0$ (SD) pr gjedde, mens gjedde som hadde spist smolt hadde $1,6 \pm 1,0$ smolt i magen i gjennomsnitt. Basert på funn av PIT-merker fra laks og ørret i gjeddemager, var andelen ørret i dietten noe større enn andelen ørret i utvandringpopulasjonen. Laksesmolt viste en svært variabel, men gjennomgående langsom, vandring gjennom Lundevatnet.

Av de PIT-merkede laksesmoltene som ble sluppet gjennom Lundevatnet, ble kun 49 % registrert ved utløpet. Med en fangst/registrerings effektivitet i utløpet på > 80 % kan en da anslå at mellom 30-50 % av bestanden dør på denne strekningen. Selv om predasjon fra gjedde ikke er eneste mulige årsak, er sannsynligheten stor for at dette er hovedårsaken til den høye dødeligheten. Basert på populasjonsestimatet, mageinnhold 22.-23. mai, og antatt fordøyelsestid for smolt på 48 timer, lå totalanslaget av spist smolt på rundt 1200.

Laksesmolt vandret gjennom Lundevatnet med variabel, men gjennomgående lav hastighet. Gjennom å i hovedsak bruke mer enn ett døgn på denne strekningen, vil laksesmolten kunne være utsatt for et høyt predasjonstrykk på tross av den relativt korte vandringsavstanden (ca. 2 km). Ved utløpet ble det registrert en markant døgnvariasjon i utvandringstidspunkt, med lite utvandring i perioder rundt soloppgang og solnedgang. Dette kan være en adferdsrespons mot predasjon.

Basert på adferdsdata på gjedde og laks, samt estimerte predasjonsrater, kan vi slå fast at gjedda spiller en stor rolle for laksepopulasjonens størrelse gjennom predasjon på laksesmolt, og muligens også en tidsforsinkelse av utvandringen. Gjedda synes å foretrekke smolt av laksefisk framfor andre byttedyr i perioden, og den estimerte populasjonen har kapasitet til å ha en betydelig effekt på laksebestanden.

Summary

Title: Pike predation on Atlantic salmon smolts: Population size, behaviour and magnitude of predation on salmon smolt in River Storelva, Southern Norway.

Year: 2010

Authors: Torstein Kristensen, Atle Rustadbakken, Frode Kroglund, Jim Güttrup (SNO), Åsmund Johansen, Kate Hawley, Carolyn Rosten, Arne Jørgen Kjøsnes.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5820-2

Atlantic salmon (*Salmo salar*) catches in River Storelva, Southern Norway, are continually recorded as being lower than the numbers anticipated. While the original cause for population decline was ascribed to acidification. Liming, initiated in 1996, has not resulted in the expected improvement in catch numbers. All migrating salmonid smolts (*S. salar* and *S. trutta*) must pass through Lake Lundeavatn in the lower reaches of the river before entering the estuary. In this lake, introduced pike (*Esox lucius*) may negatively impact on the salmon population through predation on smolt. In an effort to better describe and hopefully quantify this interaction, a mark-recapture study and a behavioural study, using acoustic telemetry was conducted during April-June 2010. Analysis of the pike stomach contents caught by recreational fishermen during the annual pike festival (May 22-23) was also conducted. These data, in combination with survival estimates from PIT tagged smolt, released upstream of the lake and the migration speed of these smolts through the lake, the effects of predation by introduced pike on a vulnerable salmon population could be studied.

The mark-recapture study gave a Lake Lundeavatn pike population estimate (Peterson-estimate) of 302 ($\pm 148-456$, 95% CI) individuals > 30 cm, corresponding to a density of 8 individuals per hectare. The behavioural pattern of pike tagged with acoustic tags showed a high degree of individual variation. The majority of pike remained within the study area, with few individuals being registered at either the inlet or outlet areas. All pike occupied the surface 2 meters of the lake for prolonged periods, where predation of smolt is most probable. Several individuals moved to deeper waters in late May, and some stayed relatively stationary in the deepest areas of the lake (20 meters). A marked avoidance of the surface 0.5-1 meter during daylight was observed, while this area was used during the hours of darkness.

Stomach content analysis of pike caught during the pike festival, revealed that salmonid smolt were the dominant prey (80%). Based on all fish caught, the mean number of smolts consumed was 0.8 ± 1.0 (SD). When only considering pike that had fish in the stomach, the mean number of smolts increased to 1.6 ± 1.0 . Based on PIT tags recovered from pike stomachs, trout smolt were more numerous prey relative to salmon.

Recorded migration speed of PIT tagged salmon smolt through Lake Lundeavatn was highly variable. Of the total PIT tagged salmon smolts released upstream of the lake, 49% of smolts released were also recorded downstream. A fish detection efficiency of $>80\%$ was estimated from the downstream PIT loop and rotary screw smolt trap combined. Therefore, the mortality of salmon smolt in Lake Lundeavatn was estimated to be between 30-50%, with pike predation as a major contribution to this mortality. Using a salmon population estimate, pike stomach content analysis and an estimated pike digestibility rate of 48 hours per smolt meal, the total pike predation during the study period, is estimated to be totally 1,200 salmon smolt.

These results demonstrate that pike predation is negatively impacting the salmon population of Lundeavann, with salmonid smolt as the preferred prey item for pike during the key period of smolt migration.

1. Innledning

I følge den norske svartelista (Gederaas et al., 2007) som gir informasjon og statusbeskrivelse for introduserte og uønskede arter i Norge, er gjedda (*Esox lucius* L.) en stedegen art i Norge, som har blitt spredd til nye lokaliteter i lengre tid. Gjeddene som art anses i svartelista å være av høy risiko da arten ved introduksjon bl.a. kan ha negative effekter på stedegent biologisk mangfold og være potensiell vektor for parasitter og sykdommer som kan være skadelig for stedegent biologisk mangfold. Gjeddene fantes naturlig på Østlandet og i Øst-Finnmark, samt i to grensesjøer i Nord-Trøndelag som drenerer til Ångermanelven i Sverige. Den er spredd aktivt helt siden 1600-tallet, tidligere som matfisk, senere som sportsfiskeobjekt. Det har også hendt den ble satt ut som skadeverk, for å ødelegge annen manns fiskevatn. Gjeddene finnes nå i alle norske fylker, unntatt Sogn og Fjordane og Nordland. Gjeddene er en svært effektiv rovfisk i strandsona. Dersom den får gode gytevilkår der den blir introdusert (oversvømt grasmark eller buskas om våren), vil den kunne oppnå tette forekomster.

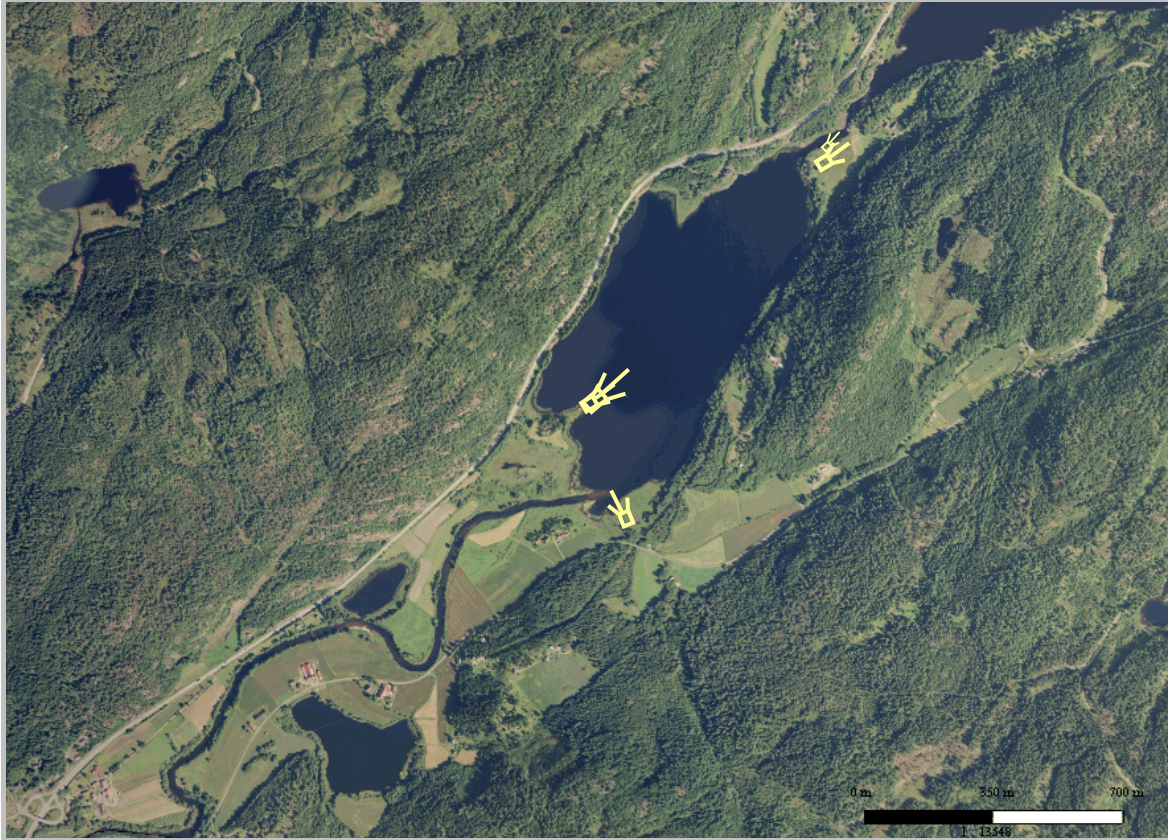
Predasjon på utvandrende smolt av Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) i elv og estuarie er i noen områder høy, og er rapportert å være en populasjonsregulerende faktor for baltisk laks (Larsson, 1985). Gjeddene kan være en svært effektiv predator på utvandrende smolt av laksefisk, og er rapportert å kunne forårsake 30-50% reduksjon i utvandringpopulasjonen (Jepsen et al., 1998; Kekäläinen et al., 2008). Som introdusert art kan derfor gjeddene forårsake en kraftig reduksjon i det høstbare overskuddet av en laksebestand, og medføre at vassdragets gytebestandsmål ikke oppnås.

Gjeddene ble innført til Lundevatnet i nedre del av Storelva (Vegårvassdraget) i Aust-Agder så tidlig som 1799 (Huitfeldt-Kaas, 1918, referert i Hesthagen og Østborg, 2002). Fangst av laks i Storelva har vært lavere enn forventet i flere tiår (Kroglund m.fl., 2007). Fangststatistikken for Storelva vurderes som mangelfull. Laks i Storelva blir her karakterisert til å være god og tung og at det relativt ofte tas fisk på opptil 20 kg. Lav fangst årene fra 1930-tallet tilskrives forurensinger fra Nes verk og Fosstveit tresliperi, og ikke forsuring. Forsuring var vurdert som en viktig årsak til tilbakegangen utover 1980-tallet, men kalkingen igangsatt i 1996 har ikke gitt forventet økning i fangst av laks. Dette er uventet og gjør utviklingen i Storelva forskjellig fra andre kalka elver på Sørlandet. Siden 2003 er det gjennomført undersøkelsesprogrammer for å søke å kartlegge årsakssammenhenger og forklaringsmodeller for de lave fangstene. Selv om gjeddens tilstedeværelse i systemet går langt tilbake i tid, og som sådan ikke kan regnes som en utløsende årsak til bestandsnedgangen, kan likevel predasjon på en allerede svekket laksebestand ha betydning for det observerte fraværet av bestandsforbedring etter tiltak. All utvandrende laksesmolt i Storelva må gjennom Lundevatnet på vei ut i havet. I nedre deler av elva og i Lundevatnet antas gjeddebestanden å ha en negativ effekt gjennom predasjon på utvandrende smolt. Estimer basert på analyser av mageinnhold fra gjeddene fanget 9.-10. mai 2009 (n=31) viste at smolt av laksefisk var den vanligst forekommende byttefisk, og at midlere forekomst av smolt var på $4,3 \pm 2,5$ individ basert på gjeddene med smolt i magen, eller $2,6 \pm 2,9$ individ basert på hele materialet (Kroglund m.fl., 2010a). For å bedre kunne kvantifisere gjeddens betydning for laksebestanden, ble det i sesongen 2010 (april til juni) gjennomført en merke-gjenfangst studie for å estimere den totale gjeddebestanden i Lundevatnet, og en atferdstudie der det ble benyttet akustisk telemetri for å beskrive gjeddens bevegelser gjennom perioden. I tillegg ble mageanalyser av all gjeddene fanget av fritidsfiskere under den årlige gjeddefestivalen (22.-23. mai 2010) gjennomført for å kunne estimere predasjonsraten på laksesmolt av gjeddene på dette tidspunktet.

Sammen med data på vandringstidspunkt, antall og overlevelse for laksesmolt fremskaffet i andre deler av prosjektet ved bruk av PIT (Passive Integrated Transponder) merker på smolt og registrering av disse i antennesystemer i vassdraget (Kroglund m.fl., 2010b), utgjorde disse undersøkelsene et grunnlag for å vurdere effekten av en introdusert predator på en sårbar laksebestand. Mens innfangning og transport av smolt forbi de nedre deler av vassdraget som har gjeddene ble gjennomført som tiltak for å bedre overlevelse i 2010, er også andre mulige tiltak diskutert.

2. Materiale og metode

2.1 Studieområde



Figur 1. Flyfoto over studieområdet (Kilde: GisLink.no). Storelva løper inn i Lundevatnet fra sørvest. Utløp ligger i nordøst til brakkvannsområdet Songevannet. Plassering av storruser for fangst av gjedde våren 2009 avmerket med gule symboler.

2.2 Miljøforhold

For å kunne beskrive gjeddens adferd ut i fra de viktigste miljøvariablene, ble loggere (HOBO ©, UA-002-64, <http://www.onsetcomp.com>) for temperatur og lys (Lux) plassert ut på hhv. 1, 3 og 7 meters dyp midt i vannet. Loggerne registrerte temperatur og lysforhold hvert 5 minutt gjennom forsøksperioden. Data på vannføring og vannkjemiske variable er gjengitt i Kroglund m.fl. (2010b).

2.3 Fiskemateriale

2.3.1 Innsamling

Innsamling av fisk til studiene ble gjennomført i perioden 15.-29. april. Hovedsakelig ble fisk fanget med 3 storruser (hhv. 3 og 4 m høyde) som stod ute i hele perioden. Rusene ble jevnlig tømt og fanget gjedde ble merket fortløpende. To ruser ble utplassert; en på gruntområder ved innløpsosen og en ved utløpet. I tillegg ble garnfangst på gyteområdene til gjedda benyttet i starten av perioden for å sikre nok fisk til telemetristudiet. Garn ble da brukt for å sperre av gruntområder, og gjedda ble jaget inn i disse ved vading og plasking i vannet. Garnfanget gjedde ble umiddelbart og skånsomt tatt ut av garnet (Fig. 2) og oppbevart i tildekkede stamper med regelmessig tilførsel av friskt vann fram til merking samme dag. Rådata på fangst og merking er gjengitt i vedlegg A.



Figur 2. Innfangning av gjedde med storruse (t.v) og garn (t.h). Foto: F. Kroglund/NIVA.

2.3.2 Merking - gjenfangst

All ruse- og garnfanget fisk i fangstperioden ble individmerket med utvendige Floy-merker. Dette er et godt synlig merke med nummerering festet med et T-formet plastanker mellom finnebeina rett under ryggfinnen (fig. 3). Lengde (total lengde) ble målt på all merket fisk, og vekt på et utvalg av merket fisk. Totalt antall merkede fisk, og gjenfangster av disse er gjengitt i vedlegg A.



Figur 3. Utvendig merking av gjedde med Floy-merke (t.v.), og Innoperering av akustisk telemetrimerke i gjedde (t.h), Foto: F. Kroglund/NIVA.

Gjenfangst ble registrert under den årlige gjeddefestivalen som i 2010 ble gjennomført 22.-23. mai. Gjennom samarbeid med arrangør og deltakere på festivalen, ble individdata, inkludert lengde, vekt, og merkeinformasjon innsamlet på all fisk. Mageprøver ble samlet inn fra all fanget fisk for å kunne registrere predasjon på laksesmolt og annen byttefisk. Gjellelokk ble samlet inn for aldersbestemmelse.

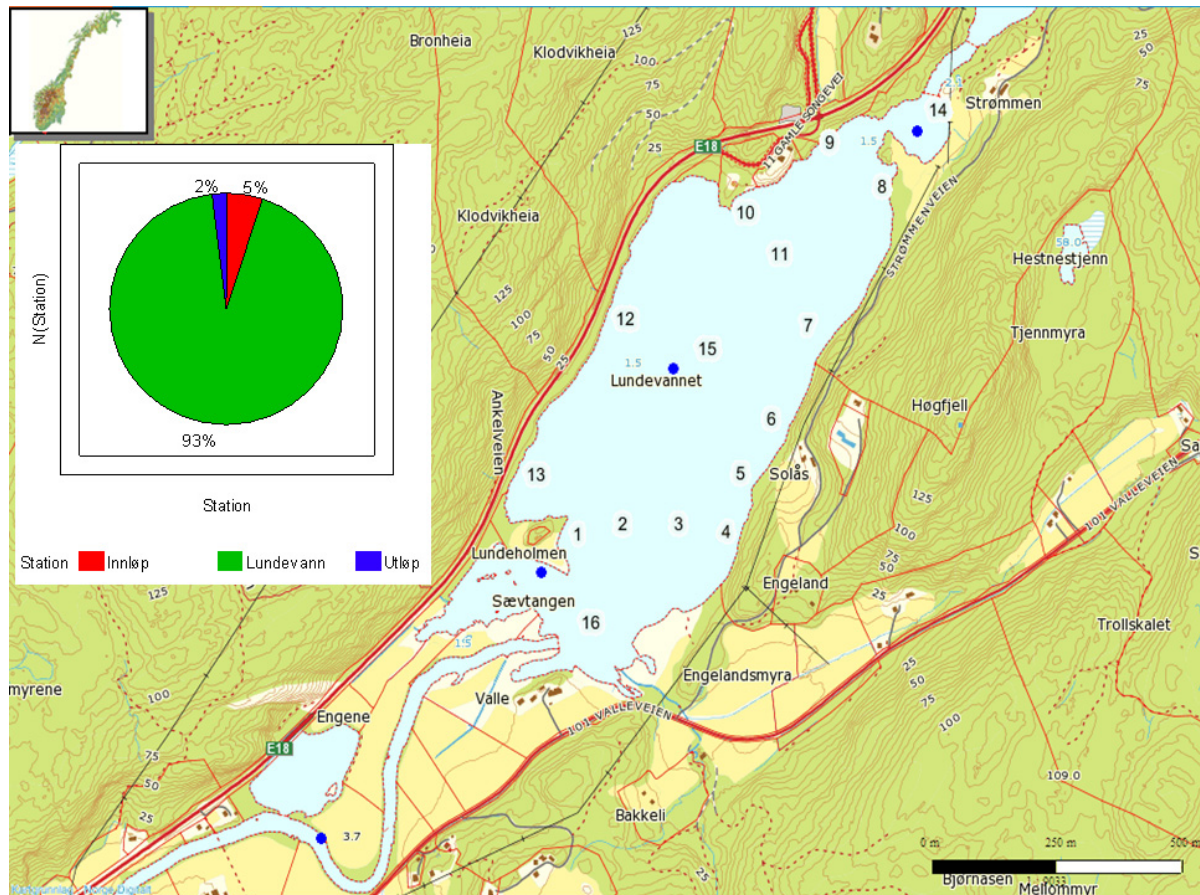
2.3.3 Fiskeadferd

For bedre å kunne vurdere gjeddass betydning som predator på utvandrende smolt, ble det gjennomført en adferdsstudie på gjedde. Samtidig var informasjon om laksesmoltens adferd i Lundevatn-systemet tilgjengelig gjennom parallelle studier rapportert i Kroglund m.fl. (2010b). Gjennom å se disse studiene i sammenheng, var målet å få en bedre forståelse for gjeddass påvirkning på laksesmoltens overlevelse og adferd.

Fiskeadferd blir i økende grad studert ved hjelp telemetri, der implanterte aktive merker (sendere) gir detaljert informasjon om individuell adferd. Akustisk telemetri-teknologi ble valgt i dette studiet, da både tilgjengelighet av merker med de etterspurte målevariablene og egnet mottakerutstyr

fantas. Det er utviklet merketypen som bl.a. registrerer dyp og temperatur for å øke informasjonsfangsten fra hver fisk. Data sendes ut som kodede binære signaler som fanges opp når en fisk er innenfor rekkevidden til en eller flere mottakere. Teknologien er derfor svært godt egnet til å fremskaffe den nødvendige informasjon om fiskens adferd.

Til dette studiet ble merker fra THELMA BIOTEL (ADTT-13: 69 kHz, 13 mm diameter, 42 mm, lengde, 6,9 g vekt i vann (<http://www.thelmabiotel.com>)) med dybde- og temperaturmålinger benyttet. Dybdeinformasjon ble vurdert som viktigere enn temperaturinformasjon. Kodet signal for dybde med oppløsning på 10 cm, ble derfor sendt på randomiserte tidspunkt hvert 120/200 sekund. Kodet signal for temperatur med oppløsning på 0,1 grader, ble sendt hvert 5. minutt for å unngå for mange signalkollisjoner som kunne medføre tap av data. Gjennom utplassering av 4 stk VEMCO lyttebøyer (VR2 W (<http://www.vemco.com>)) i Lundevatnet og nedre del av Storelva, kunne individuelle signaler og data fra 16 gjedder samles inn ved hjelp av en ID kode gjennom store deler av studieperioden. Plassering og relativ datafangst fra disse er vist i figur 4.



Figur 4. Kart over studieområdet med plassering (blå punkter) av lyttebøyer i elva oppstrøms Lundevatnet, samt i innløp, utløp og midt i vannet. Ingen av de merkede fiskene ble registrert i elva oppstrøms vannet. Innløps- og utløpsbøylene var plassert på grunt vann, mens bøya midt i vannet var forankret på 20 m, som er vannets maksimaldybde. Selve lyttebøya ble plassert 1m nedenfor blåsefestet. Kakediagrammet viser andel registreringer på hver av de ulike lyttebøylene som prosent av totalt antall registreringer (ca 200 000 i perioden 16. april til 26. juni).

Adferdsforsøket ble startet med utplassering av mottakere, fangst og plassering av senderenheter i fisk 15. april. Mottakere ble samlet inn og tappet for data den 26. juni. Denne perioden dekket hele den relevante perioden for smoltutvandring.

Den kirurgiske protokollen for implantering av akustiske telemetrimarker var godkjent av Forsøksrutvalget (id 2461). Generelle retningslinjer beskrevet av Mulcahy (2003) og Cooke et al. (2004) ble fulgt. Alt kirurgisk utstyr ble sterilisert før bruk, og forhåndsregler for å kunne jobbe aseptisk ble tatt. En veldokumentert protokoll for anestesi og analgesi ble benyttet (Kiessling et al., 1995; 2003). Fisk ble enkeltvis overført til en sedasjonstank (120 l) med en pre-anestesidose metomidat i minimum 5 minutter. Deretter ble fisk overført til anestesitank med omlag 60 mg L⁻¹ Metacain (MS 222, tricain metan sulfonat) (Kreiberg and Powell, 1991, Olsen et al., 1995). Mangel på respons ved klyping i haleroten ble vurdert som kriterium for full anestesi (2-4 minutter etter overføring). Total lengde og vekt ble registrert, og fisken ble deretter overført til et tilpasset operasjonsbord og plassert på ryggen med kontinuerlig gjelleventilasjon med lavere anestesidose (omlag 30 mg L⁻¹ Metacain). Under inngrepet ble fiskens hode dekket med en fuktig klut. Lokalbedøvelse (Lidokain, 0,2 ml) ble administrert i snittområdet, som var plassert langs midtlinjen på buken bak enden av brystfinnene. Et snitt på ca 15 mm ble foretatt med skalpell, og merket ble plassert i bukhulen. Snittet ble deretter lukket med 2-3 sting (monofilament, Resolon, 3/0 usp, ett lag, avbrutt mønster), før snittflaten ble forseglet med vevslim (Histoacryl). Totaltid for inngrepet var 1-1,5 minutter pr fisk. Fisk ble umiddelbart etter kirurgi overført til oppvåkingskar med friskt vann, og oppvåkingsprosessen ble fulgt opp med aktiv stimulering av fisken. All fisk hadde gjenvunnet regelmessig ventilasjonsmønster og balanse etter 2-4 minutter. Fisk ble gjenutsatt på fangststedet (innløp eller utløp) maksimalt 3 timer etter inngrepet.

2.3.4 Laksesmoltens vandring gjennom Lundevatnet

Et større antall laksesmolt ble merket med PIT merker sesongen 2010, og ved å benytte data fra stasjon Butjønnå som var plassert like oppstrøms lyttebøye i elva, og stasjon 1814 nedstrøms Lundevatnet (**Figur 4**), kunne estimerer for daglig antall smolt tilstede i vannet, frekvens av overlevende fisk (registrert nedstrøms Lundevatnet), vandringshastighet gjennom Lundevatnet (tidsdifferanse mellom oppstrøms og nedstrøms registreringer) beregnes. Ved å benytte dette datasettet, og sammenstille dette med adferdsdata på gjedda i Lundevatnet, var målet å oppnå en større forståelse for gjeddas betydning for laksesmoltens overlevelse og adferd.

2.3.5 Analyser

Et av målene i dette prosjektet er å fremskaffe et estimat (N_{est}) på den totale bestandsstørrelsen (N) til gjedda i Lundevatnet. Den mest benyttede metoden for dette er Petersen-estimatet (Ricker 1958) som går ut på fangst og merking av en del individer (M) ved et tidspunkt. Etter at disse har fått tid til å blande seg med sine artsfrender, gjøres en ny fangst (C). Ut fra andel merkede individer (R) i den siste fangsten, kan man beregne et estimat (N_{est}) på den totale bestanden (N) fra formelen:

$$N_{est} = MC/R$$

Forutsetninger for Petersen-estimatet:

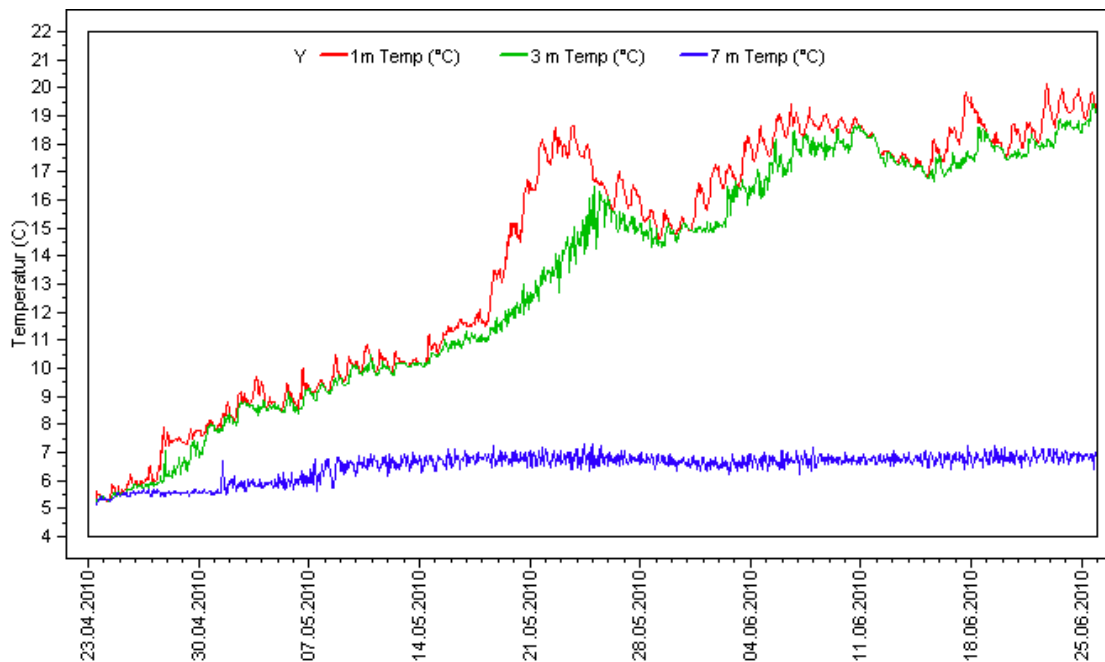
- Bestanden må være geografisk lukket, dvs ingen inn- eller utvandring mellom undersøkelsesepisodene
- Bestanden må være demografisk lukket, dvs ingen rekruttering (fødsler) eller frafall (dødsfall) fra bestanden.
- Merkede og umerkede individer må oppføre seg likt og være likt fordelt i totalbestanden
- Fangbarheten må være lik på merkede og umerkede individer
- Ingen merker må gå tapt eller bli oversett

Gjeddas individuelle alder ble avlest fra gjellelokk gjennom forstørrelseslampe ved at antall vintersoner ble talt opp. Individdata på gjedde ble prosessert og framstil gjennom MS Excel, mens miljødata og adferdsdata ble prosessert og framstilt grafisk via jmp v6.0.1.

3. Resultater

3.1 Miljøforhold

3.1.1 Temperatur

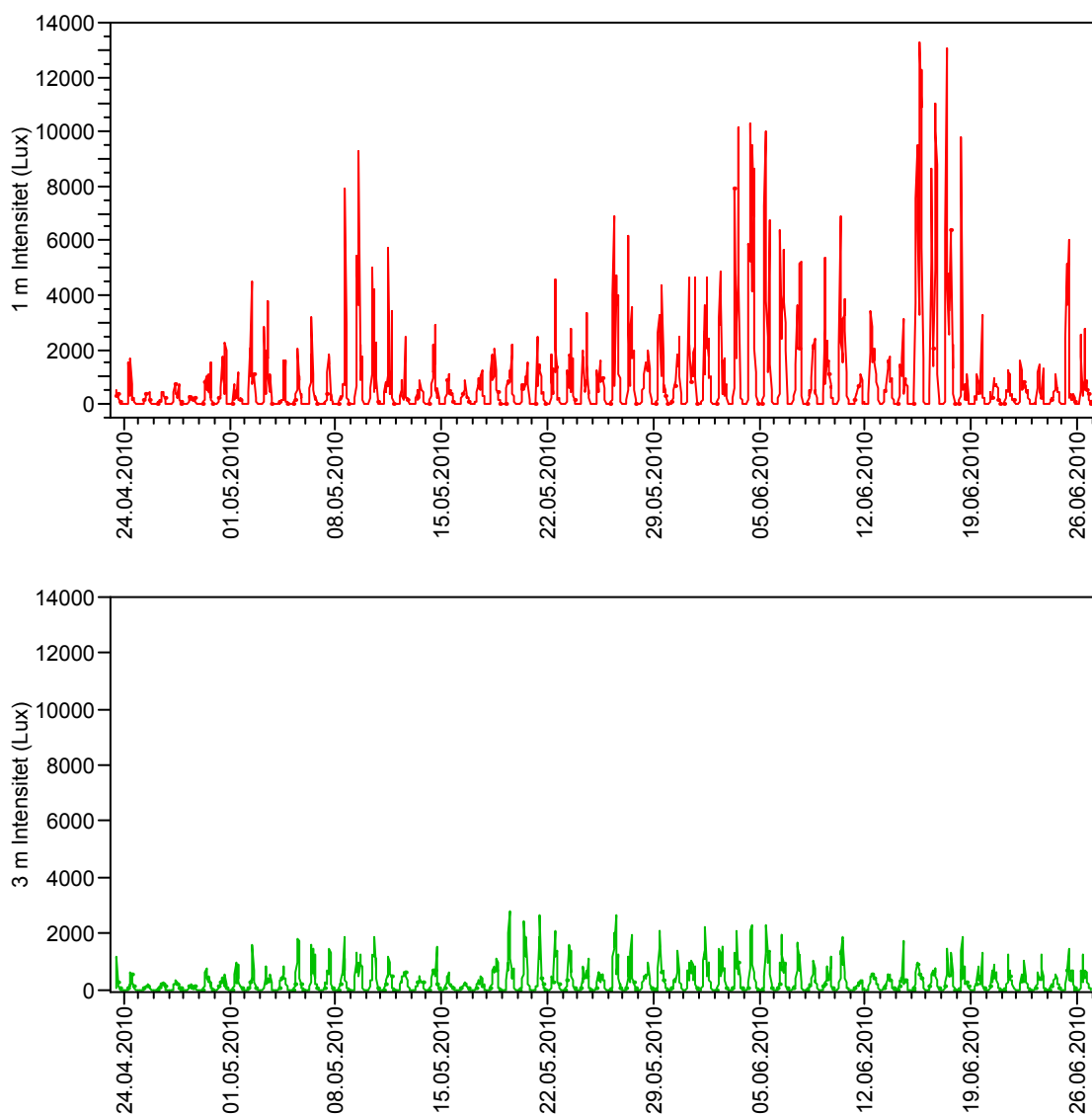


Figur 5. Temperatur på 3 dyp (1, 3 og 7 meter) i Lundevatnet gjennom studieperioden.

Temperaturen steg gradvis og likt på 1 og 3 meter frem til omtrent 20. mai, da overflatetemperaturen viste en markant økning (**Figur 5**). Etter en ukes tid har temperaturen på 1 og 3 meter igjen kommet på nesten samme nivå. En maksimaltemperatur på mellom 18-19 grader oppnås mot slutten av perioden. På 7 meter ligger temperaturen stabilt på 6-7 grader gjennom hele studieperioden

3.1.2 Lysintensitet

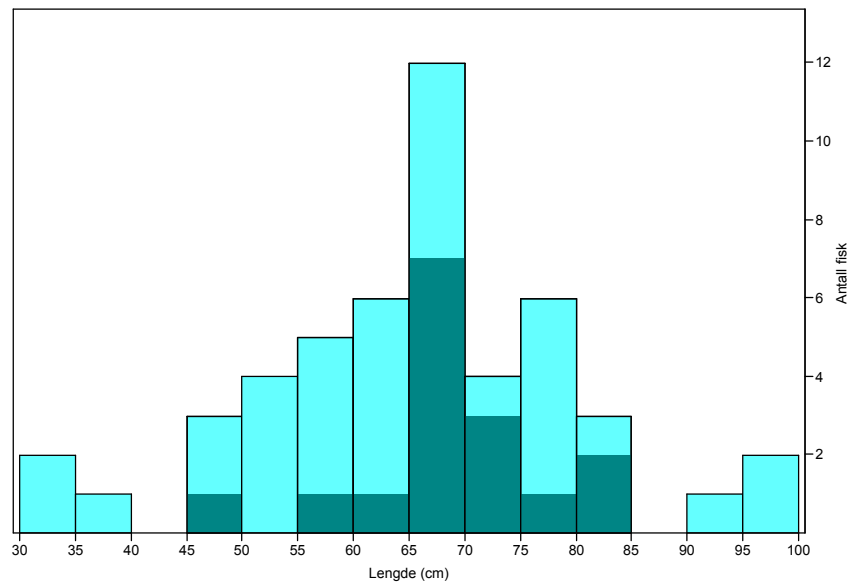
Lysintensitetsmålingene viste et klart døgnmønster på 1 og 3 meters dyp (**Figur 6**), og kortere tid (30-60 minutter) med registrerbart lys på 3 meter sammenlignet med 1 meter. Maksimal lysmengde på 3 meter var omtrent 1/10 av maksimal lysmengde på 1 meter. På 7 meters dyp var det ikke på noe tidspunkt registrerbart lys (nedre detekterbar grense i logger på 10,6 Lux). Maksimal lysintensitet i døgnet på 3 meter var omtrent 1/10 del av verdiene på 1 meter. En stor dag-til dag variasjon ble registrert, noe som hovedsakelig skyldes værforhold.



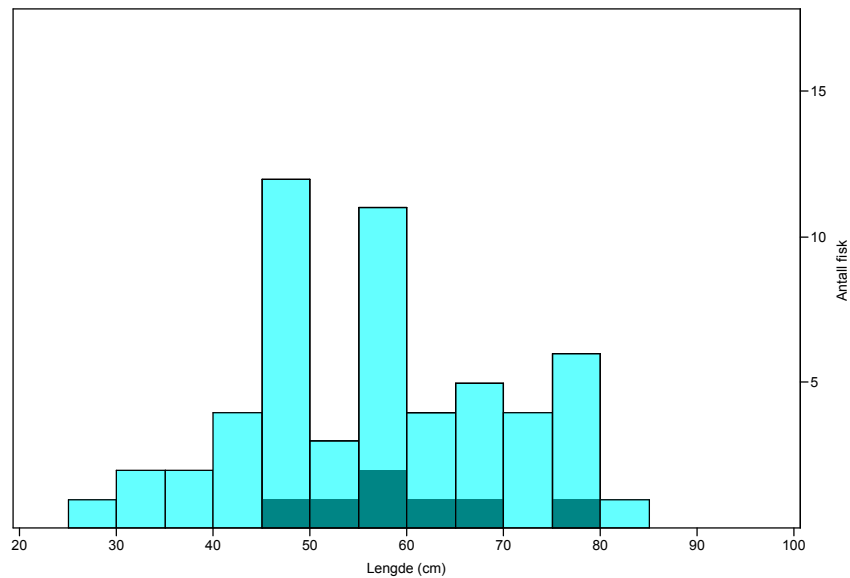
Figur 6. Lysintensitet i Lundevatnet målt på 1 og 3 meters dyp gjennom studieperioden. Hver verdi er medianverdier for hver hele time (12 målinger). Målinger fra 7 meters dyp ga ikke registrerbart lys på noe tidspunkt, og er derfor utelatt i figuren.

3.2 Individdata ved merking og gjenfangst

Totalt 53 gjedder i størrelser mellom 32 og 95 cm (gjennomsnitt 65 cm og 2,3 kg) ble fanget og merket siste halvdel av april 2010 (**Figur 7**). Ca én måned senere ble 57 gjedder mellom 28 og 80 cm (gjennomsnitt 56 cm og 1,2 kg) fanget under gjeddefestivalen 22.-23. juni (**Figur 8**).

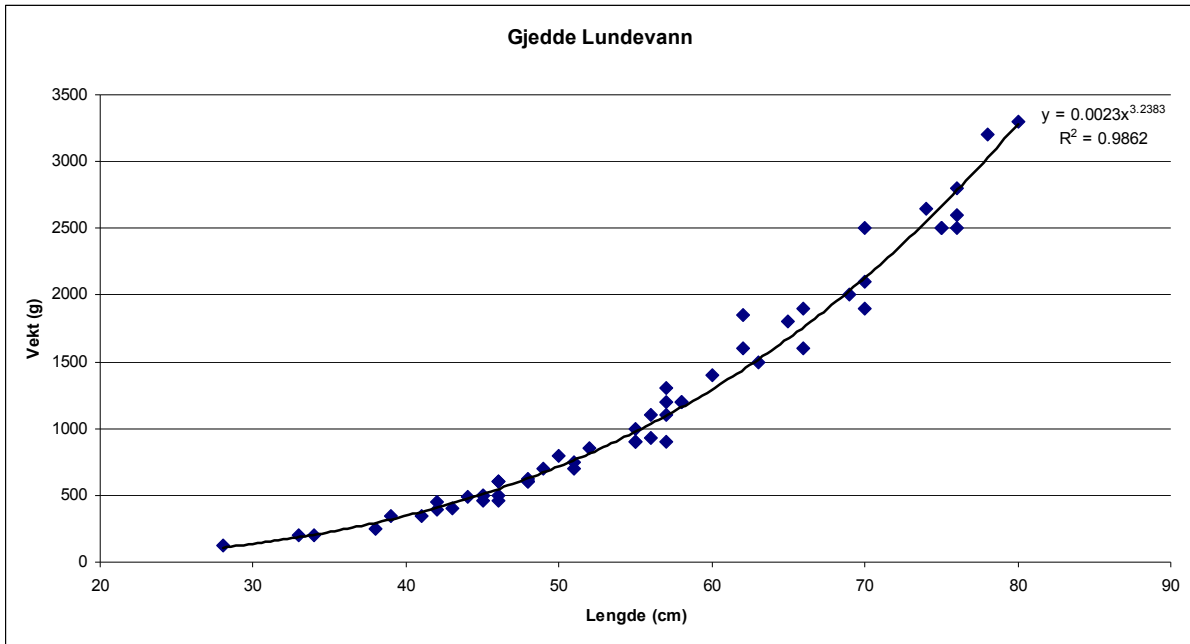


Figur 7. Lengdefordeling av Floy-merket fisk (49 stk lengdemålt av 53 merket). Fisk som også ble merket med akustisk telemetrimerke er uthevet med mørkere farge.



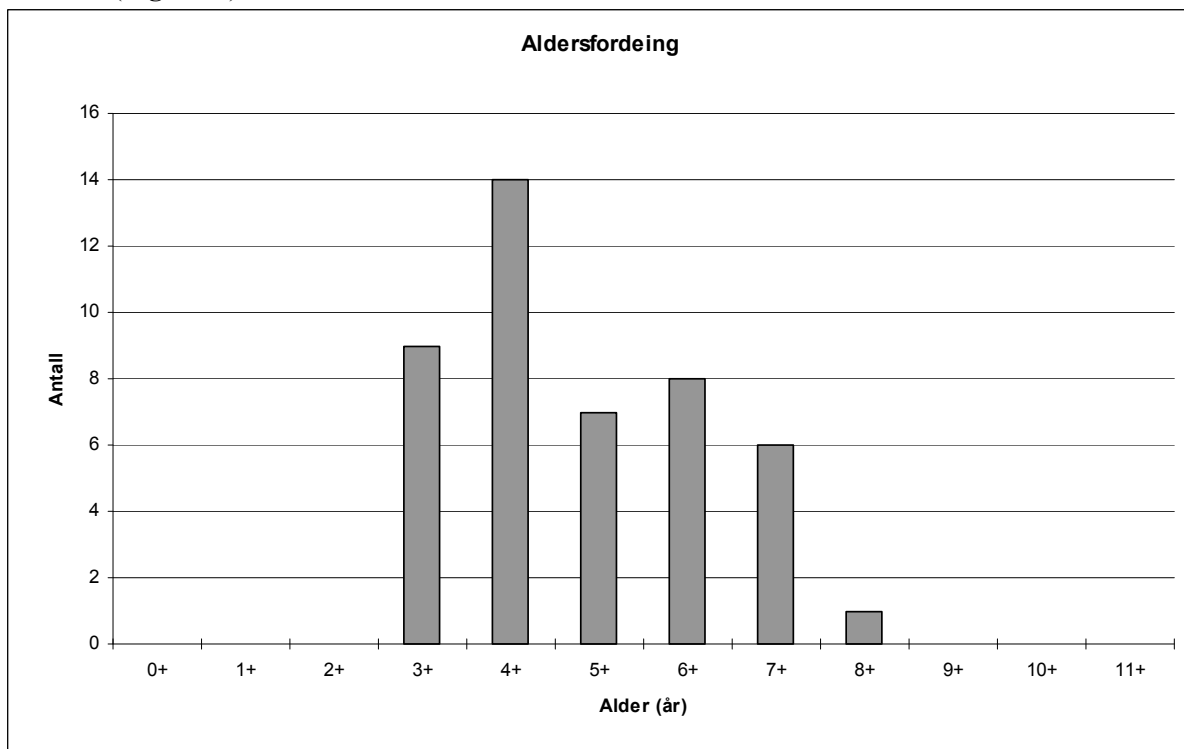
Figur 8. Lengdefordeling og andel merket gjedde (mørk farge) fanget under gjeddefestivalen 22.-23. mai 2010.

Gjeddene registrert under gjeddefestivalen hadde en jevn k-faktor mellom 0,57 til 0,67 for alle størrelsesgrupper. Sammenhengen mellom lengde og vekt er vist i **Figur 9**.



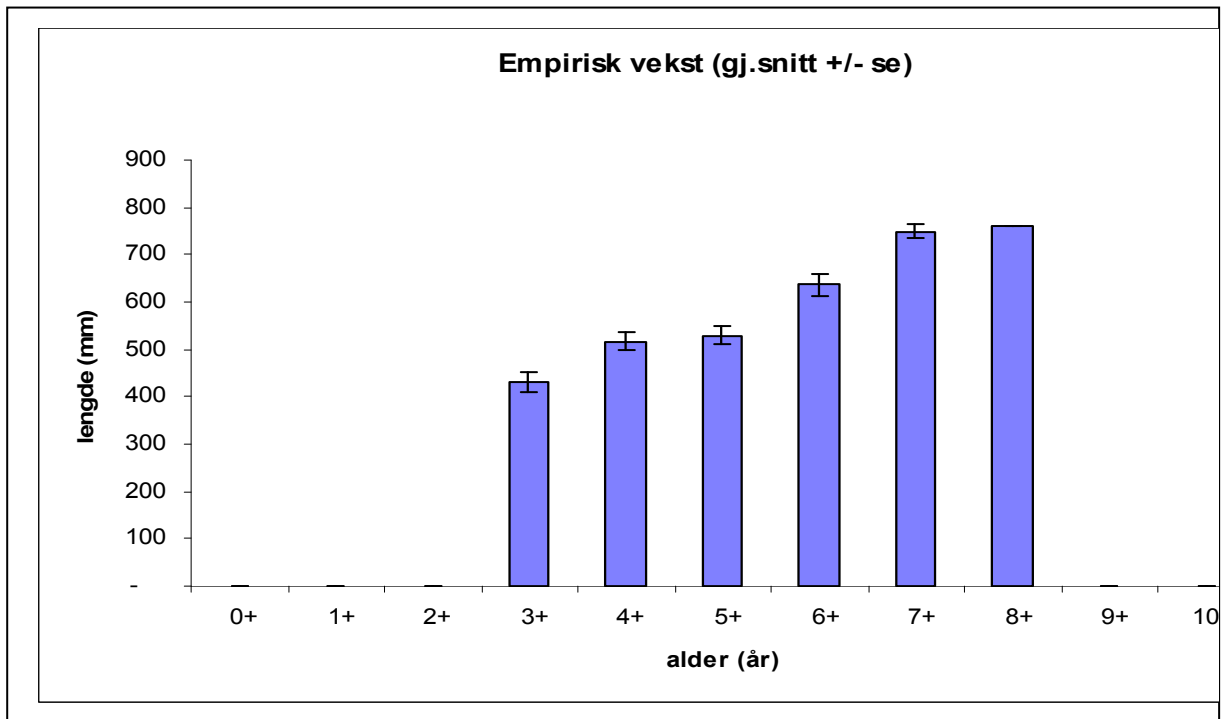
Figur 9. Sammenhengen mellom lengde og vekt hos gjedde fanget under gjeddefestivalen 22.-23. mai 2010

Gjeddene som ble fanget under festivalen 22.-23. mai 2010 var dominert av 3- og 4-åringer som til sammen utgjorde 51 % av de aldersbestemte individene. Resten bestod av fem til åtte år gamle individer (**Figur 10**).



Figur 10. Aldersfordeling til 45 gjedder fanget under gjeddefestivalen i Lundevatnet 22.-23. mai 2010

Gjedda i Lundevatnet har normalt god vekst de første leveårene, med 10-15 cm pr år. Aldersanalysene viser en stabil tilvekst videre de påfølgende år på ca 10 cm pr år (**Figur 11**).



Figur 11. Empirisk vekst fremstilt for 45 gjedder fanget under gjeddefestivalen i Lundevatnet 22.-23. mai 2010.

3.3 Populasjonsestimat

Av de 57 gjeddene registrert under festivalen ca én måned senere (senere enn hva??), var 10 fisker Floy-merket. Fra Petersen-estimatet får vi da en estimert bestand av fangbar gjedde (> 30 cm) på 300 individer. Dette tilsvarer en tetthet av gjedde i Lundevatnet på 8 individer pr ha., eller uttrykt i biomasse i størrelsesorden 9,6-18,4 kg gjedde pr ha. avhengig av hvilken snittvekt man skal anta er den mest representative for bestanden.

Tabell 1. Populasjonsestimat for gjedde (> 30 cm) i Lundevatnet, 2010, basert på merke-gjenfangst data.

Antall merket, M	Antall kontrollert, C	Antall gjenfangster, R	Estimert antall, N(est)*	95 % C.I.
53	57	10	302	148-456

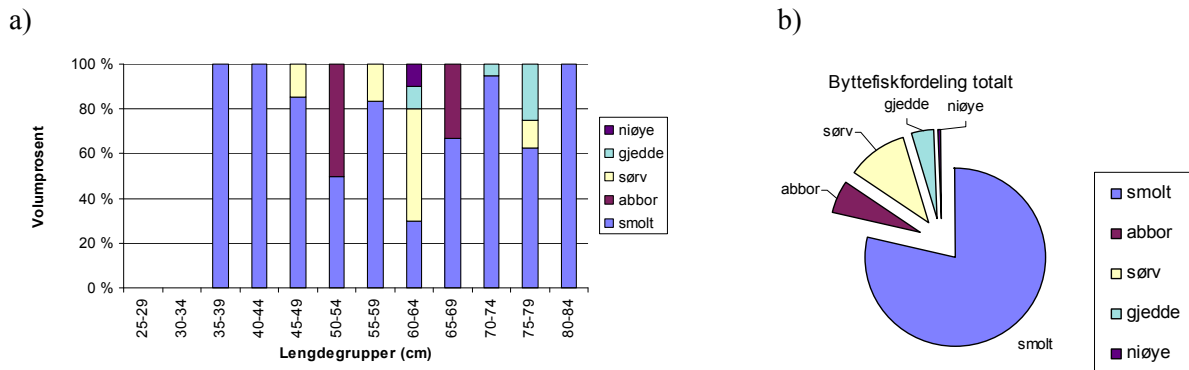
*Gjelder gjedde i fangbar størrelse (>30 cm)

Formelen brukt her har en tendens til å overestimere bestanden. Legger man til 1 på alle faktorene i formelen og trekke fra 1 på svaret endres antall gjedder til 284.

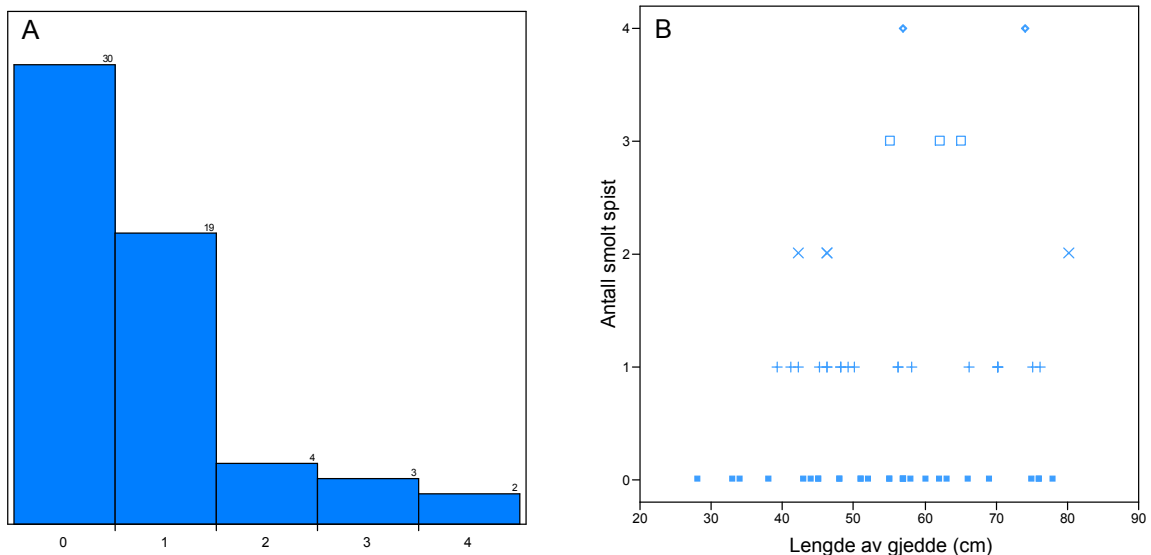
3.4 Gjeddens diett og predasjon på smolt

Av 49 undersøkte gjedder, hadde 28 individer påvisbare byttfiskrester i magesekken. Av disse hadde 80 % kun én fiskerest i magen, mens det på det meste ble registrert fem byttfisker hver hos to gjedder. Vi registrerte fem ulike byttfisk kategorier i gjeddemagene: smolt (ørret/laks), abbor, sørv, gjedde og bekkenøye. Smolt dominerte klart og utgjorde 80 % av mageinnholdet hos individene

som hadde fisk i magen (**Figur 12**) og det var ingen tydelig trend i andel smolt i mageprøvene som kunne relateres til gjeddass størrelse ().



Figur 12. Fordeling av byttefisk registrert i mageprøver fra gjedde fanget under gjeddefestivalen 22.-23. mai 2010, fordelt på lengdegrupper av gjedde (a) og byttefisktyper (b).



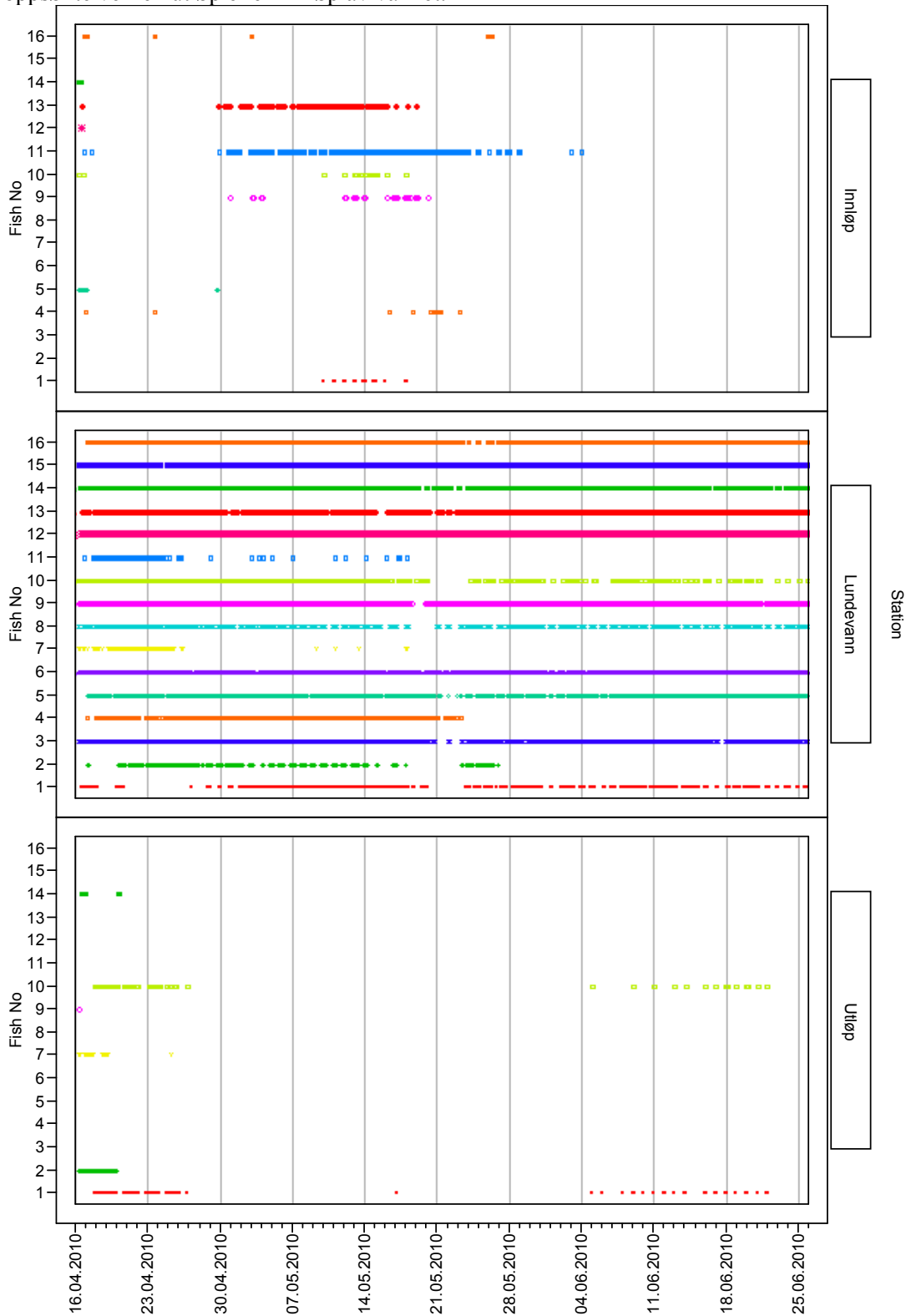
Figur 13. Antall smolt i mager på gjedde fanget under gjeddefestivalen 22.-23. mai 2010 (A), og antall smolt fordelt på lengde av gjedda (B). Lineær regresjon mellom størrelse og antall spist smolt var ikke signifikant ($R^2 = 0,02$, $p = 0,26$). Minste gjedde som hadde spist smolt var 39 cm.

3.5 Adferd hos gjedde

3.5.1 Lokalisering i Lundevatnet

Registreringer av individuelle gjedder over tid på de ulike lyttebøyene er gjengitt i **Figur 14**. De akustisk merkede gjeddene holdt seg innefor rekkevidden av en mottaker plassert midt i Lundevatnet (**Figur 4**) i mesteparten av perioden. To av gjeddene der en mangler registreringer mot slutten av perioden ble fisket opp og avlivet under gjeddefestivalen 22.-23. mai (nr 4 og 7). Fisk nr 2 døde trolig omkring 27. mai, da alle målinger etter dette tidspunkt ble registrert på 20 meters dyp uten tegn til variasjon. Fisk 11 ble ikke registrert etter den 4. juni. I tillegg ble 10 gjedder registrert på mottaker i innløp og seks på mottaker i utløp. Av disse fiskene ble fire individer registrert begge steder, noe som indikerer at disse individene var relativt mobile innefor studieområdet. Fire gjedder

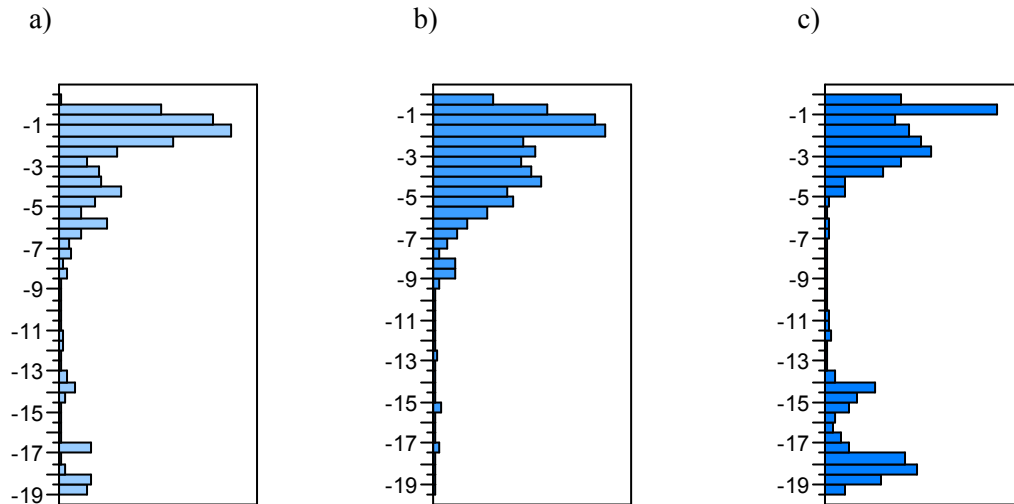
ble kun registrert på mottaker plassert midt i Lundevatnet, og må betegnes som stasjonære, da de aldri oppsøkte verken utløp eller innløp av vannet.



Figur 14. Registreringer av gjedde på de ulike mottakerne gjennom studieperioden.

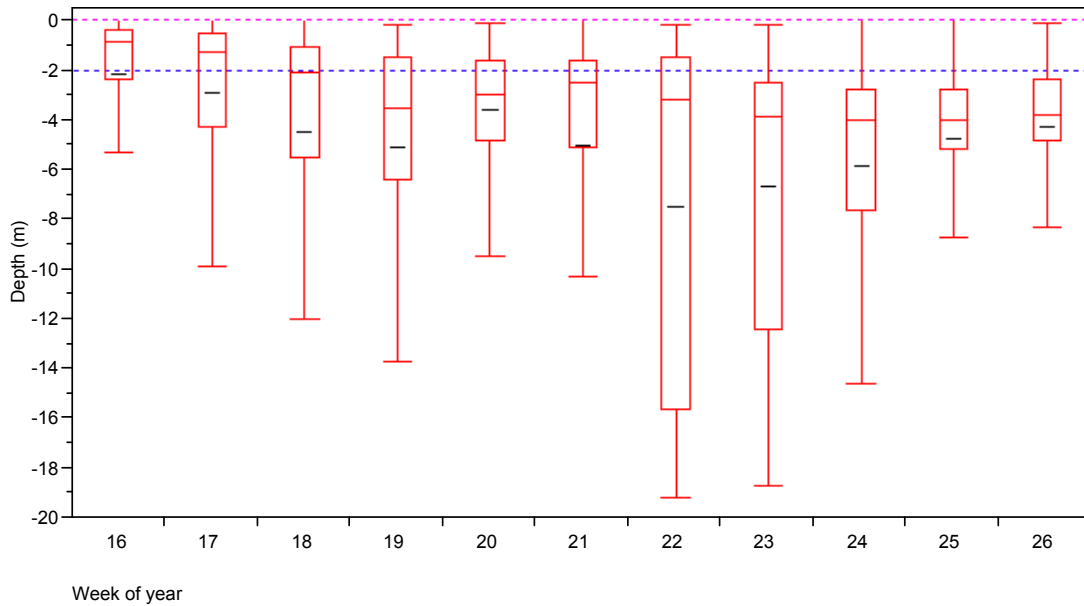
3.5.2 Oppholdsdyp

Det var stor variasjon mellom de ulike individenes valg når det gjaldt oppholdsdyp (se 5.Vedlegg C.), men et fellestrekk er lange tidsrom med opphold på grunt vann. For de fleste fiskene kunne en trend med gradvis eller brått skifte til opphold på dypere vann ses gjennom perioden, men dette gjaldt ikke alle fiskene. Ved å summere opp alle registreringer i tre distinkte perioder (**Figur 15**), ser en at mesteparten av tiden tilbringes i de øverste 5-7 metrene av vannsøylen, og at en del individer (4-6 stk) skifter preferanse til dypere områder mot slutten av perioden.



Figur 15. Fordeling av registrerte dybdemålinger dyp på all fisk i tre perioder a) uke 18 (n=17137); b) uke 20 (n= 23759); c) uke 22 (n= 16406). I siste del av perioden opphold en del individer seg over lengre perioder på dypt vann, mens andre viste større grad av stasjonært opphold på grunt vann (se 5.Vedlegg C).

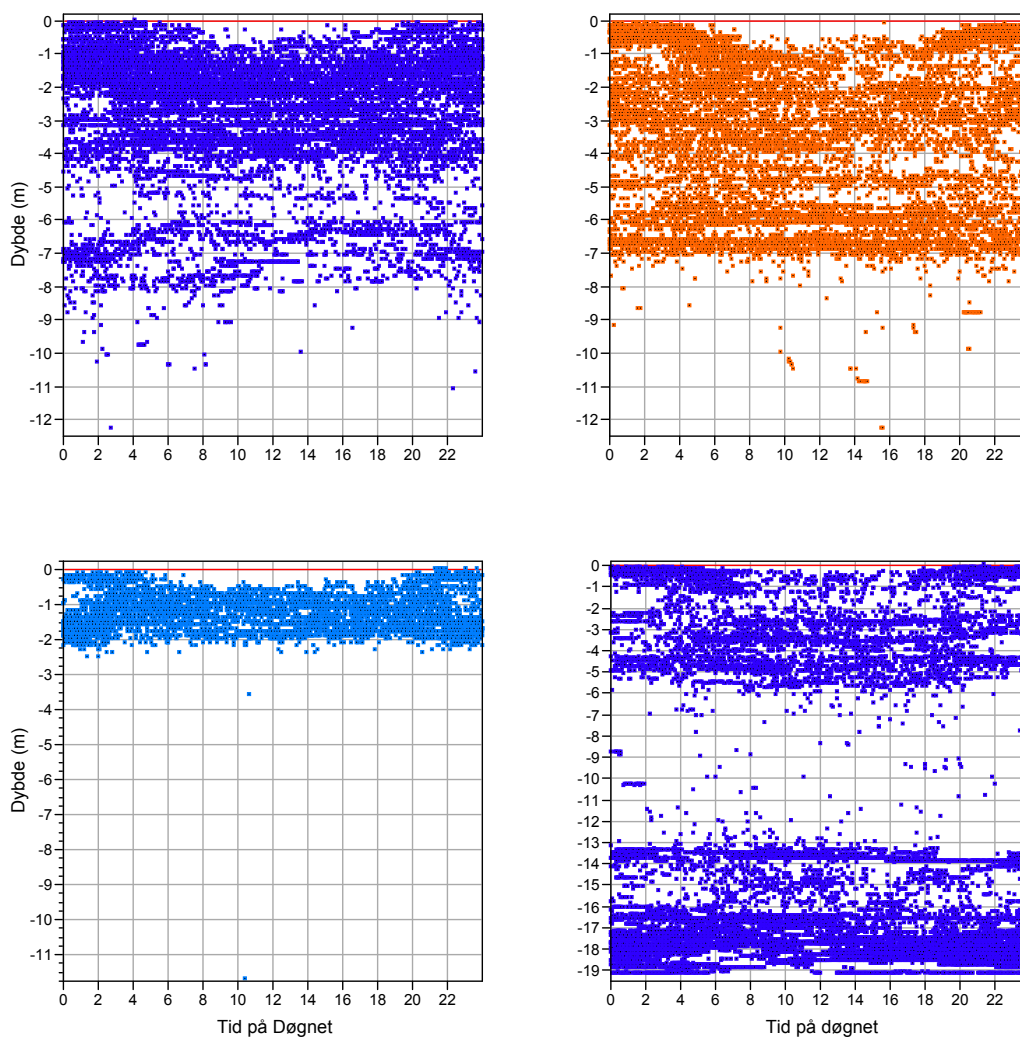
I **Figur 16** er de samlede dybdemålingene for all fisk summert opp som gjennomsnitt og medianverdier på ukesbasis. Medianverdiene ligger på 4 meter eller grunnere gjennom hele perioden, mens gjennomsnittsverdiene går ned mot 8 meter i uke 22 og 23.



Figur 16. Box-plott av samlet dybdefordeling for all gjedde fordelt på uke. Rød senterline angir medianverdien, svart line gjennomsnittsverdien. boks angir 25-75 kvantilene (“interquartile range”), og linjer angir ytterste datapunkt som faller innefor øvre/nedre kvartil + 1,5* ”interquartile range”. Antatt vandringsdyp for laksesmolt (0-2 m) er angitt med stiplede horisontale linjer.

3.5.3 Døgnvandring

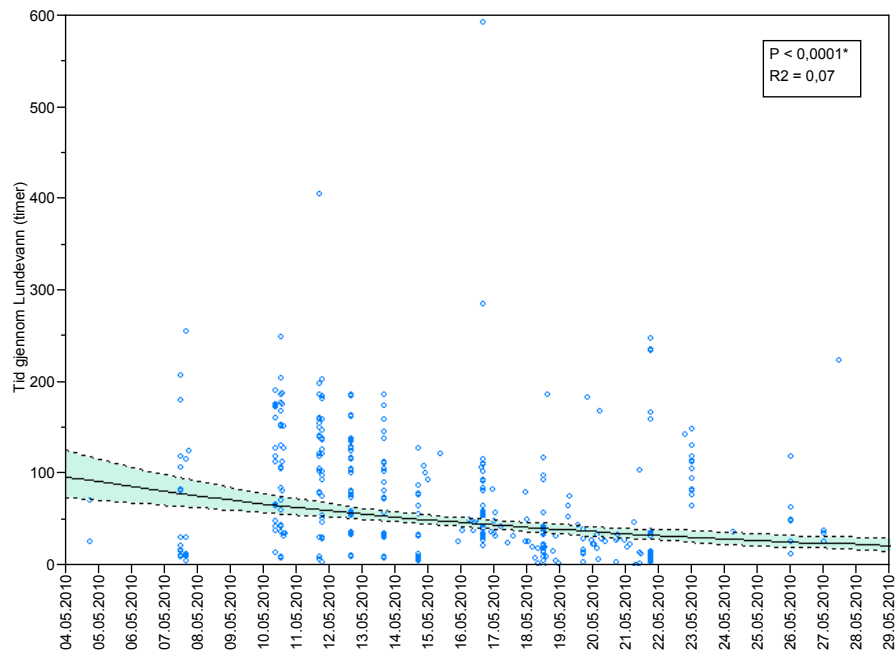
Den store individuelle variasjonen i dybdepreferanse over tid (Vedlegg C) vanskeliggjør en analyse av døgnvandringmønster. Det var likevel en helt klar trend hos all fisk som oppholdt seg i øvre vannlag å unngå dyp mindre enn 0,5-1 meter på dagtid, mens dette ikke var tilfelle på nattetid. Dette skiftet så ut til å inntreffe omtrent kl 06:00 og kl 18:00 (**Figur 17**). Selv om alle de merkede gjeddene så ut til å unngå dybder <0,5-1 meter på dagtid, forekom de ofte på det antatte vandringsdypet for smolten (0-2) meter også i dette tidsrommet.



Figur 17. Dybdeobservasjoner fra 4 fisk gjennom forsøksperioden (uke 16-26) fordelt på tid på døgnnet. Overflaten er markert med rød linje. Fisk nr (fra øverst til venstre) 4, 12, 15, og 16 er representert.

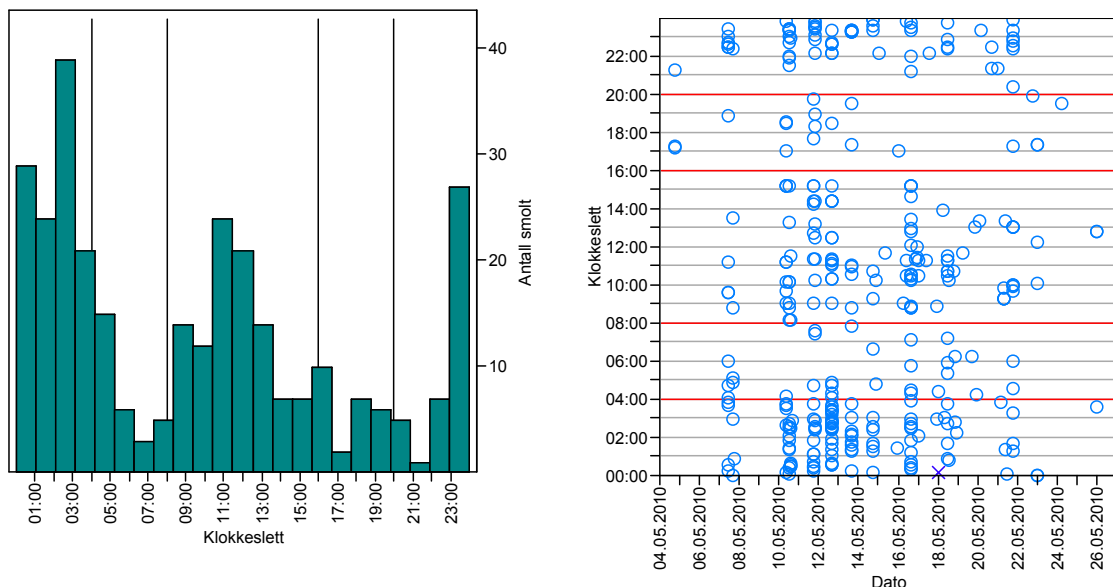
3.5.4 Laksesmoltens vandring i Lundevatnet

På basis av registreringer av PIT merket laksesmolt oppstrøms og nedstrøms Lundevatnet (**Figur 4.**) kunne dødelighetsestimater og vandringshastigheter gjennom studieområdet beregnes. Korteste vandringsavstand på strekningen var 2 km.



Figur 18. Laksesmoltens vandringshastighet gjennom Lundevatnet. Punkter angir individuelle fisk, og dato-aksen er datoene for registrering oppstrøms Lundevatnet. Linje angir regresjonsline (log-transformerte data) med tilhørende konfidensintervall (95%) angitt med farget område.

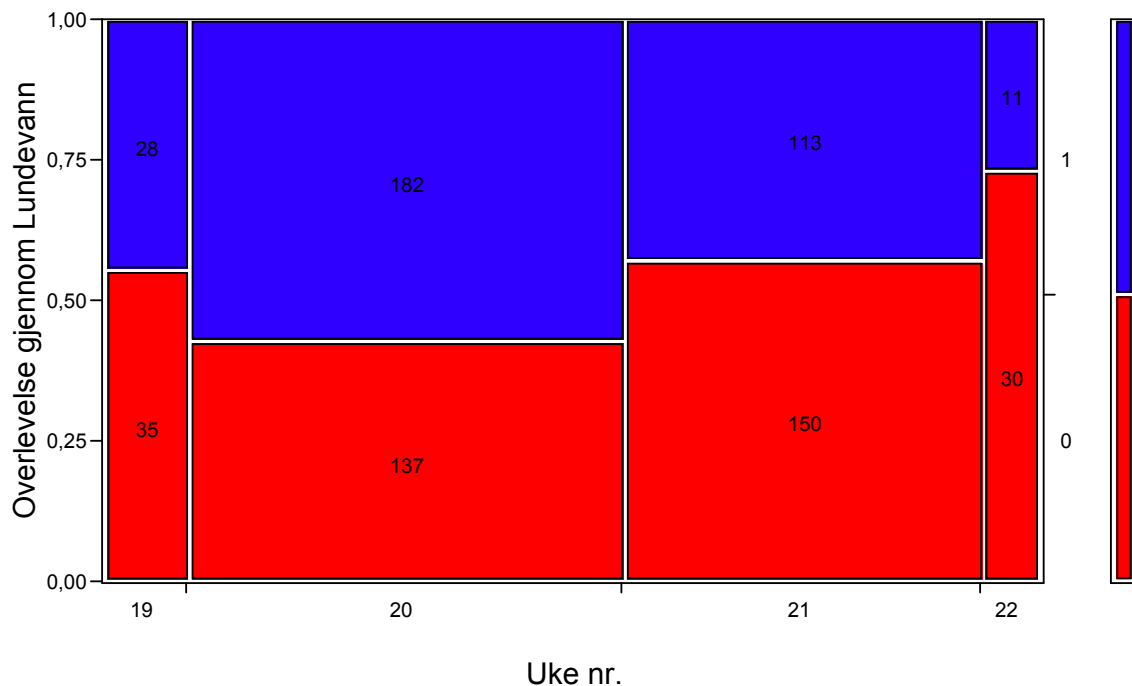
Svært stor individuell variasjon i vandringshastighet gjennom studieområdet ble registrert. Det var en generell trend til økt vandringshastighet mot slutten av utvandringsperioden (**Figur 18**). Gjennomsnittlig vandringshastighet basert på regresjonsligningen gikk fra omtrent 100 timer i begynnelsen av perioden til under 50 timer mot slutten



Figur 19. Laksesmoltens utvandringstidspunkt fra Lundevatnet fordelt på tid på døgnet i hele studieperioden (t.v.), og for hver dag (t.h.) Punkter angir registreringer av individuelle fisk. Samlet antall PIT merket fisk registrert og sluppet oppstrøms Lundevatnet, og deretter registrert i PIT stasjonen som overlevende ved utløp av Lundevatnet var 420 for hele perioden. Stiplede linjer angir omtrentlig skumringsperiode basert på lysmålinger (**Figur 6**).

Det var en klar trend til at laksesmolt ble registrert utvandret på enten natt- eller dagtid (**Figur 19**), og at periodene rundt soloppgang og solnedgang hadde det laveste antallet registrerte vandrende fisk. Relativt mer dagvandring ble registrert mot slutten av studieperioden.

Totalt antall fisk PIT merket og sluppet gjennom Lundevatnet i forsøksperioden var 686. Dette materialet bestod av 200 laksesmolt merket og satt ut ved Butjønna pluss fisk satt ut oppstrøms Butjønna. Mest fisk ble vandret i uke 20 og 21. Samlet for hele perioden ble 49% av laksesmolten registrert som sikre overlevende i utløpet, enten i PIT antenna og eller i smoltfelle nedstrøms Lundevatnet. Fordelt på de ukene merket smolt ble sluppet igjennom studieområdet (**Figur 20**), varierer overlevelsen fra 60 til 25% gjennom perioden uten klare trender over tid.



Figur 20. Overlevelsesprosent på Laksesmolt med PIT merke i studieområdet fordelt på ukenr. Rød farge (0) angir fisk som ikke er registrert i nedre PIT antenne og/eller smoltfelle. Blå farge (1) angir registrerte overlevende. Antall fisk i hver kategori er angitt med tallverdi.

4. Diskusjon

4.1 Gjeddass populasjonsstørrelse

Beregnet en tetthet av gjedde >30 cm og 3 år i Lundevatnet var på ca 8 individer pr ha. Dette er i samme størrelsesorden som beregnet for den eutrofe innsjøen Årungen hvor tettheten av gjedde >3 år ble estimert til mellom 7 og 12,3 gjedder pr ha. i perioden 1979-1997 (Borgstrøm 1984; Flyging & Hoen 1998). Data innhentet fra Finland med samme metodikk ga et estimat på 17 individer >40 cm pr ha. (Kekäläinen et al., 2008). En total populasjon på 302 (CI: 148-456) gjedder > 30 cm antas dermed å potensielt beite på vandrende smolt. Usikkerheten i estimatet blir relativt stort grunnet få individer, og lengdefordelingen er også signifikant (t-test) høyere på merket fisk sammenlignet med gjenfanget fisk (hhv. 65 ± 14 og 56 ± 13 cm). Forskjeller i innfangingsmetodikk mellom de datasettene (garn/rusefangst og sportsfiske), samt antakelse om ingen dødelighet i perioden bidrar også til at estimatet må betraktes som usikkert. En akustisk merket fisk døde trolig i perioden (fisk nr 2), og Haugen et al. (2007) rapporterer også at dødelighet etter gyting kan være høy hos hanngjedde.

4.2 Gjeddass diett og predasjon på smolt

Mageanalysene av fisk gjedde fanget 22.-23. mai, viser at smolt av laksefisk utgjør en dominerende andel av dietten på dette tidspunktet (**Figur 12**). Dette er et vanlig forekommende fenomen i studier fra områder der gjedde forekommer naturlig i anadrome laksevassdrag (Larsson, 1985; Kekäläinen et al., 2008). Andelen av gjedder som hadde spiste smolt forut for innfangning var 50% basert på mageanalysene. Gjenfunne PIT merker i magene oversteg antallet registrerte smolt, og PIT merker fra fisk merket helt i begynnelsen av forsøksperioden (3. mai) ble gjenfunnet i gjedde fanget 22.-23. mai. Det er usikkert akkurat når de aktuelle fiskene ble spist, men tilbakeholdelsestiden av PIT merkene i gjedda synes å være langt høyere enn fordøyelsestida av smolt. Fordøyelsestid av måltid hos gjedde er estimert til 3 dager (Popova, 1978, gjengitt i Larsson, 1985), mens Koed, (1993, gjengitt i Jepsen et al., 1998) estimerte fordøyelsestid spesifikt for laksesmolt til < 36 timer. Påvist antall smolt i gjeddemager ble derfor brukt til å estimere antall spist siste 48 timer som et konservativt anslag, mens fordelingen mellom laks og ørret fra PIT merker ble brukt til å estimere forholdet mellom laksesmolt og ørretsmolt i mageanalysene.

Smolt av laksefisk var klart dominerende bytte på prøvetakingstidspunktet, på tross av en lav biomasse av smolt relativt til andre potensielle byttefisk som sørv, abbor og sik i Lundevatnet (A. Rustadbakken, upubliserte data fra prøvofiske i 2010). Dette tyder på høy fangbarhet, eller at en del av gjeddepopulasjonen har spesialisert seg på smolt som byttedyr i perioden, noe som er rapportert i andre studier (Larsson, 1985; Kekäläinen et al., 2008). Optimal byttedyrstørrelse for gjedde øker med økende størrelse (Nilsson og Brönmark 2000). Kekäläinen et al. (2008) fant at gjedde <40 cm ikke spiste smolt, men dette var kultivert fisk som var større enn villsmolten i Storelva. Dette skulle borge for at all gjedde over 40 cm trolig kan være effektive predatorer på smolt. Av PIT merket fisk sluppet gjennom studieområdet var 14% ørret, mens 86 % var laks. Av 42 PIT merker gjenfunnet i gjeddemager var prosentfordelingen 33% ørret og 67% laks. Dette kan indikere at ørretsmolt er mer utsatt for predasjon fra gjedde enn laksesmolt. Datagrunnlaget er imidlertid for lite til at sikre konklusjoner kan trekkes på dette punktet.

4.3 Laksesmoltens overlevelse og vandringshastighet

Overlevelsen av laksesmolt gjennom Lundevatnet basert på gjenfanget fisk i PIT felle og smolthjul (**Figur 19**) er å regne som et minimumsestimert, da registreringseffekten ikke er 100% i slike systemer (diskutert i Kroglund m.fl., 2010b). I tillegg vil en ved å tilskrive all dødelighet til predasjon også stå i fare for å overvurdere denne. Andre studier av gjeddepredasjon på smolt av laksefisk kommer med estimater i størrelsesorden 30-50% (Larsson, 1985; Jepsen et al., 1998; Kekäläinen et al., 2008),

samtidig som estimatet for dødelighet i Lundevatnet i 2009 var ca 30%. Estimater er nok likevel ikke urealistisk høyt, da det er sannsynliggjort basert på funn i gjeddemager. Den korte vandringsavstanden gjennom vannet skulle også medvirke til en lav naturlig dødelighet på denne strekningen. Basert på populasjonsestimatet på gjedde (**Tabell 1**) på 302 gjedder, funn i gjeddemager på tidspunktet 21.-22. mai, en prosentandel laksesmolt på 67% i magene, 2 dagers fordøyelsestid og 30 dagers smoltutvandringssesong, blir estimatet ca 1200 laksesmolt spist, av ca 4000 som passerte gjennom Lundevatnet i 2010 (Kroglund m.fl., 2010b). Et slikt estimat er beheftet med stor usikkerhet på en rekke av variablene, og må derfor brukes svært nøkternt. Gjeddene fanget i 2009 hadde høyere innhold av smolt i magene, men da var også fangsten tidligere i smoltutvandringssesongen (10.-11. mai, trolig mer smolt i Lundevatnet da) og antall smolt som ble sluppet gjennom vannet var høyere (Kroglund m.fl., 2010a). Mange gjedder hadde ikke spist smolt, og få hadde full mage. Slik sett var ikke kapasiteten til å spise smolt fullt utnyttet. I seg selv kan dette bety at den relative gjeddepredasjonen avhenger av antall smolt som vandrer, men datagrunnlaget tillater ikke sikre konklusjoner på dette. Det var ingen signifikant effekt av gjeddens størrelse på antall spiste smolt (**Figur 13**), men kun en gjedde <40 cm hadde spist smolt.

4.4 Gjeddens adferd i Lundevatnet

Datafangsten i adferdstudiet på gjedde var svært bra, og gjeddene var stasjonære i vannet. Store individuelle forskjeller i adferd over tid ble observert, og flere fisker viste en markant endring i adferd med permanent opphold i dypområder i lengre perioder (Vedlegg C.). Gjeddene er vist å kunne ha stor individuell variasjon i habitatsbruksstrategi innenfor samme vann (Kobler et al., 2009), noe som også kan ses i dette studiet. Generelt oppholdt en større andel av fisken seg på grunt vann i begynnelsen av perioden. I perioden 20.-28. mai ble datafangsten dårlig på en del fisk, og andre viste markante endringer i oppholdsdyp. Dette kan tyde på at gytingen foregikk i denne perioden. Graden av tidsmessig overlapp mellom smoltutvandring og gyting hos gjedde kan ha stor betydning for predasjonsraten (Jepsen et al., 2000; Kekäläinen et al., 2008). Dette kan derfor skape variasjon mellom år med hensyn på gjeddens betydning for laksestammen. 2010 var et år med normal temperaturutvikling, men lavere vannføring enn normalt i Storelva (Kroglund m.fl. 2010b). Det er mulig at gyting kan inntreffe tidligere eller senere på våren andre år, da mellomårsvariasjonen i disse parametrene er stor. De fleste gjeddene oppholdt seg på gruntområder gjennom størstedelen av smoltutvandringssesongen, og vil dermed ha kunne predatert smolt. De relativt små endringene i oppholdsdyp for gjeddene med tid på døgnet bidrar ikke til å fjerne dem fra dypene smolten mest trolig vandrer i. Det er likevel interessant å merke seg at Diana (1980) ikke finner døgnvariasjon hos gjedde i et Kanadisk innsjøsystem. Den observerte døgnvariasjonen i når laksen vandret ut av Lundevatnet kan tyde på redusert vandringshastighet rundt soloppgang og solnedgang (**Figur 18**). Dette kan tolkes som antipredator-adferd i Lundevatnet, da dette mønsteret ikke gjenfinnes i andre seksjoner av elva uten gjedde. Det er også en betydelig mer ujevn fordeling av smolt i fangstene nedstrøms Lundevatnet enn man skulle forvente ut i fra den store variasjonen i vandringshastighet som observeres (Kroglund m.fl., 2010b). Man kan ut fra disse observasjonene, samt den svært lave gjennomsnittlige vandringshastigheten, spekulere i om smolten forsinkes i sin vandring og aggregeres i stimer i Lundevatnet på grunn av predasjonstrussel fra gjedde.

4.5 Oppsummering

Basert på adferdsdata på gjedde og laks, samt estimerte predasjonsrater, kan man slå fast at gjeddene spiller en stor rolle for laksepopulasjonens størrelse gjennom predasjon på laksesmolt, og muligens også en tidsforsinkelse av utvandringen. Gjeddene synes å foretrekke smolt av laksefisk (laks og ørret) framfor andre byttedyr i perioden, og den estimerte populasjonen har kapasitet til å ha en betydelig effekt på laksebestanden.

4.6 Mulige tiltak

Årets forsøk med å transportere innfanget smolt forbi nedre deler av elva, og dermed unngå gjeddepredasjon, vil først kunne fullt ut evalueres basert på tilbakevandringene de to påfølgende sesonger. Overlevelsesestimater gjennom Lundevatnet (49% basert på PIT merket fisk, estimert 30-50%) er imidlertid så lavt at det er grunn til å anta at et slikt tiltak vil kunne ha positiv effekt.

En økning av antall produserte laks opp mot produksjonspotensialet i vassdraget gjennom rognplanting og/eller yngelutsett vil på sikt øke størrelsen på smoltpopulasjonen. Totalantallet smolt som kommer seg gjennom Lundevatnet vil dermed trolig øke. Hvorvidt den relative andelen smolt som blir spist endres, er derimot usikkert. Det var stor restkapasitet hos gjeddebestanden til å kunne spise mer smolt, da magefyllingsgraden og antall gjedder som hadde spist var relativt moderat både i 2009 og 2010. Høyere antall spist smolt pr gjedde i 2009, da mer smolt passerte gjennom Lundevatnet, kan tyde på at predasjonsraten kan øke med økende smoltantall.

En desimering av gjeddebestanden gjennom aktiv utfisking, for dermed å redusere predasjon, vil kunne ha en positiv effekt på smoltoverlevelsen. Et slikt tiltak er fullt mulig å gjennomføre i et såpass lite system som Lundevatnet, med en estimert bestand på 302 fisk over 30 cm. Man vil da på sikt måtte forvente en økning i antallet mindre gjedder som følge av redusert kannibalisme (Sharma and Borgstrøm, 2008a). Hvordan en slik endring i bestandsstrukturen vil innvirke på smoltpredasjon er derfor usikkert. Et annet aspekt er hvorvidt redusert predasjon på sørv, og mulig bestandsendringer hos andre fiskearter i systemet vil kunne innvirke på vannkvaliteten i systemet gjennom nedbeiting av zooplankton eller økning i tilgjengelige næringsalter. Utfiskingsforsøk av stor gjedde i andre innsjøer har vist å gi effekter på populasjonsstørrelse, struktur og fødevalg hos andre fiskeslag, og derigjennom endringer i vannkvalitet (Sharma and Borgstrøm, 2008b)

En aktiv fangst av gjedde på stående redskap, med hensikt å holde gjedda innfanget til smoltutvandringsperioden er over, er et interessant alternativ. Med relativt liten innsats ble om lag en sjettedel av bestanden fanget inn i 2010, og det vil være fullt mulig å øke denne innsatsen til et mål på 50-80% av bestanden. På denne måten vil en kunne oppnå økt smoltoverlevelse uten å risikere store endringer i predator/byttefiskpopulasjonene i systemet.

Fordelen med de to sistnevnte tiltakene vil være en umiddelbar, og dokumenterbar, effekt på smoltoverlevelse med relativt liten inngripen i naturlig smoltvandring. Sammen med andre tiltak for å styrke bestanden, kan man dermed relativt hurtig oppnå en forbedring i tilbakevandring og styrket rekruttering i laksebestanden.

5. Referanser

- Borgstrøm, R. 1984. Undersøkelse av fisk, zooplankton og bunndyr i Årungen, NLVF: 16 s.
- Cooke, S.J., Thorstad, E.B., Hinch, S.G. (2004). Activity and energetics of free swimming fish: insights from electromyogram telemetry. *Fish and Fisheries* 5, 21-52.
- Diana, J.S. 1980. Diel Activity Pattern and Swimming Speeds of Northern Pike (*Esox lucius*) in Lac Ste. Anne, Alberta. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 1454-1458
- Flyging, S. K. & Hoen, O. H. 1998. Bestanden av gjedde (*Esox lucius*) i den eutrofe innsjøen Årungen - konsum av fisk og potensiale for biomanipulasjon, Hovedoppgave ved Institutt for biologi og naturforvaltning, Norges Landbrukshøgskole: 64 s.
- Gederaas, L., Salvesen, I., m.fl., Eds. 2007. Norsk svarteliste 2007 Økologiske risikovurderinger av fremmede arter. Artsdatabanken. Norge
- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2002. Kartlegging av innsjøer med naturlige fiskesamfunn og fisketomme lokaliteter på Sørlandet, Vestlandet og i Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 724: 44pp.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. and Rasmussen, G. 1998. Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia*. 371-372, 347-353
- Jepsen, N., Pedersen, S. and Thorstad, E. 2000. Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. *Regulated Rivers: Research & Management*. 16, 189-198.
- Kekalainen J, Niva T, Huuskonen H. 2008. Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. *Ecology of Freshwater Fish*. 17, 100-109.
- Kiessling, A., Dosanjh, B., Higgs, D., Deacon, G., & Rowshandeli, N., (1995). Dorsal aorta cannulation; a method to monitor changes in blood levels of astaxanthin in voluntarily feeding Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition* 1, 43-50.
- Kiessling, A., Olsen, R.E., Buttle, L., 2003. Given the same dietary inclusion Atlantic salmon, *Salmo salar* (L.) display higher blood levels of canthaxanthin than astaxanthin. *Aquaculture Nutrition* 9, 253-262.
- Kobler, A., T. Klefoth, T. Mehner, and R. Arlinghaus. Coexistence of behavioural types in an aquatic top predator: a response to resource limitation? *Oecologia*. 161, 837-847.
- Kreiberg, H., & Powell, J., (1991). Metomidate sedation reduces holding stress in chinook salmon. *World Aquaculture* 22, 58-59.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B., Teien, H.C. 2007. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA rapport 5366-2007, ISBN: 82-978-82-577-5101-2, 47s.
- Kroglund, F., Teien, H-C., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J., Johansen, Å., Høgberget, R.,

- Kristensen, T., Tjomsland, T. og Haugen, T. 2010a. Smoltundersøkelser i Storelva og utenforliggende fjordområder i 2009. Betydningen av kraftverk og predasjon for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse. NIVA rapport 6084-2010, ISBN 978-82-577-5819-6. 87 s.
- Kroglund m.fl., 2010b. Bestandsestimater i Storelva 2010. NIVA rapport under utarbeidelse.
- Larsson, P.-O. 1985. Predation on migrating smolt as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar* L., populations. *Journal of Fish Biology*. 26, 391-397
- Mulcahy, D.M. (2003). Surgical implantation of transmitters into fish. *ILAR Journal* 44:4, 295-306
- Nilsson, P. A., and Brönmark, C. 2000. Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos*. 88, 539-546.
- Olsen, Y. A., Einarsdottir, I. E. & Nilssen, K. J. (1995). Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture* 134, 155-168.
- Ricker, W. E. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 119. 300 pp.
- Sharma, C.M. and Borgström, R. 2008. Increased population density of pike *Esox lucius*– a result of selective harvest of large individuals. *Ecology of Freshwater Fish*. 17, 590-596.
- Sharma, C.M. and Borgström, R. 2008. Shift in density, habitat use, and diet of perch and roach: An effect of changed predation pressure after manipulation of pike. *Fisheries Research*. 91, 98-106.

Vedlegg A.

Merkeliste over gjedder merket med utvendig Floymerke og implantert akustisk merke (totalt 53 fisk).

Dato	Lengde (cm)	Vekt (g)	Kjønn (m=1, f=2)	Floy merke nr.	Akustisk merke nr.	Lokalitet
15.04.2010	66		2	126	001/002	Utløp
15.04.2010	45	600		128	003/004	Utløp
15.04.2010	68	2350	2	131	005/006	Innløp
15.04.2010	58	1200		132		Innløp
15.04.2010	73.5	3200	2	133	007/008	Innløp
15.04.2010	68	2000	1	134	009/010	Innløp
15.04.2010	80	3900	2	135	011/012	Innløp
15.04.2010	60	1540	2	136	013/014	Innløp
15.04.2010	56.5	1300	2	137	015/016	Utløp
15.04.2010	72	2630	2	139	017/018	Utløp
15.04.2010	72	2250	2	140	019/020	Utløp
15.04.2010	75	2830	1	142	021/022	Utløp
15.04.2010	80	3600	2	143	023/024	Innløp
15.04.2010	66	1970		145	025/026	Innløp
15.04.2010	67	2920	2	146	027/028	Innløp
15.04.2010	67	2150	1	147	029/030	Innløp
15.04.2010	66	1820	1	148	031/032	Innløp
19.04.2010	67			150		Innløp
19.04.2010	64			151		Innløp
19.04.2010	69			152		Innløp
19.04.2010	45			153		Innløp
19.04.2010	76			155		Innløp
19.04.2010	95			157		Innløp
19.04.2010	63			158		Innløp
19.04.2010	62			159		Innløp
19.04.2010	70			160		Innløp
19.04.2010	75			161		Innløp
19.04.2010	56			162		Innløp
19.04.2010	*			140		Innløp
19.04.2010	56			163		Utløp
19.04.2010	54			164		Utløp
19.04.2010	67			165		Utløp
19.04.2010	84			166		Utløp
19.04.2010	54			169		Utløp
23.04.2010	77			172		Innløp
23.04.2010	35			173		Innløp
23.04.2010	53			174		Innløp
23.04.2010	*			158		Innløp
23.04.2010	66			175		Innløp
23.04.2010	*			133		Innløp
23.04.2010	63			176		Innløp
23.04.2010	32			177		Innløp
23.04.2010	54			178		Innløp
23.04.2010	77			179		Innløp
23.04.2010	79			180		Innløp
23.04.2010	32			181		Innløp
23.04.2010	*			134		Innløp
23.04.2010	65			170		Innløp
23.04.2010	92			171		Innløp
28.04.2010	45	560	1	190		Innløp
28.04.2010	95	5650	1	191		Innløp
28.04.2010	58	1300	2	192		Innløp
29.04.2010	60	1600		193		Innløp

Vedlegg B.

Fangst av gjedde på fritidsfiskeutstyr under gjeddefestivalen (22.-23. mai). Floy-merket fisk er angitt med nummer, og akustisk merket fisk med *. Nr 136 og 133 ble avlivet, mens nr 148 ble gjenutsatt.

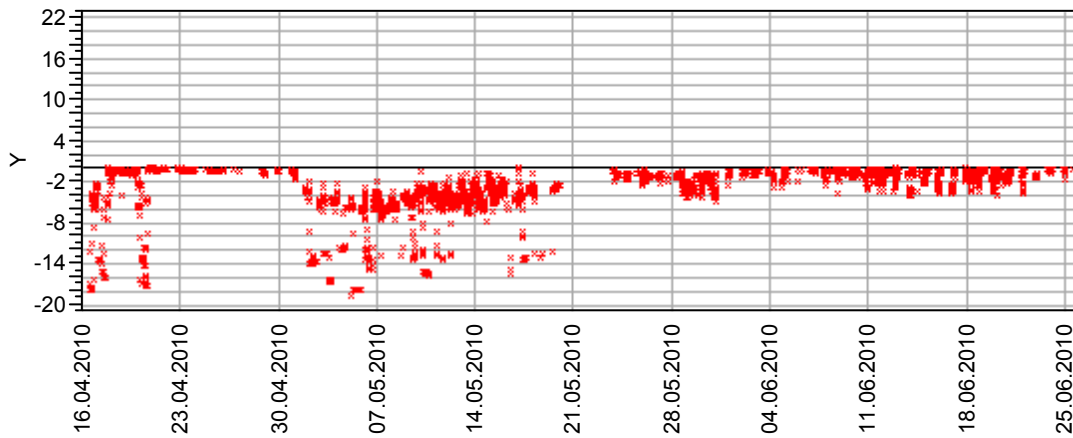
Nr	Lengde (cm)	Vekt (g)	Merke nr	Ant. Smolt i magen	Navn på fisker
1	62	1600	136*	0	Kai Henning Holun
2	65	1800		3	Kai Henning Holun
3	44	490		0	Kai Henning Holun
4	46	500		2	Kai Henning Holun
5	55	900	174	0	Lars Sundsdal
6	45	460		0	Eilef Angelstad
7	63	1500		0	Teodor Nyno Lunde
8	46	460		1	Teodor Nyno Lunde
9	80	3300		2	Bente Gripp
10	57	1300		4	Bente Gripp
11	70	2500		1	Kristoffer Noddeland
12	48	600		1	Geir Markussen
13	57	1200		0	William Enger
14	66	1900		1	William Enger
15	69	2000	165	0	Frode Frøyna
16	56	930		0	Jarle Hagane
17	34	200		0	Knut Olav Valle
18	58	1200		0	Ole Jonny Kilen
19	55	900		3	Ole Jonny Kilen
20	46	600		2	Geir Arne Nordal
21	57	900		0	Håvar Olsen
22	76	2600		1	Morten Andersen
23	60	1400	192	0	Andreas Ramlet
24	48	600		0	Knut Harald Ramlet
25	41	350		1	Knut Harald Ramlet
26	49	700		1	Knut Harald Ramlet
27	66	1600		0	Steinar Kvifte
28	55	1000		0	Bente Gripp
29	46	600	190	2	Kim Oveland
30	42	450		2	Olsen
31	50	800		1	Anders Espeneland
32	58	1200	132	0	Tor Ingevald Kilen
33		390		2	Williamsen Enger
34		750		0	Tor Ingevald Kilen
35	70	1900		1	Torfin Løvdal
36	78	3200		0	Stefani Torvilsen
37	48	620		0	Team Hagane
38	57	1100		0	Nelly Marcussen
39	75	2500	152	1	Jan Ove Johansen
40	70	2100		2	Jan Ove Johansen
41	76	2800		0	Jan Ove Johansen
42	56	1100		3	Jan Ove Johansen
43	51	700	153	0	Jan Ove Johansen
44	39	350		0	Jan Ove Johansen
45	52	850		0	Jan Ove Johansen
46	74	2650		4	Team Australia
47	45	500		1	Team Australia
48	48	600		0	Team Australia
49	38	250		0	Team Australia
50	33	200		0	Team Australia
51	43	400		0	Kim Sollid
52	76	2500	133*	1	Tor Ingevald Kilen
53	75	2500		0	Tor Ingevald Kilen
54	45	500		0	Geir Arne Nordal
55	28	125		0	Geir Arne Nordal
56	62	1850		3	Torfin Bjørnstad
57	66	1820	148*		Geir Marcussen

Vedlegg C.

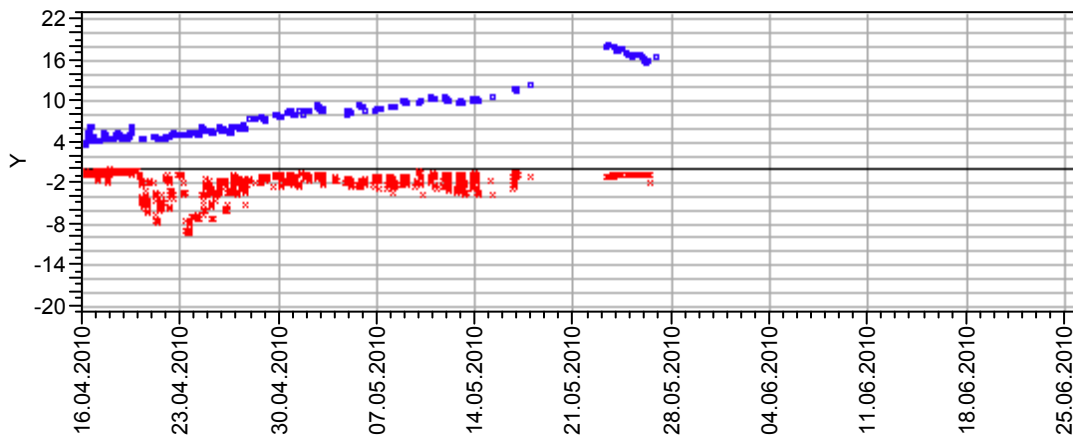
Tidsseriedata for smoltutvandringsperioden på temperatur og dyp fra gjedde merket med akustiske fiskemerker

Y × Depth (m) ■ Temp (C)

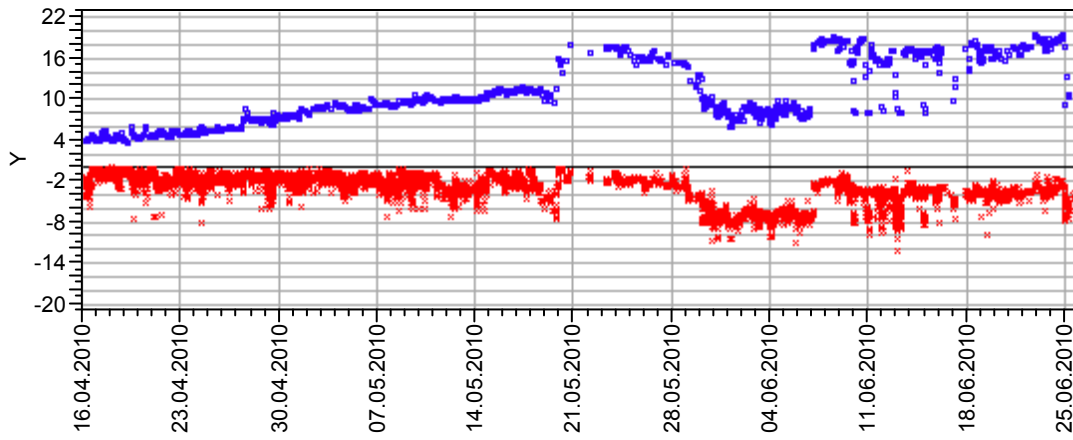
Gjedde 1. Hunn, 66 cm. Temperaturmåler defekt. Fanget og utsatt ved utløp. Fanget på sluk og gjenutsatt 29. april ved utløpsosen.



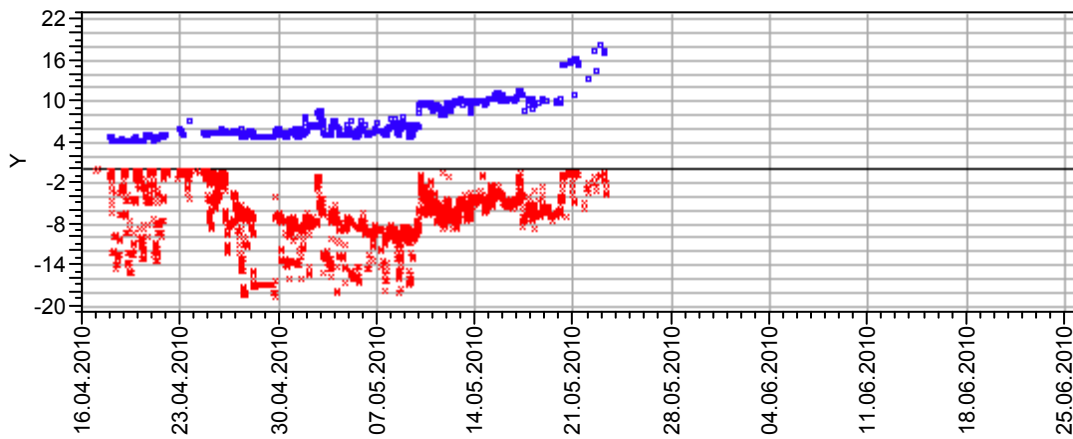
Gjedde 2. Kjønn ubestemt, 45 cm og 600 g. Fanget og utsatt ved utløp. Antatt død ca 27. mai, da alle målinger viste at merket lå stabilt på 19,5 meter ut studieperioden.



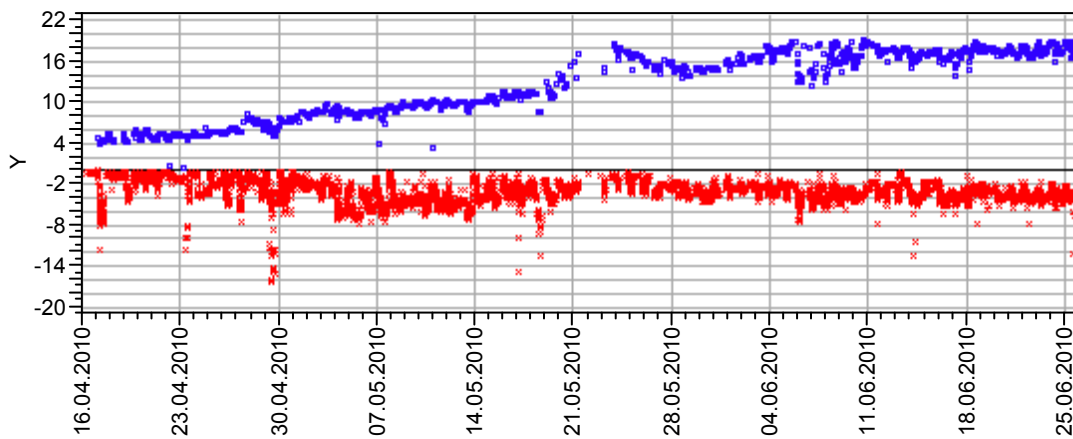
Gjedde 3. Hunn, 68 cm og 2350 g. Fanget og utsatt ved innløp.



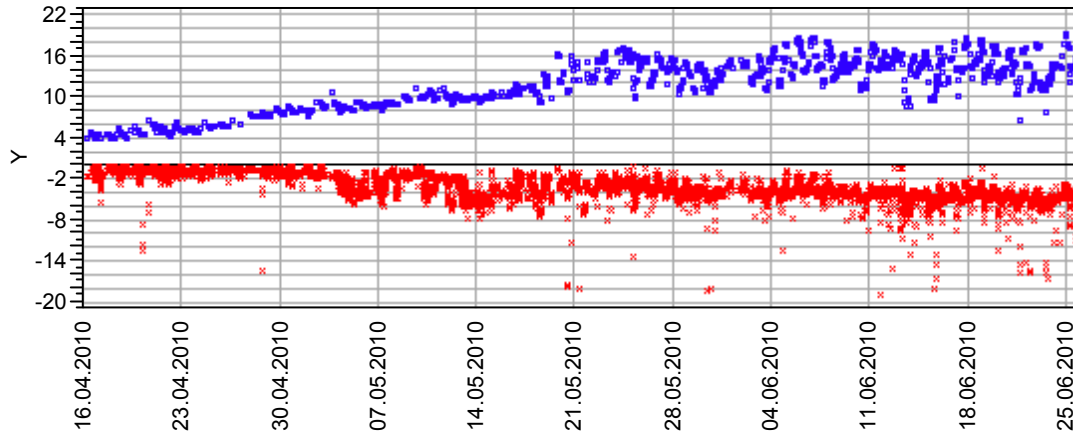
Gjedde 4. Hunn, 73,5 cm og 3200 g. Fanget og utsatt ved innløp. Fanget og avlivet på gjeddefestivalen (23. mai).



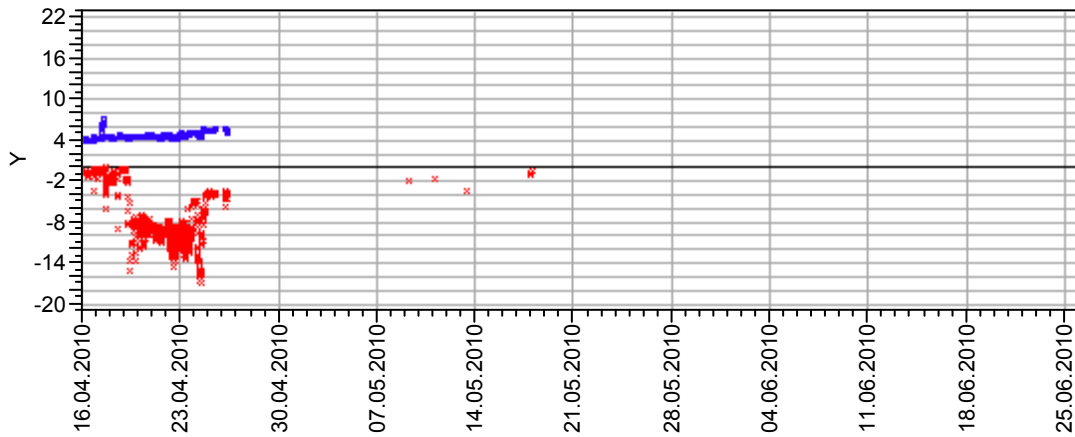
Gjedde 5. Hann, 68 cm og 2000g. Fanget og utsatt ved innløp.



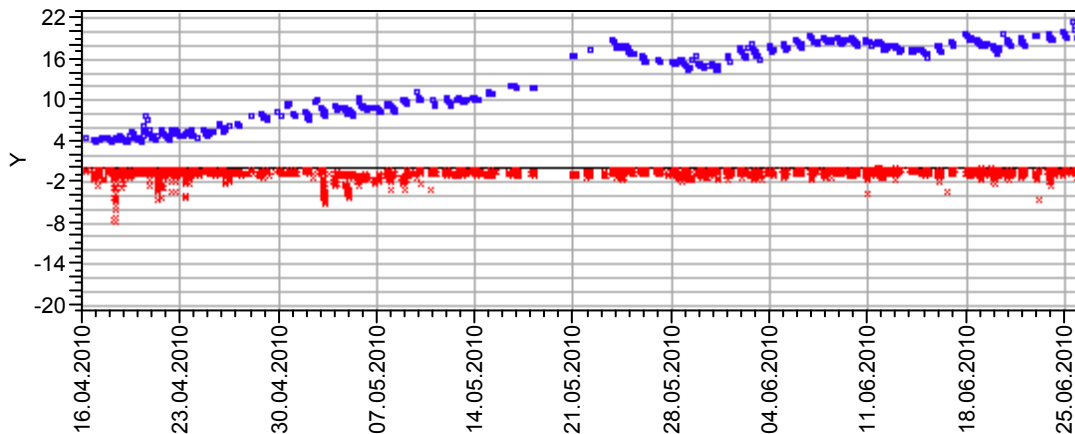
Gjedde 6. Hunn, 80 cm og 3900 g. Fanget og utsatt ved innløp.



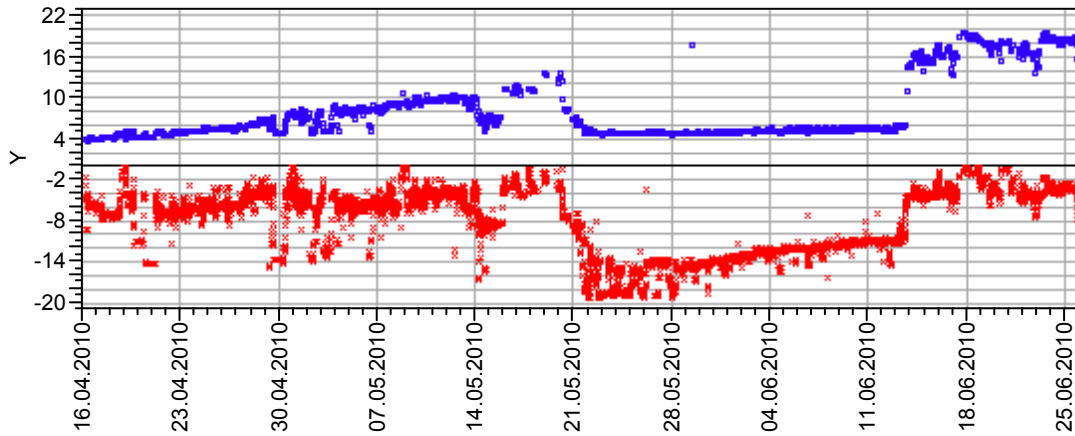
Gjedde 7. Hunn, 60 cm og 1540 g. Fanget og utsatt ved innløp. Fanget og avlivet på gjeddefestivalen (23. mai).



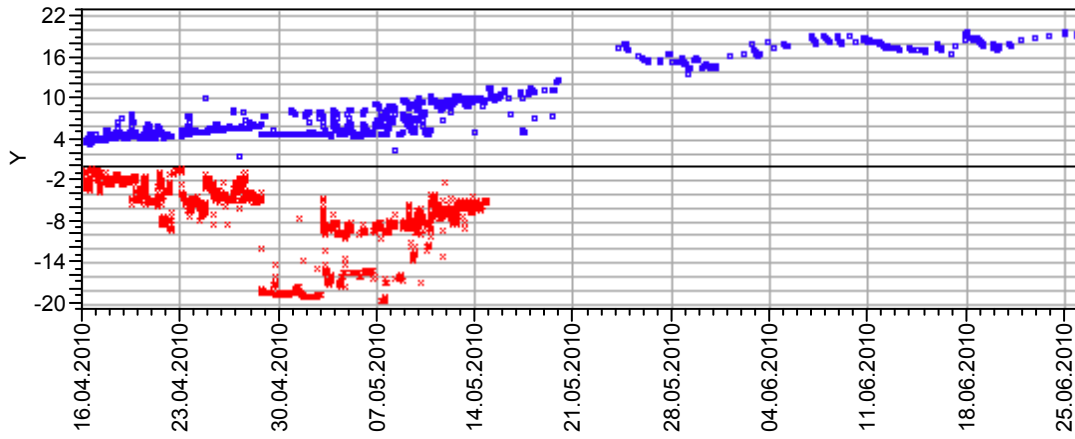
Gjedde 8. Hunn, 56,5 cm og 1300 g. Fanget og utsatt ved utløp.



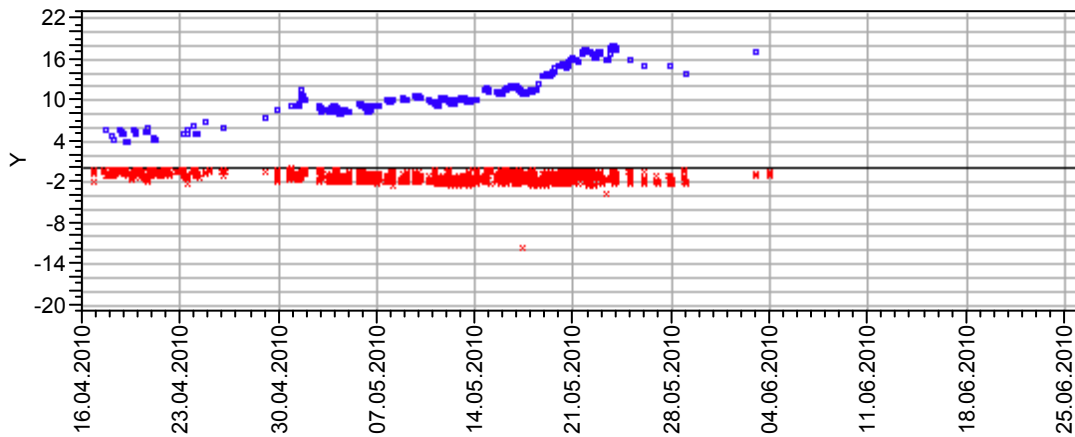
Gjedde 9. Hunn. 72 cm og 2630 g. Fanget og utsatt ved utløp.



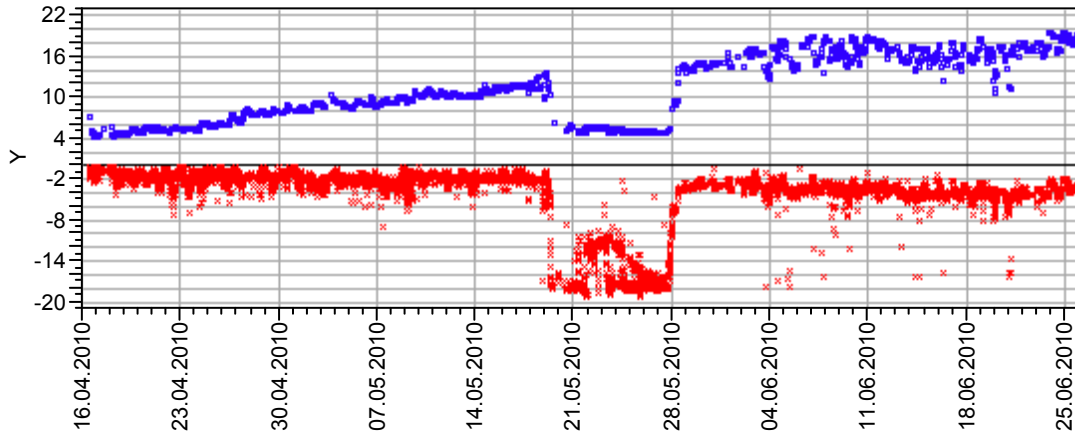
Gjedde 10. Hunn. 72 cm og 2250 g. Fanget og utsatt ved utløp. Dybdemåler defekt fra 15. mai.



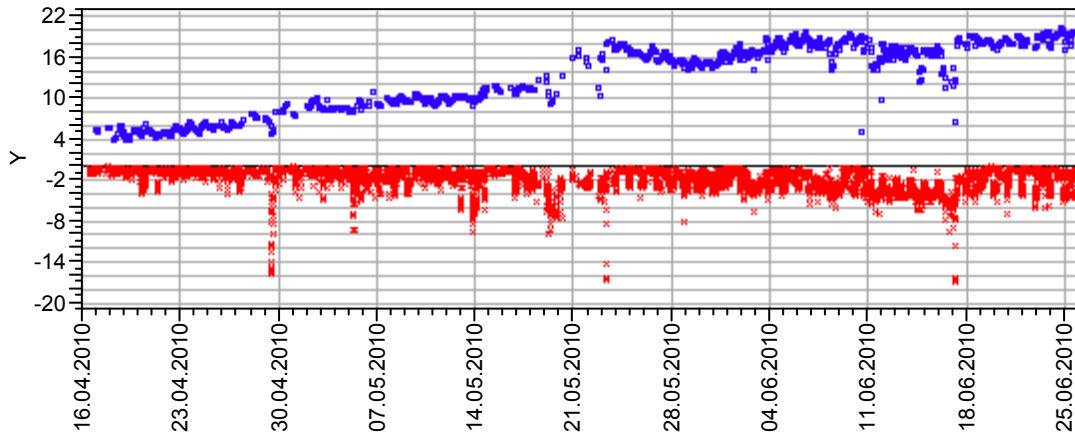
Gjedde 11. Hann. 75 cm og 2830 g. Fanget og utsatt ved utløp.



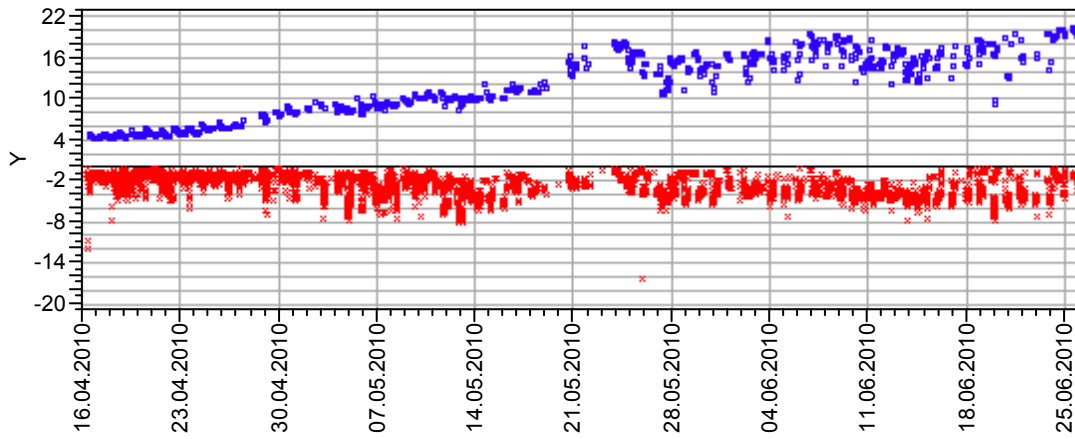
Gjedde 12. Hunn. 80 cm og 3600 g. Fanget og utsatt ved innløp.



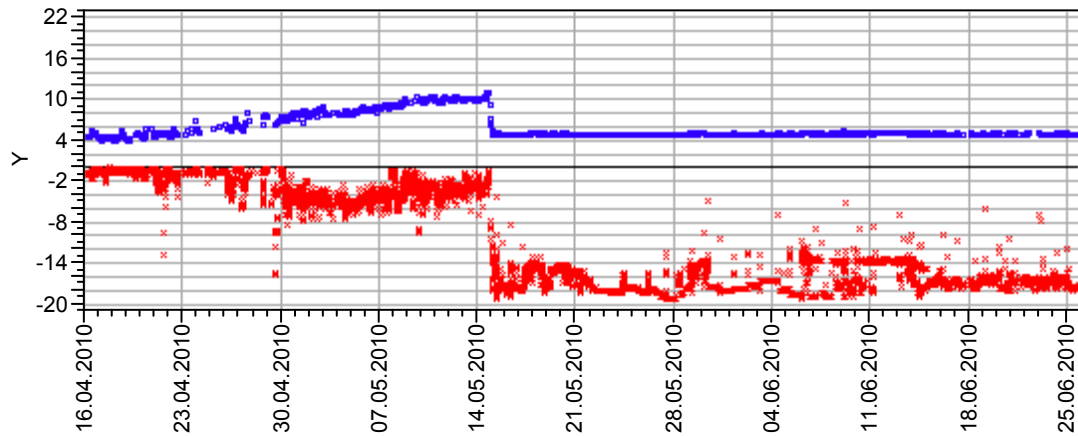
Gjedde 13. Kjønn ukjent. 66 cm og 1970 g. Fanget og utsatt ved innløp.



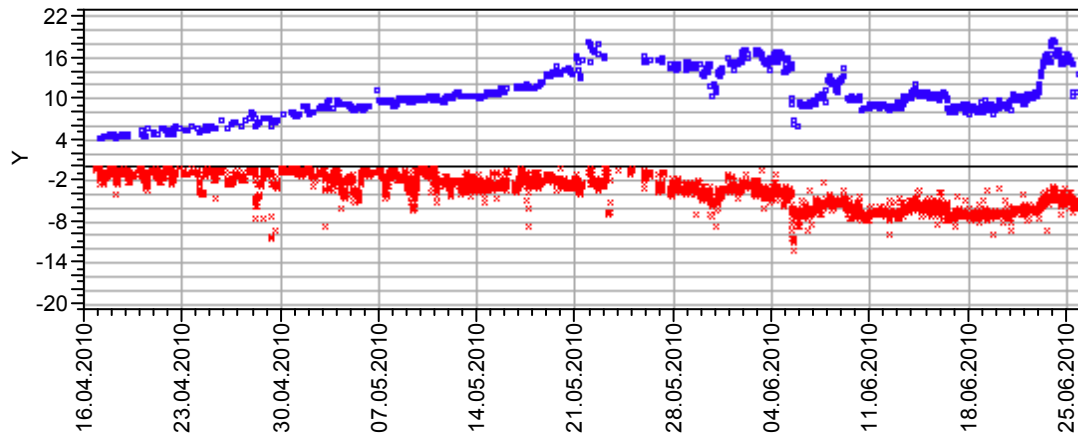
Gjedde 14. Hunn. 67 cm og 2920 g. Fanget og utsatt ved innløp.



Gjedde 15. Hann. 67 cm og 2150 g. Fanget og utsatt ved innløp.



Gjedde 16. Hann, 66 cm og 1820 g. Fanget og utsatt ved utløp. Fanget og gjenutsatt på gjeddefestivalen (23. mai).



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no