

Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel



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 Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel	Løpenr. (for bestilling) 6148-2011	Dato Mars 2011
	Prosjektnr. Undernr. O-29446	Sider Pris 71+vedlegg
Forfatter(e) Frode Kroglund, Jim Güttrup, Thrond Haugen, Kate Hawley, Åsmund Johansen, Anders Karlsson, Torstein Kristensen, Espen Lund, Carolyn Rosten	Fagområde Laks	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse 05040029-6
---	---------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Laks- og ørretsmolt i Storelva i Holt utsettes for en rekke trusler. Mens det i perioden fra 2003 til 2008 ble fokusert primært på betydningen av aluminium i brakkvann er det fra 2009 også fokusert på andre trusler. For å vurdere hvilken betydning disse andre truslene hadde på smoltproduksjon må bestandsstørrelse samt naturlig smoltproduksjon beregnes. Dagens smoltproduksjon er her beregnet ut fra fangst av umerket smolt samt ut fra merke-gjenfangst av individmerket smolt. Begge metodene estimerer at dagens smoltproduksjon er på ca 13.5000 smolt. Ut fra en forventet naturlig gytebestandstørrelse på 565 kg hunnlaks burde produksjonen ha vært på ca. 25.000 smolt. Smoltproduksjonen er derfor ca 50 % lavere enn potesialet. Både få gytelaks og oppvandringshinderet ved Hammerdammen bidrar til redusert produksjon av laksesmolt. Antall gytelaks i elva reduseres også som følge av trusler smolten opplever under utvandring i elva og i fjorden. Uten tiltak avliver Fosstveit kraftverket omkring 12 % av all utvandrende smolt i turbinen og forårsaker en tilsvarende stor overdødelighet videre nedover i elva. Tiltak som ble prøvd våren 2010 reduserte denne påvirkningen til å berøre mindre enn 1 % av smolten. I de nedre delene av elva spiser gjedda i størrelsesorden 30 til 50 % av smolten, hvor tapet er omvent proporsjonalt med smolttetthet. Gjedde kan således forhindre gjenoppbygging av en bærekraftig laksebestand ved å redusere antall smolt som når havet. Hemming av utvandring som følge av aluminium i brakkvann, er påvist som en faktor tidligere år. Summen av trusler gjør at gytebestandsmålet ikke vil kunne oppnås. Det er mulig å gjennomføre tiltak i forhold til alle identifiserte trusler i elva.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atlantisk laks 2. Bestandsestimat 3. Kraftverk 4. Gjedde 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atlantic salmon 2. Population estimates 3. Hydropower 4. Pike
---	--



Frode Kroglund
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks

Storelva i Holt som eksempel

Forord

Laks utsettes for en rekke trusler som alle kan bidra til å redusere oppnåelse av gytebestandsmålet. I Storelva i Holt er det identifisert flere forhold som kan bidra til redusert laksefangst. Siden 2005 har Direktoratet for naturforvaltning støttet forskning som belyser betydningen de ulike truslene har på smoltutvandring. Fra prosjektets start til nå er innholdet i de årlige undersøkelsene endret. Mens fokus i starten var på å beskrive de kjemiske forandringene knyttet til aluminium i brakkvann er fokus nå satt på å vurdere et samlet trusselbilde.

Vår kontaktperson i DN har vært Roar A. Lund mens Dag Matzow har vært kontaktpersonen hos Fylkesmannen i Aust-Agder. Vi vil også takke for all hjelp og støtte vi har fått lokalt. Vi takker for samarbeidet og den støtte vi har fått.

Grimstad, mars 2011

Frode Kroglund

Innhold

Sammendrag	7
Summary	9
1. Innledning	10
2. Fangst- og gjenfangststasjoner	12
2.1 Organisering av rapporten	12
2.2 Fangst- og gjenfangststasjoner	12
2.3 Fiskegruppene	13
2.4 Merkeprosedyrer	15
2.4.1 PIT-merker	15
2.4.2 PIT-stasjoner	15
2.5 Gjenfangststasjoner; Smoltfeller og PIT-stasjoner	16
2.5.1 Oppstrøms kraftverket; smoltfelle	16
2.5.2 Minstevannføringsløpet (gamle elveløpet); PIT-stasjon BRU	17
2.5.3 Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket: smoltfelle	18
2.5.4 Fosstveit: PIT-stasjon	18
2.5.5 Butjønna; smoltfelle	19
2.5.6 Butjønna; PIT-stasjon	19
2.5.7 Lundevatn; PIT-stasjon 1870	20
2.5.8 Smoltfelle i Strømmen	20
2.6 Merke-gjenfangst metoder	21
2.6.1 Lincoln–Petersen	21
2.7 Overlevelse	22
2.8 Vandringshastighet	22
2.9 Når på døgnet vandrer smolten?	23
3. Materialet - fysio-kjemiske forhold	24
3.1 Vannføring	24
3.2 Temperatur	25
4. Materialet - fiskefangst	26
4.1 Fangst av smolt i smoltfellene	26
4.2 PIT-merking og slippsted	27
4.3 Antall PIT-merka smolt påvist nedstrøms utsettingsstedet	29
4.3.1 Laksesmolt	29
4.3.2 Ørretsmolt	30
4.4 Felleeffektivitet	33
4.5 Merke-gjenfangstanalyser på sannsynlighet for fangst og overlevelse	33
5. Smoltutvandring og bestandsestimat	36
5.1 Smoltutvandring, smoltfellefangster	36
5.1.1 Oppstrøms kraftverket	36
5.1.2 Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket	36
5.1.3 Butjønna	37

5.1.4 Strømmen	38
5.1.5 Sammendrag - utvandringstidspunkt	39
5.2 Smoltutvandring, gjenfangster i smoltfellene og PIT-stasjonene	40
5.2.1 Gjenfangst på utsettingslokalitet	40
5.2.2 Gjenfangst i nedenforliggende smoltfeller og PIT-stasjoner	41
5.3 Vandringshastighet	42
5.3.1 Vandringshastighet for hver utsettingsgruppe; PIT-Fosstveit til PIT-1870	42
5.3.2 Vandringshastighet; Kontroll 1 (K1)	43
5.3.3 Vandringshastighet; Kontroll 2 (K2)	44
5.3.4 Vandringshastighet; Turbin 1 (T1)	46
5.3.5 Vandringshastighet; Turbin 2 (T2)	47
5.3.6 Gjeddegruppa	48
5.3.7 Konklusjon	49
5.4 Tidspunkt på døgnet som smolten vandret	50
6. Bestandsestimat basert på fellefangst	52
6.1.1 Bestandsestimat basert på ukorrigerede fangster	52
6.1.2 Estimat over produksjon av laksesmolt basert på korrigerede fangster	52
6.1.3 Samlet produksjon fra fangst av umerket smolt	54
6.1.4 Samlet produksjon fra gjenfangster av PIT-merka smolt	55
6.1.5 Gjenfangster av PIT-merka laksesmolt – overlevelse	57
7. Gjenfangst av laksesmolt merket i 2009	61
8. Diskusjon; truslene og effekt på bestand	62
8.1 Hvor mange smolt skal produseres i Storelva?	62
8.2 Hammerdammen	63
8.2.1 Bestandspåvirkning	63
8.2.2 Tiltak	63
8.3 Fosstveit kraftverk	64
8.3.1 Bestandspåvirkning	64
8.3.2 Tiltak	64
8.4 Gjedde	65
8.4.1 Bestandspåvirkning	65
8.4.2 Tiltak	66
8.5 Al i brakkvann	67
8.5.1 Bestandspåvirkning	67
8.5.2 Tiltak	68
8.6 Lakselus	69
8.6.1 Bestandspåvirkning	69
8.7 Kunnskap generert i Storelva	69
9. Referanser	71
Vedlegg A. Felleeffektivitet	73
Effektivitet: PIT-1870 og smoltfelle Strømmen	73
Effektivitet: PIT-Butjønna og smoltfelle ved Butjønna	74
Effektivitet: PIT-Fosstveit	76
Effektivitet: PIT-BRU	77
Effektivitet: Smoltfelle utløp turbin fra Fosstveit kraftverk	77
Effektivitet: Smoltfella oppstrøms Fosstveit kraftverk	77

Vedlegg B. Repeterte gjenfangster	79
Vedlegg C. Voksen laks	82
Vedlegg D. Antall fisk fanget pr. dag i smoltfellene	83
Vedlegg E. Antall fisk fanget pr. dag på PIT-stasjonene	94
Vedlegg F. Vandringshastighet	98
Vedlegg G. Smoltalder	99
Vedlegg H. Aktivitetsliste	100

Sammendrag

Laks- og ørretsmolt i Storelva i Holt påvirkes av flere trusler. Inntil 2009 ble det primært fokusert på betydningen aluminium (Al) i brakkvann hadde på smoltutvandring. Fra 2009 er det i tillegg fokusert på andre trusler i forhold til smoltproduksjon innenfor vassdraget.

For å evaluere betydningen av de ulike truslene er det beregnet hvor mange smolt elva skal produsere forutsatt fravær av de ulike truslene. Gytebestandsmålet for laks (kg hunner) er beregnet til 565 kg (424-848). Med 1450 egg/kg laks estimeres det at det skal deponeres 820.000 egg i elva. Antas det her en overlevelse fra egg til smolt på 3 %, kan smoltproduksjonen beregnes til 25.000 laksesmolt.

Det ble i 2010 fanget smolt i til sammen 4 smoltfeller. En felle besto av et smolthjul samt eventuelt ledegarn mellom fella og land. Smolt som ble fanget ble PIT-merket (Passive Integrated Transponder) og satt ut igjen på fangstlokaliteten. Merka smolt kunne deretter gjenfanges i nedenforliggende smoltfeller og detekteres på nedenforliggende lesestasjoner for PIT-merker. Det var til sammen fire PIT-lesestasjoner i drift våren 2010.

Det ble fanget 10.807 laksesmolt og 2.450 ørretsmolt i Storelva våren 2010. I elveutløpet (Strømmen) ble det i tillegg fanget 653 sørv og 14 sik. Foruten dette ble det fanget 8 ål, 32 abbor, 13 suter og 8 gjedde. Totalt ble det fanget 114 vinterstøing av ørret og 8 av laks i elva. Vinterstøingene kan ha blitt fanget i mer enn én smoltfelle, slik at antallet kan være overestimert. Fangst av 58 vinterstøing av ørret ovenfor Fosstveit kraftverk angir minimumsestimatet.

Det er angitt fangst- og deteksjonseffektivitet for hver smoltfelle og PIT-stasjon. Basert på disse estimatene var produksjonen av laksesmolt i Storelva ca. 13.500 våren 2010. Tilsvarende beregninger basert på sannsynlighet for fangst/gjenfangst av merka smolt antyder også en produksjon på 13.800 smolt. Begge estimatene gav således samme nivå for produksjon. Hvor smolten ble produsert innenfor elva sprikte derimot med 1500 individ. Denne forskjellen kan delvis skyldes estimat for andel smolt som utvandret minstevannføringsløpet i forhold til utvandring via kraftverksturbinen. Denne usikkerheten påvirker ikke grunnlaget for produksjonsestimatene. Produksjonen av smolt innenfor Storelva var på 54 % av naturtilstanden (25.000). Det er minst fire årsaker til at gytebestandsnivået for smoltproduksjon ikke nås.

1. Vandringshindring

Hammerdammen har sannsynligvis redusert oppvandringen av laks forbi Nes Verk. Denne antakelsen er basert på ungfiskregistreringer utført for Direktoratet for naturforvaltning. Det bør igangsettes undersøkelser som dokumenterer om dette vandringshindret faktisk påvirker smoltproduksjon eller om lav produksjon skyldes få gytelaks. Få gytelaks kan skyldes at fiskeheisen ved Hammerdammen ikke fungerer, eller at det oppvandrer få laks til dette området av elva. Hvis voksen laks og sjørret finnes i området, bør det være mulig å utvide/forbedre tiltakene som sikrer tilstrekkelig oppvandring.

2. Kraftverksturbinen og -dammen

Det ble gjennomført flere tiltak ved Fosstveit kraftverk for å redusere dødelighet av smolt våren 2010. Endring av turbinbladvinkler reduserte dødeligheten ut av turbinen fra 12 % i 2009 til nivåer i området 2 til 4 % i 2010. Kraftverket påvirket mer enn den direkte dødeligheten. Kraftverksdammen påvirket utvandringshastighet forbi kraftverket. Etablering av en alternativ utvandningsrute 20. mai 2010 reduserte denne påvirkningen. Smolt som utvandret gjennom kraftverksturbinen og var i live hadde økt dødelighet fra kraftverket til elvemunningen. Denne dødeligheten var fraværende hos smolt som utvandret via den alternative ruten. Tiltakene iverksatt våren 2010 synes å ha redusert kraftverkets betydning på smoltoverlevelse fra 20-25 % til nivåer mindre enn 1 %. Den alternative utvandningsruten som ble etablert som et forsøksiltak våren 2010, bør opprettholdes og dokumenteres ytterligere. Foruten å redusere dødelighet, resulterte tiltakene også i en mer normal vandringshastighet. Erfaringene fra Fosstveit kraftverk kan benyttes som mal for tiltak i andre kraftverk.

3. Predasjon fra gjedde

Det var et betydelig tap av smolt mellom Butjønna og utløpet av Storelva. Dette tapet skyldes mest sannsynlig predasjon fra gjedde. Mens reduksjonen i overlevelse ble estimert til å være på 30 % i 2009 og ca. 50 % i 2010. Årsaken til denne forskjellen var sannsynligvis at vi fanget og transporterte ca. 4700 smolt forbi gjeddeområdene i 2010. Antall smolt som dermed utvandret gjennom gjeddebeltet var lavere i 2010 enn i 2009. Predasjon fra gjedde resulterer i at gytebestandsmålet for laks ikke vil kunne oppnås gitt dagens smoltproduksjon. Hvis det derimot ble produsert 25.000 smolt innenfor vassdraget forventes det ikke at gjeddass predasjon ville øke tilsvarende. Hvis smoltproduksjonen er stor, kan laksebestanden tåle en sameksistens med gjedde. Estimert utført i 2010 tyder på at gjedda kan være til hinder for å gjenoppbygge en sterk laksebestand, men når en sterk bestand er gjenoppbygd, vil gjeddass påvirkning av oppnåelse av gytebestandsmålet bli betydelig redusert, muligens til nivåer hvor effekten kan aksepteres. Det konkluderes med at det bør iverksettes tiltak i forhold til gjedde som tillater økt smoltoverlevelse forbi gjeddebeltet inntil normal smoltproduksjon er oppnådd.

4. Sjøoverlevelse

Utvandringen av smolt fra Storelva ble estimert til å være på ca. 3.200 basert på umerka smolt og ca. 4000 basert på merke-gjenfangst. I tillegg kommer ca. 4.700 smolt transportert til og satt ut i fjorden. Smolt satt ut i fjorden inngår i delprosjekt på sjøoverlevelse knyttet til aluminium i brakkvann (forsøk på sjøoverlevelse rapporteres ikke i år). Antall smolt som forlot Storelva var da i størrelsesorden 8.000-9.000 våren 2010. Dette tilsvarer kun 32-34 % av den antatte naturtilstanden på 25.000 smolt. Når andelen som når kyststrømmen reduseres med 80 % når det er brakkvann i området fra Songevatn til Lagstrømmen, blir utvandringen for lav til at gytebestandsmålet for elva vil kunne nås. Dette inntreffer når vannføringen i Storelva er lav, slik som den var i 2010.

Det er påvist fire alvorlige trusler for laks i Storelva. Flere av disse vil ikke ha blitt dokumentert hvis man ikke hadde økt fokus på smoltproduksjon og smoltoverlevelse. Ved at alle fire truslene ble studert samtidig har det vært mulig å utnytte data fra ett delprosjekt til å belyse problemstillinger knyttet til et annet delprosjekt. Fangst og merking av smolt ved kraftverket, som ble utført for å studere turbineffekter, inngår eksempelvis i estimatene på gjeddepredasjon. Videre viste estimer utført for å beregne betydningen av gjedde at smolt som hadde passert kraftverksturbinen hadde lavere overlevelse enn smolt som utvandret via løpet for minstevannføring. Det har derfor vært en betydelig nytteverdi i å studere et flere påvirkningsfaktorer innenfor samme vassdrag.

.

Summary

Title: Interaction between different pressures affecting salmon smolt production in River Storelva, S Norway

Year: 2011

Author: Frode Kroglund, Jim Güttrup, Thrond Haugen, Kate Hawley, Åsmund Johansen, Anders Karlsson, Torstein Kristensen, Espen Lund, Carolyn Rosten

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5883-7

Atlantic salmon production in River Storelva, Aust-Agder County, S Norway, is reduced due to several pressures. The spawning target of 565 (424-848) kg salmon females is not met. Assuming an egg deposition of 1.450 eggs/kg female salmon and a 3 % survival from egg to smolt, the river should produce 25.000 smolt.

Smolt production was in 2010 assessed using 4 rotary smolt screws. Based on catch efficiencies production was estimated to be 13.500 smolt. A similar number was calculated from tagging and subsequent recapture of PIT-tagged smolt.

There are several pressures acting on salmon in River Storelva. Liming since 1996 has reduced the pressure relating to acidification to a level where water quality within the river is interpreted being satisfactory. Despite this, smolt production has remained lower than expected. A new dam constructed in 2004 can have reduced upstream spawning and led to a 25 % reduction in smolt production. However, this alone cannot explain the overall reduction in smolt production and the low number of spawning Atlantic salmon in River Storelva.

A hydro power plant at Fosstveit (Kaplan turbine) killed around 12 % of all smolt that migrated through the turbine pipeline. Smolt that survived the turbine had a lower survival from the power plant to the river mouth (6 km) than the control fish. A bypass tested towards the end of the smolt run in 2010 appeared promising. While 70 % of the smolt migrated through the turbine prior to the bypass being opened, 90 % migrated through the bypass when this route was available. Smolt that migrated through the bypass had low mortality and normal migratory speed.

Pike was the probable cause of a 50 % reduction in smolt numbers from the power plant to the river mouth. Pike ate more smolt having passed the turbine than smolt that had migrated using the bypass. A 50 % reduction in smolt numbers reaching the coast has a severe impact on the number of returning salmon. If smolt production was high (25.000) pike predation would still have an impact, but the ecological effect would most likely be much lower as there is a limit to how many smolt a pike can eat. Enhancement strategies to increase smolt production can reduce effects caused by pike to levels where the smolt loss is regarded as “acceptable”.

Aluminium in brackish water (studied in 2007 and 2008) reduced the number of smolt reaching the coastal waters by another 40 %.

The population effects caused by the four mentioned pressures can be reduced by various measures: The fish elevator at Hammerdammen can be improved reopening the upstream areas for production. Losses at the power plant can probably be reduced to levels where less than 1 % of the smolt run is affected. The relative loss of smolt to pike will most likely be reduced with increasing smolt production, assuming a relatively constant predation rate. The effects of aluminium on smolt migration within the estuary can be reduced if the river water is treated with sodium silicate. Currently all pressures sum up to levels where the spawning target cannot be reached.

1. Innledning

Fangst av laks og sjørøret i Storelva i Holt er dårligere enn det som forventes ut fra produksjonsarealene og vannkjemi i elva. Vassdraget er plassert i kategori 3b (sårbar opprettholdes med tiltak). Gytebestandsmålet for laks (kg hunner) er beregnet til 565 kg (424-848) (Anon 2010). Antas 50:50 fordeling mellom kjønnene og en snittvekt på 2,5 kg betyr dette at det skal være en oppvandring av ca 450 voksne laks for å oppnå gytebestandsmålet. For at bestanden skal være høstbar må oppvandringen være større enn dette. Fangstene de siste ti årene har vært betydelig lavere enn dette (henholdsvis 11 og 21 laks i 2008 og 2009). Til tross for lav fangst av laks ble det i 2009 estimert at smoltproduksjonen var i størrelsesorden 13.500 laksesmolt. Antall gytefisk i Storelva må derfor ha vært betydelig høyere enn det laksefangstene antyder.

Overvåking av oppvandrende fisk ved Fosstveit kraftverk (6 km ovenfor elvemunningen), fangst av laks for å skaffe rogn (som deretter benyttes til produksjon av stamfisk for rognplanting i Tovdalselva og Nidelva) samt fangst antyder at oppvandringen av laks i Storelva må ha vært på minst 160-200 individer. En smoltproduksjon på ca 13.500 laksesmolt trenger derfor ikke å være et urimelig nivå. Dette er imidlertid kun halvparten av det som er minimumsbehovet for å nå gytebestandsmålet. På grunn av bestandsestimater som lot seg utregne i 2009 ble det fokusert på trusler som ikke var like tydelig tilstedeværende i tidligere års undersøkelser. I 2010 ble det satt mer fokus på truslene i vassdraget.

I årsrapporten fra 2009 ble det påvist at ca 12 % av smolten som utvandret via kraftverksturbinen ved Fosstveit døde (Kroglund mfl. 2011a). I 2010 var målet å få smolten til å vandre utenom denne turbinen (Kroglund mfl. 2011b). Effekt av kraftverket på bestandsnivå rapporteres her.

I 2009 ble det påvist at overlevelsen fra Fosstveit til elvemunningen var på 70 % (Kroglund mfl. 2011a). Redusert overlevelse kunne delvis tilskrives gjeddepredasjon, samtidig som noe dødelighet kan skyldes en forsinket effekt av å passere kraftverket via en turbin. Effekt av kraftverk og av gjeddepredasjon på overlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen ble undersøkt i 2010 og rapporteres i egne rapporter (Kristensen mfl. 2010 og Kroglund mfl. 2011b).

Vassdraget er forsuret. Forsurningsnivået har alltid vært mer moderat i Storelva enn tilfellet er i nabovassdragene mot vest. Forsuringen ble antatt å være årsaken til svak laksebestand allerede på midten av 1950-tallet (St.prop 4). For å motvirke forsureningsskader på fiskeproduksjon er vassdraget fullkalket siden 1996. Fylkesmannen i Aust-Agder uttrykte en bekymring for utviklingen i fangst av laks etter kalkingen i 2003. I løpet av de 7 årene med fullkalking var det forventet at fangstene av laks hadde økt. Fraværet av økt laksefangst gjør at Storelva avvek fra andre kalka elver i regionen. Undersøkelsene utført i 2003 konkluderte med at kalkingen gav en tilfredsstillende vannkvalitet i elva, men at man ikke kunne utelukke at aluminium (Al) i brakkvann skadet smolten under utvandring, alternativt hemmet preging og tilbakevandring av laks (Kroglund, 2007). Undersøkelser utført i 2007 og 2008 viste at smoltvandringen avvek fra det som vurderes som normalt. Både antall smolt som utvandret samt vandringshastighet var lav. Atferdsavviket syntes mest uttalt i de indre fjordbassengene (Songevatn og Nævestadfjorden) når disse hadde en saltholdighet i intervallet $>1 < 10$ promille (Diserud mfl. 2011). Innenfor dette saltintervallet vil Al fra elva påvirkes av økt saltholdighet og transformeres til former som er akkumulerbare på vev (gjeller og luktepitel). Vi kan ut fra eksisterende data ikke forkaste hypotesen om at Al i brakkvann har en bestandseffekt. Effekt på bestandsnivå rapporteres her.

Inndosering av natrium-silikat i elvevannet vil bidra til å redusere effektene knyttet til Al i brakkvann (Teien mfl 2009). Kostnadene knyttet til dette som tiltak ble vurdert som for høyt av DN i 2009. Alternative tiltak som transport av smolt forbi problemområdene i brakkvann med bil ble prøvd (Kroglund mfl. 2011a). Tilbakevandring av fisken kan forventes i 2010, 2011 og 2012.

Vi presenterer i denne rapporten data fra smoltfellefangstene samt merke-gjenfangstundersøkelsene i 2010. Ettersom resultatene fra de ulike trusselvurderingene har betydning for bestandsestimatene presenteres en syntese fra resultatene fra disse her. Det presenteres også data på vandringshastigheter samt data på når på døgnet fisken utvandret.

2. Fangst- og gjenfangststasjoner

2.1 Organisering av rapporten

For å estimere bestandsstørrelse trengs informasjon om både fangst og felleeffektivitet (smolthjul) eller deteksjonseffektivitet (PIT-stasjon). Smolthjul ble benyttet til å fange fisken. Et smolthjul med ledegarn benevnes heretter som smoltfelle. Hver PIT-stasjon hadde to antenner. Disse omtales samlet som stasjon. Fangst- og deteksjonseffektivitet vil variere mellom fangststedene og detekteringsstasjonene og kan variere med hensyn til art, samt gjennom fangstperioden. En stor del av rapporten er derfor viet stasjonsrelevant data. Mens beregningsgrunnlaget for fangsteffektivitet er gitt i vedlegg A, er estimatene gitt i selve rapporten. Beregning av bestandsstørrelse er basert på fangst av laks. Fangst av ørret er rapportert. Andre fangster (vinterstøing, sik, sørv med mer) er gitt i vedlegg. Antall oppvandrende laks er gitt som vedleggene. Laksesmolten i Storelva er i hovedsak 2-årig.

Basert på PIT-merka laksesmolt kan det beregnes:

- Bestandsestimat (merke – gjenfangst).
- Overlevelse (%-andel av totalt antall som påvises i de ulike smoltfellene og PIT-stasjonene).
- Vandringshastighet (tid fra merkedato til gjenfangst i PIT-stasjon eller smolthjul).
- Gjenfangst av merker i gjeddemager (Lundevatn).
- Når på døgnet en smolt passerte en PIT-stasjon.

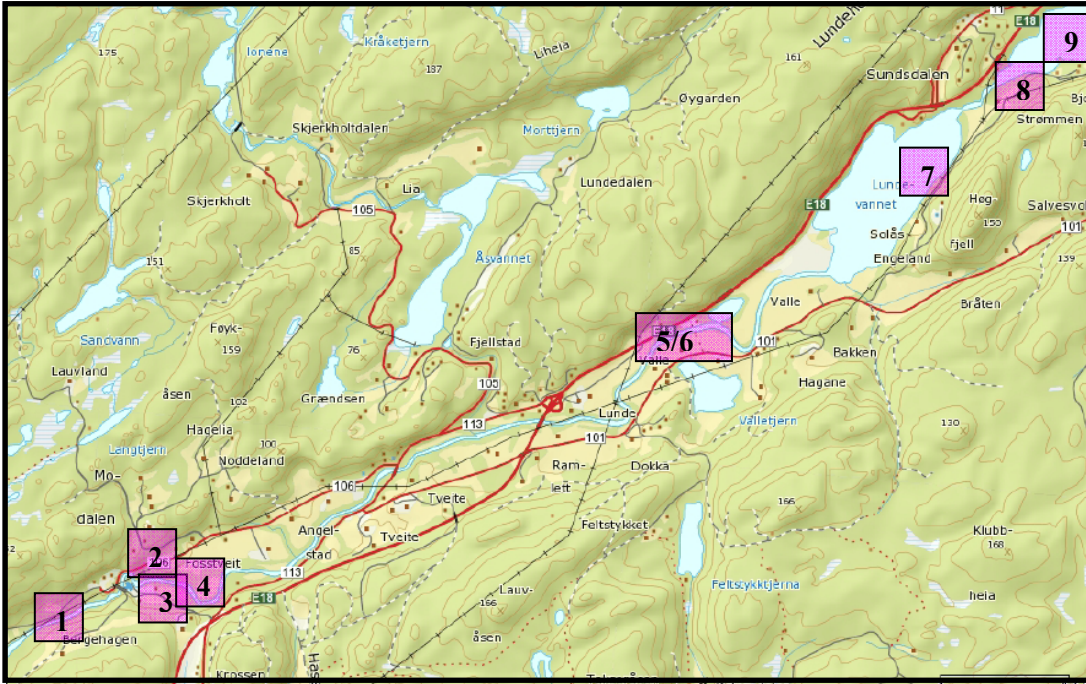
2.2 Fangst- og gjenfangststasjoner

Fisk ble fanget og merket oppstrøms kraftverket, nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket, ved Butjønna samt ved Strømmen (utløp til fjorden). Stasjonsnavn med metode er skissert i **Error! Reference source not found.** mens stasjonsplassering er vist i **Figur 1**. For å øke fangsten ble hvert smolthjul utstyrt med ledegarn (ikke Strømmen). Ledegarnet ble strukket fra smolthjulet mot land. Det ble lagt vekt på å tette godt mellom ledegarn og elvebunnen samtidig som det ble beholdt en åpning mot land for å la oppvandrende fisk passere. Ledegarnene ble røktet daglig for å fjerne driv.

Hver PIT-stasjon besto av to antenner for å øke sannsynlighet for deteksjon og for å bestemme hvilken retning fisken vandret. Ingen av smoltfellene eller PIT-stasjonene forventes å påvise/fange all fisk. Fangst- eller deteksjonseffektivitet er derfor beregnet for samtlige smoltfeller og PIT-stasjoner (se vedlegg). Når denne er kjent kan bestandsstørrelse og overlevelse estimeres. Merkeprosedyrer samt detaljer vedrørende smoltfeller og PIT-stasjoner på de enkelte stasjonene er gitt i Kroglund mfl. (2010b). Her er det gitt en kort oppsummering av fiskegruppene i kap. 2.3, merkeprosedyrer i kap. 2.4 og av smolthjul og PIT-stasjoner i kap. 2.5. Smoltfella oppstrøms kraftverket sto 370 m ovenfor kraftverksdemningen. Fra kraftverket til fjorden er det ca 6 km (**Tabell 1**).

Tabell 1. Avstander mellom ulike stasjoner våren 2010. Avstandene er akkumulert mellom Fosstveit kraftverk og Strømmen.

	Lok nr	Km	Akkumulert avstand innenfor elv & fjord
Oppstrøms til kraftverket	1	0,37	
Kraftverket til PIT-BRU	2	0,04	
PIT-BRU til PIT-Foss		0,23	
Kraftverket til PIT-Foss	4	0,19	0
PIT-Foss til Butjønna	5/6	4,0	4,2
Butjønna til Lundevatn	7	1,0	5,2
Lundevatn til Lundevatn utløp		0,88	6,1
Lundevatn utløp til Strømmen	9	0,14	6,2
Sum kraftverk til Strømmen			6,2



Figur 1. Undersøkelingsområdet. 1-4=Fosstveit kraftverk, 5-6=Butjønnå, 7=Lundevatn, 8-9=Strømmen. Avstander mellom disse lokalitetene er angitt i **Tabell 1**. (Kart fra Kystverket.no).

2.3 Fiskegruppene

Det inngår flere behandlingsgrupper av smolt i bestandsestimatene. Gruppene skyldes delprosjektene knyttet til kraftverket, gjeddepredasjon og estuarine blandsoner. Smolt merket og satt ut oppstrøms kraftverket kunne utvandre via kraftverksturbinen eller gjennom en av flere alternative ruter og ned til minstevannføringsløpet (det gamle elveløpet) (**Figur 2**). Mens smolt som utvandret via kraftverksturbinen betegnes som (T1) betegnes smolt som utvandret via det gamle elveløpet som kontrollsmolt (K1). Fiskens vandringsvalg avgjorde således om de tilhørte gruppe K1 eller T1. Oppstrøms kraftverket utgjør T1 og K1 en felles gruppe. Dette skaper utfordringer i bestandsestimatene basert på PIT-merka smolt. Smolt vi mangler gjenfangster fra er uproblematisk da disse kan fordeles på behandlingsgruppene i forhold til gjenfangst ratio. Smolt som nedvandret og som ikke ble detektert på stasjoner omkring kraftverket er mer komplisert ettersom vi ikke vet hvilken utvandring rute de valgte. Ettersom deteksjon ved PIT-BRU var på 100 % antar vi at all smolt ikke påvist her utvandret via kraftverksturbinen.

Ettersom det var usikkert om det ville utvandre smolt utenom turbinen, ble smolt fanget oppstrøms kraftverket satt ut (biltransport) nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket (K2). Det inngår således to kontrollgrupper. Det var to turbingrupper i forsøket. Turbingruppe 1 (T1) besto av smolt fanget og satt ut oppstrøms kraftverket. Turbingruppe 2 (T2) besto av smolt som utvandret via kraftverksturbinen som umerket smolt. Disse ble først merket etter kraftverket. I tillegg ble fisk fanget oppstrøms og nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket transportert og satt direkte ut i fjorden. Disse gruppene inngår i prosjektet: betydning av estuarine blandsoner og transport som tiltak. Disse fiskene inngår i estimater over smoltproduksjon på fangststedet, men deltar ikke i merke-gjenfangst studiene innenfor elva. Foruten de fire gruppene som ble etablert ved kraftverket ble en femte gruppe merket og satt ut ved Butjønnå.

De ulike vandringsrutene og dermed sannsynlighet for å bli fanget er illustrert i **Figur 2**. Ved Butjønnå økte antall fiskegrupper i elva (**Figur 3**). Denne siste gruppen vil være merket nærmere områdene med høy gjeddetetthet enn fisken sluppet ved kraftverket. Den korte avstanden (og dermed tid) fra merking til smolten når Lundevatn kan medføre økt predasjon. Vi kunne ikke før prosjektet startet anta med sikkerhet at vi ville kunne dokumentere overlevelse fra kraftverket til Butjønnå tilstrekkelig godt slik

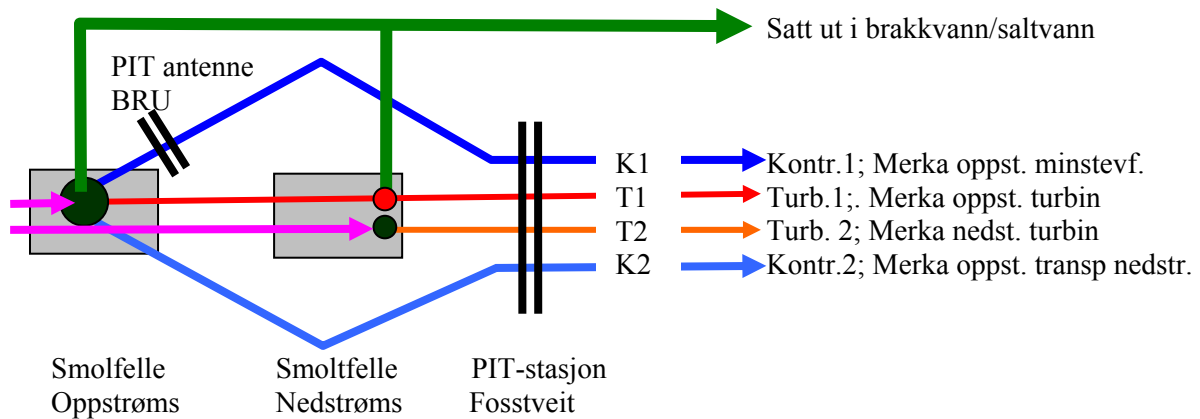
at vi kunne estimere smolttapet forbi gjeddeområdet. Samtidig vil denne fisken ha en forhistorie som er forskjellig fra forhistorien til de andre gruppene. Smolt merket ved Butjønna omtales som "Gjeddegruppa". Ut fra fangst/merking og gjenfangst kan bestandsstørrelse estimeres. Beregningsmetoder er beskrevet senere i rapporten.

K1: kontrollfisk, merka oppstrøms kraftverket, utvandret via minstevannføringsløpet

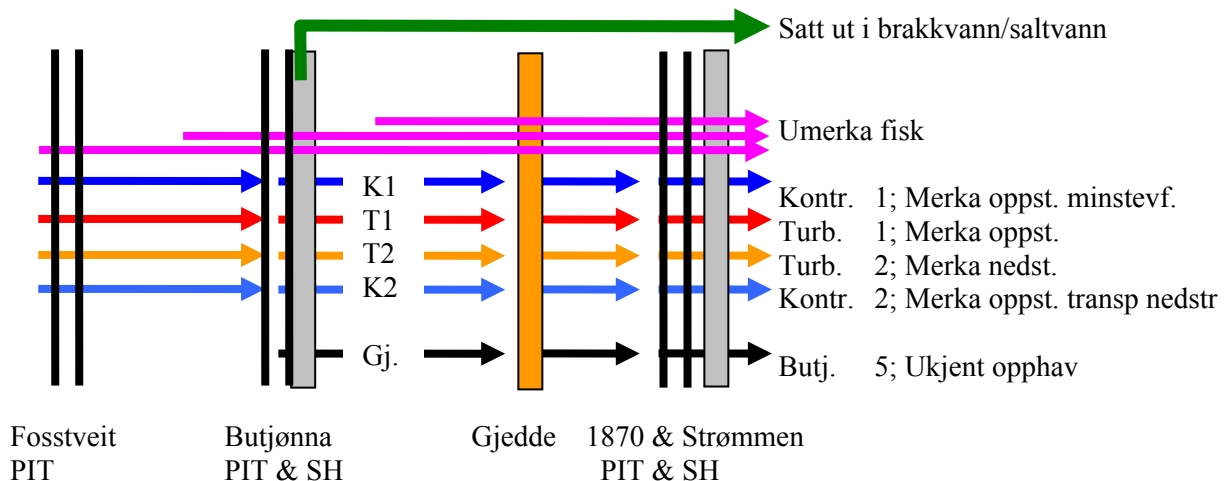
K2: kontrollfisk, merka oppstrøms kraftverket men satt ut nedstrøms kraftverket

T1: turbinfisk, merka oppstrøms kraftverket, utvandret via kraftverksturbinen

T2: turbinfisk, merka etter fangst i smoltfelle plassert nedstrøms utløpet fra turbin



Figur 2. Skisse over smoltgrupper satt ut omkring kraftverket. Lilla linje markerer umerka fisk. Grønn linje markerer fisk som er fjernet fra elva og satt ut i fjorden (marin overlevelse). Fisk ble fanget, merket og sluppet oppstrøms kraftverket (K1 og T1) eller transportert med bil og satt ut nedstrøms smolthjulet ved turbinutløpet fra kraftverket (K2). Umerka smolt fanget i smoltfella nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket vil være turbinpåvirket, men merket først etter kraftverket (T2). Grupper merket med blå strek har ikke passert turbinen (K1 og K2). Grupper merket med rød eller oransje strek (T1 og T2) er fisk som har passert turbinen, men er forskjellig med hensyn til hvor de ble fanget og PIT-merka. Alle fire grupper måtte passere PIT-stasjonen ved Fosstveit (PIT-Fosstveit).



Figur 3. Skisse over smoltgrupper fra kraftverket til Strømmen. Sorte tverrstrek markerer en PIT-stasjon. Grå rektangler illustrerer en smoltfelle. Linjer med lilla farge er umerka fisk. Vi må forvente at noe umerka fisk passerte smoltfellene. Fisk gitt blå linjer (K1 og K2) er fisk som har utvandret utenom turbin (kontrollfisk). Grupper gitt rødlige linjer (T1 og T2) har passert via turbin. Se figur **Figur 2** for ytterligere detaljer. Fisk merket først ved Butjønna er benevnt gruppe Gj (gjedde) og markert med sort linje. Ved Butjønna kunne både fisk merka oppstrøms Butjønna samt gjenfangster fra fisk merket ved Butjønna gjenfanges i både PIT-stasjon og i smoltfella. Herifra til Songevatn måtte fisken passere områder med gjedde (Butjønna til Lundevatn utløp), PIT-1870 samt smoltfella i Strømmen.

2.4 Merkeprosedyrer

2.4.1 PIT-merker

Tilnærmet all smolt >12 cm ble i 2010 utstyrt med PIT-merker (Passive Integrated Transponder). Disse ble på et senere tidspunkt gjenfunnet på smolt fanget i smoltfellene eller detektert i PIT-stasjonene. Det inngår både laks og ørret i de fleste smoltgruppene. Det legges her mest vekt på data fra laksesmolt. Det ble også merket et begrenset antall sik, sørv og vinterstøinger av laks og ørret.

For beskrivelse av merkeprosedyrer henvises det til Kroglund mfl. 2010b. Et PIT-merke inneholder en unik tallkode som i felt knyttes til all informasjon innsamlet om den enkelte fisk. Merket plasseres i bukhulen. Merket fisk vil bli registrert når denne passerer en PIT-stasjon, eller en håndholdt leser. Merkene var 23,1 mm lang, hadde en diameter på 3,9 mm og veide 0,6 g i luft air (Texas Instruments, TIRIS) (**Figur 4**). Etter merking ble fisken restituert i 4 til 6 timer før den ble satt ut i elva. Smolt som skulle settes ut i fjorden ble holdt i elvevann fram til neste dag for å være sikker på at vi ikke hadde noen forsinket dødelighet.



Figur 4. PIT-merkene var 23,1 mm lange og levert fra Texas Instruments (TIRIS).

2.4.2 PIT-stasjoner

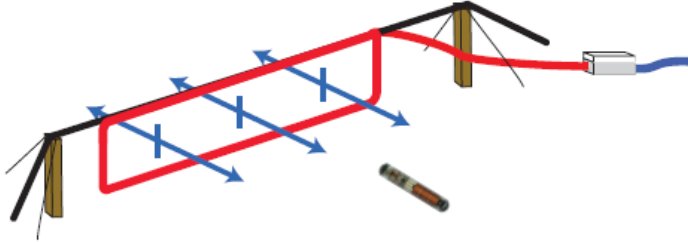
PIT-registreringssystemet er satt sammen av kommersielt tilgjengelig radiofrekvens identifiseringsutstyr (RFID). Utstyret er produsert av Texas Instruments (TIRIS S-2000), opererer på 134,2 kHz og var tilknyttet en kontrollenhet (TIRIS RI-CTL_MB2A). Strømkilden var et 110 Ah 12V batteri som ble ladet fra strømmettet. Utladet batteri ble koplet fra antenna før lading. Selve ladingen påvirket deteksjon når batteriet var tilkopleet antenna. Leserenheten sammen med en datalogger var innebygd i en boks levert fra Oregon RFID (<http://www.oregonrfid.com>). Systemet baserer seg på lavfrekvensbølger og bygger på halv-duplex teknologi. Dette systemet er velutprøvd i vann og har mange fordeler sammenlignet med full duplex (<http://www.oregonrfid.com>).

Leserenheten var knyttet til to stemmebokser (TIRIS RI-RFM-008) som igjen var knyttet til hver sin antennesløyfe. Antennene genererer et elektromagnetisk felt som gir energi til PIT-merkene slik at disse kan sende informasjon tilbake til leserenheten. Selve antennene var bygd av 12-trådet isolert THHN-kabel. Den enkelte antennesløyfa ble strukket fra stemmeboksen som var plassert ved elvekanten, langs elvebunnen til bredden på motsatt side og tilbake i vannoverflata til stemmeboksen. Antennelengde var ca 10 m og dybde ca 90 cm. Antennene ble stemt til resonansfrekvens ved å endre konfigurasjonen til stemmeboksen. Antennekonfigurasjonen var forskjellig på hver stasjon (Kroglund mfl. 2010b). Hver antenne må derfor tilpasses de lokale forholdene. En antenne er illustrert i **figur 5**.

En PIT-stasjon besto av to antenner benevnt antenne 1 og antenne 2. De to antennene sto 2,5 m fra hverandre. Tidsforskjell i registrering gjør det mulig å angi om fisken hadde vandret opp- eller nedstrøms.

Deteksjonsavstanden målt som avstanden fra antennesløyfa til når merket ble detektert varierte med merkets orientering. Maksimum deteksjonsavstand på 60 cm ble oppnådd når merket sto horisontalt.

Minimum deteksjonsavstand var i midten av sløyfa. Oppsettet sjekket for PIT-merker 4 ganger/sek. Ethvert merke som oppholder seg innenfor en antenne mindre enn 1 sekund skal dermed med stor sannsynlighet registreres. Vi har ikke utført noen deteksjonstest for å beregne sannsynlig deteksjonsfrekvens. Hvis flere fisk ankommer antenne samtidig kan kodekollisjoner oppstå.



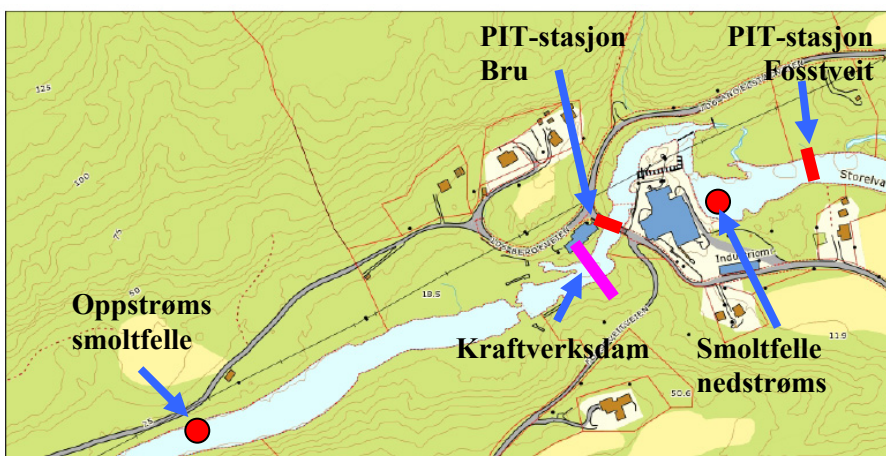
Figur 5. Illustrasjon av antennesløyfe. Illustrasjonen er hentet fra (<http://www.oregonrfid.biz>)

2.5 Gjenfangststasjoner; Smoltfeller og PIT-stasjoner

Smoltfellene og PIT-stasjonene er nedenfor beskrevet i den rekkefølge de sto i elva. Smoltfellene (smolthjul med ledegarn) var lik de som er benyttet tidligere i Storelva. Antall PIT-stasjoner var utvidet i forhold til det vi hadde i 2009.

2.5.1 Oppstrøms kraftverket; smoltfelle

Stasjonen ble startet 27. april og avsluttet 26. mai. Ledegarn var montert fra første dag. Fella var plassert 370 m oppstrøms kraftverket (**Figur 6**). Ledegarnet dekket ikke siste meteren til land. I perioder var ledegarnet presset ned under vannoverflaten pga driv. En ukjent mengde fisk unngikk sannsynligvis fella av denne grunn. Smolt som unngikk fangst her vil enten kunne utvandre via minstevannføringsløpet (det gamle elveløpet), alternativt via kraftverksturbinen. Det er mest sannsynlig ikke noe produksjonsareal av betydning mellom fella og kraftverket. Det meste av området har karakter av kraftverksmagasin. Plassering av fella er vist med bilder i **Figur 7**. Smolt som utvandret via kraftverksturbinen vil kunne bli fanget i smoltfella plassert på utløpet fra kraftverksturbinen. Andel som utvandret via minstevannføringsløpet kan ikke dokumenteres ut fra fangst av umerket smolt (ingen felle her). Utsetting av PIT-merka smolt oppstrøms kraftverket kan imidlertid benyttes til å estimere hvilken andel av smolten som vandret de to alternative rutene. Smolt merket her ble enten satt ut nedstrøms fella for å delta på smoltløpet (overlevelse samt vandringshastighet fra kraftverket til fjorden) eller den ble transportert til fjorden for å bidra til dokumentasjon av estuarin overlevelse.



Figur 6. Plassering av de ulike merke- og gjenfangststasjonene omkring Fossveit kraftverk. Smoltfella er markert med rød sirkel. PIT-stasjoner er markert som rød strek. Kraftverksdemningen er tegnet med lilla strek.



Figur 7. Foto av smolthjul oppstrøms Fosstveit kraftverk. Smolt fanget i smoltfella ble merket på merkestasjonen i forgrunnen av bildet.

2.5.2 Minstevannføringsløpet (gamle elveløpet); PIT-stasjon BRU

Stasjonen startet 21. april og ble avsluttet 2. juni. PIT-merka smolt som gikk en av de alternative rutene forbi kraftverket måtte passere denne PIT-stasjonen i minstevannføringsløpet (**Figur 8**). Andelen PIT-merka smolt som registreres her i forhold til andelen som registreres i smoltfella på utløpet fra kraftverket samt i PIT-Fosstveit angir hvilken andel av smolten som benyttet minstevannføringsløpet (smoltgruppe K1) i forhold til utløpet via turbin (smoltgruppe T1). Smolt tilhørende disse gruppene ble satt ut oppstrøms kraftverket. Gruppetilhørighet kan først defineres når smolten har vandret den ene eller den andre veien.

De manipulasjonene vi gjorde for å øke andel smolt som nedvandret til minstevannføringsløpet er omtalt i Kroglund mfl. (2010c). Høy utvandring via minstevannføringsløpet ble oppnådd først når en luke plassert nært inntaket til kraftverket ble åpnet 20. mai.

Det ble sluppet 50 smolt som grupper på 9-11 smolt den 4., 6., 7., 8. og 9. mai for å estimere antenneeffektivitet. Denne ble estimert til å være 100 %.

Kun 7 % av smolten som utvandret via minstevannføringsløpet utvandret i perioden fra 30. april til 20. mai. Det ble da åpnet en luke ved kraftverksvanninntaket. De påfølgende tre dagene utvandret 70 % av all smolt tilhørende gruppe K1 til minstevannføringsløpet. Smoltgruppe K1 var således ikke tilstede i vassdraget under hele utvandningsperioden og er følgelig en usikker kontrollgruppe.



Figur 8. Foto av PIT-stasjon BRU plassert i minstevannføringsløpet. Plassering av hver antenne er antydnet med pil. Bildet viser videre utvandningsrute til laksetrappa eller til fossen Fosstveit.

2.5.3 Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket: smoltfelle

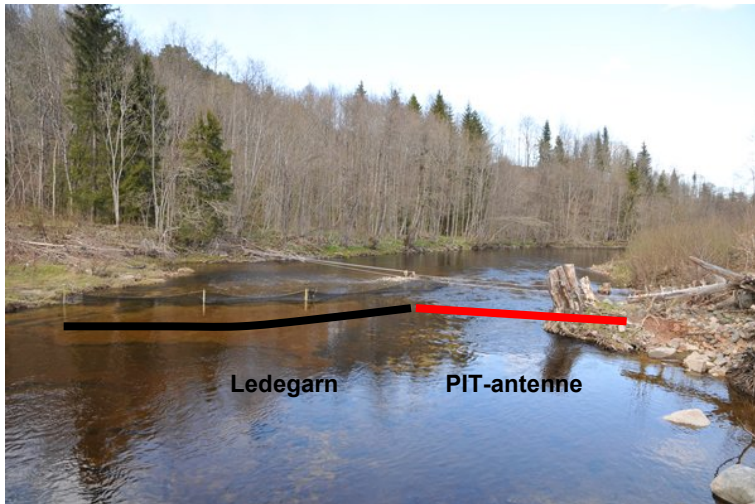
Det ble som i 2009 plassert en smoltfelle på turbinutløpet fra kraftverket. Smoltfella ble satt ut 22. april 2010 og ble utstyrt med ledegarn 26. april. Smolthjulet var påmontert ledegarn til land (**Figur 9**). Det var en åpning i ledegarnet på ca $\frac{1}{2}$ m mot land på hver side. I denne fella kunne det fanges umerka smolt samt PIT-merka smolt sluppet oppstrøms kraftverket (smoltgruppe T1). Umerka smolt fanget i denne fella som ble merka før de ble satt ut benevnes som smoltgruppe T2. Smolt merket her ble enten satt ut nedstrøms fella for å delta på smoltløpet (overlevelse samt vandringshastighet fra kraftverket til Strømmen) eller den ble transportert til fjorden for å bidra til smoltoverlevelsesstudiene.



Figur 9. Foto av smolthjul med ledegarn nedstrøms turbinutløpet fra Fosstveit kraftverk. Vann fra minstevannføringsløpet er markert med oransje pil i bildet.

2.5.4 Fosstveit: PIT-stasjon

Stasjonen startet 21. april. Stasjonen ble driftet frem til oktober 2010. Antenna dekket kun $\frac{1}{2}$ elveløpet frem til 5. mai. Det ble da montert et ledegarn fra østre elvebredd og fram til antenna (**Figur 10**). Utvandrende smolt måtte fra da av benytte vestre halvdel av elva. Inntil dette ledegarnet var plassert kunne smolt utvandre utenom PIT-antenna. Passeringer frem til 5. mai kan derfor være underestimert.



Figur 10. Foto av PIT-Fosstveit. I bildet er strekning dekket av PIT-antenna og ledegarnet markert med tekst og illustrert med strek (sort = ledegarn, rød = PIT-antenne).

2.5.5 Butjønnå; smoltfelle

Stasjonen startet 1. mai og ble avsluttet 27. mai. Det var montert ledegarn mellom smolthjulet og land fra første dag (**Figur 11**). Denne stasjonen fanget også umerka smolt som enten ikke ble fanget ved kraftverket eller som var produsert nedstrøms kraftverket. beregninger på om det var forskjeller i overlevelse og vandringshastigheten til smolt som passerte/ikke passerte turbinen ved Fosstveit kunne fortas basert på registreringene fra Butjønnå. Stasjonen markerte starten på det området av elva som har betydelig forekomst av gjedde. Gjerdde finnes også i en lavere tetthet ovenfor stasjonen. Det er ikke estimert tettheten av gjerdde oppstrøms denne stasjonen, men dette området betraktes ikke som et godt gjerddehabitat.

2.5.6 Butjønnå; PIT-stasjon

PIT-stasjonen ble igangsatt 14. mai og avsluttet 28. mai. PIT-antenna var her montert på innløpet til smoltfella plassert ved Butjønnå (**Figur 11**). Ideelt skal antallet smolt i PIT-antenna tilsvare antall fangst i fella. Det var vanskelig å innstille denne antenna, med resulterende lav deteksjonsprosent.



Figur 11. Foto av smoltfelle ved Butjønnå. Smolthjulet var påmontert ledegarn. PIT-antenna var plassert i inngangen til smolthjulet.

2.5.7 Lundevatn; PIT-stasjon 1870

PIT-stasjonen ble montert i utløpet av Lundevatn 22. april (**Figur 12**). På grunn av mye vann i elva kunne ikke antenna innstilles korrekt. Nytt forsøk ble gjort 8. mai. Det var fortsatt innstillingsproblemer. Disse ble løst 13. mai. Fra denne datoen fungerte antenna tilfredsstillende. Denne stasjonen fanget opp all nedvandrende smolt merket på stasjonene oppstrøms. Dette innebærer smolt merket oppstrøms kraftverket, nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket og ved Butjønna. Forskjell mellom antallet (prosentandel av merket) registrert ved Butjønna og PIT-1870 ga data på dødelighet og vandringshastighet gjennom Lundevatn. En eventuell overdødelighet i Lundevatn kan skyldes gjedde, men andre årsaker bør ikke utelukkes.



Figur 12. Foto av antenne på PIT-1870 på utløpet av Lundevatn.

2.5.8 Smoltfelle i Strømmen

Smoltfella ble igangsatt 1. mai og avsluttet 31. mai. Smoltvandring er her registrert årlig siden 2005 (**Figur 13**). I 2010 var fangsten betydelig redusert ettersom et større antall smolt ble fanget og transportert til fjorden fra de tre fellene oppstrøms Strømmen. I Strømmen ble det fanget umerka smolt samt smolt merka på alle fellene oppstrøms. Umerka smolt kunne enten være fra området nedstrøms Butjønna, men også stamme fra smolt som har unngått en eller flere av fellene oppstrøms.



Figur 13. Foto av smoltfella i Strømmen. Dette smolthjulet var ikke påmontert ledegarn.

2.6 Merke-gjenfangst metoder

2.6.1 Lincoln–Petersen

Den vanligste metodikken for populasjonsestimering er fangst/gjenfangst. Denne metoden har en del forutsetninger knyttet til seg. Metoden baserer seg på at fisk fanges, merkes og settes ut. På et senere tidspunkt fanges fisk på nytt, og det antas da at merket fisk har blandet seg med den resterende populasjonen. Den andel av fisken som ble merket i forhold til samlet fangst på neste tidspunkt benyttes til å beregne bestandsstørrelse.

$$R/C = M/N \quad \text{(formel 1)}$$

Estimering av populasjonsstørrelse ved merketidspunkt (N_t) ble utført med utgangspunkt i Petersens metode:

$$N = \frac{MC}{R} \quad \text{(formel 2)}$$

N_t = estimert populasjonsstørrelse ved tidspunkt t	N
M_t = Antall individer merket ved tidspunkt t	M
C_{t+1} = Antall individer fanget ved tidspunkt t+1	C
R_{t+1} = Antall individer gjenfunnet med merke ved tidspunkt t+1	R

En liten modifisering av denne formelen vurderes som mer robust, særlig hvis populasjonsstørrelsen er liten.

$$N = \frac{(M+1)(C+1)}{(R+1)} - 1 \quad \text{(formel 3)}$$

Varians til N kan beregnes som:

$$\text{var}(N) = \frac{(M+1)(C+1)(M-R)(C-R)}{(R+1)(R+1)(R+2)} \quad \text{(formel 4)}$$

En tilnærmet 95 konfidensintervall (antar at N er normalfordelt) kan beregnes som:

$$N \pm 1,965 * [\text{var}(N)]^{0,5} \quad \text{(formel 5)}$$

Forutsetningene for å benytte Lincoln-Petersen-metoden er:

1. Populasjonen er lukket. Det kan altså ikke skje innvandring, utvandring eller dødsfall i perioden mellom fangst og gjenfangst.
2. All fisk har samme sannsynlighet for å bli fanget første gang.
3. Merking av dyrene påvirker ikke sannsynligheten for å bli gjenfanget
4. Dyrene mister ikke merkingen mellom de to fangsttidspunktene
5. All merking blir rapportert i den siste gjenfangsten.

Det må forventes at det var et tap knyttet til predasjon, samt noe forsinket merkedød i perioden fra merking til gjenfangst. Vi har forsøkt å estimere dette ved å sammenligne sannsynlighet for gjenfangst til de ulike utsetningsgruppene. Såfremt det ikke er forskjeller i trusselsbildet i ulike elveavsnitt kan

man forvente at dette tapet ikke vil variere innenfor elva. Fisk som dør som følge av merkingen vil redusere antall gjenfangster og bidra til at bestandsstørrelse overestimeres.

Når merke- og gjenfangststeder er atskilt over flere km vil fisk produsert i det mellomliggende området påvirke bestandsestimatene. Vi har her forsøkt å estimere produksjonsbidrag fra Fosstveit kraftverk til Butjønna og til Strømmen. Merke-gjenfangstmetoden gjelder for merkestedet, ikke gjenfangststedet. Tilførsel eller dødelighet i det mellomliggende området vil bidra til at bestanden henholdsvis underestimeres eller overestimeres.

De andre forutsetningene som legges til grunn i estimatet ansees som oppfylt.

2.7 Overlevelse

Et mål for overlevelse fra Fosstveit kraftverk til Strømmen kan estimeres ut fra tall generert i 2010. Selve estimatet forutsetter at ikke noe smolt tilføres fra andre kilder underveis. Overlevelse kan estimeres for summen av smolt på en stasjon. Samme regnestykke kan utføres for PIT-merka grupper.

Estimatet kan utføres for områdene fra utsetting (U) til gjenfangststasjonene (G):

Oppstrøms kraftverkt til nedstrøms turbinutløpet fra kraftverk
Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverkt til Butjønna
Butjønna til Strømmen

Antall smolt fanget ved G er justert ved å ta bort estimert produksjon mellom U og G. Antall smolt fanga ved G vil være lik:

$$= \text{antall smolt ved U (estimert)} * \text{sannsynlighet for å fanges ved G} * \text{sannsynlighet for å overleve fra U til G.}$$

Denne formelen kan omskrives til:

$$\text{Sannsynlighet overlevelse} = P2/F * P1$$

Hvor: P2 er antall fisk fanget i nedstrøms felle G
P1 er antall smolt på utsettingsstedet U
F er sannsynlighet for å fanges (= felleeffektivitet)

2.8 Vandringshastighet

Tid mellom påvisning av smolt på en PIT-stasjon til neste stasjon kan tolkes som vandringshastighet. Passeringstidspunktene her vil være angitt med et nøyaktig klokkeslett (minutt og sekund). Hastighet kan også beregnes mellom smoltfeller eller mellom smoltfeller og PIT-stasjoner. Man vet ikke når på døgnet smolten ble fanget i en smoltfelle, men tidspunkt den ble sluppet fri er kjent. Hastigheter beregnet med data fra smoltfellene vil derfor være grove estimater på dagnivå.

Det ble beregnet timer fra merking til fangsttidspunkt for all fisk fanget på én stasjon (smoltfelle eller PIT-stasjon). Det ble deretter beregnet timer fra merking til 1. påvisning nedstrøms. Dette var PIT-BRU for K1 og smoltfella nedstrøms utløpet fra turbinen for T1. For K2 og T2 vil PIT-stasjon Fosstveit være første påvisningssted. Fra PIT-Fosstveit ble tid smolten brukte beregnet for strekningen ned til Butjønna, fra Butjønna og ned til PIT-1870 og herifra til smolthjulet i Strømmen. For å beregne et tidspunkt her må fisken være fanget på begge stasjoner som inngår i regnestykket.

Hastigheter beregnes som tid medgått til å tilbakelegge avstanden det er målt over. Fra oppstrøms til nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket var det 370 m. Det var 190 m fra kraftverket til PIT-Fosstveit, 4190 m til Butjønna og 1900 m herifra til PIT-1870. Herifra til Strømmen var det 140 m.

2.9 Når på døgnet vandrer smolten?

Tidspunkt for passering av en PIT-stasjon vil angi når på døgnet smolten vandrer. Det antas at vandringsatferd og dermed tidspunkt for bevegelser kan påvirkes av felleplassering og av fysiske faktorer. Disse beskrives derfor nedenfor. Det legges her mest vekt på fysiske forhold som kan tenkes å hemme eller forsinke vandring.

PIT-1870: Ingen fysiske hindringer knyttet til stasjonen. Stasjonen var plassert på utløpet av Lundevatn i strykpartiet som danner nedre del av Storelva. Innsjøen er sakteflytende og har mer elvekarakter de siste 150 m før selve PIT-stasjonen. Vannhastigheten var relativt høy der antenna var plassert.

PIT-Butjønna: PIT-antenna var plassert inni smolthjulet. Smoltfella vil utgjøre en fysisk hindring. Tidspunkt for deteksjon representerer det tidspunktet smolten av egen vilje svømte inn i fella. Det var ingen hindringer oppstrøms fella. Elva her er svakt meandrende og relativt sakteflytende. Gjenfangster av smolt fra utsettinger ved fella er ekskludert da disse kan representere utsettingstidspunktet og ikke innvandringstidspunktet.

PIT-Fosstveit: Det var ingen fysiske hindringer omkring antenna. Tidspunkt for passering vil for gruppene K2 og T1 og T2 være påvirket av tidspunkt for utsetting eller tømning av smolthjulet nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket. Det benyttes derfor kun passeringstidspunkt for smolt fra K1 til å angi naturlig utvandringstidspunkt. Smolt fra denne gruppen har utvandret over kraftverksdemningen og enten vandret via laksetrappa eller over Fosstveit (Foss) før den ble påvist i PIT-antenna. Smolt fra gruppe K1 som også ble påvist i smolthjulet er ekskludert fra materialet.

PIT-BRU: All smolt som passerte PIT-BRU tilhører smoltgruppe K1. Denne har utvandret over kraftverksdemningen før den ble påvist på Bru. Vandringen her vil være påvirket av kraftverksdemningen.

3. Materialet - fysio-kjemiske forhold

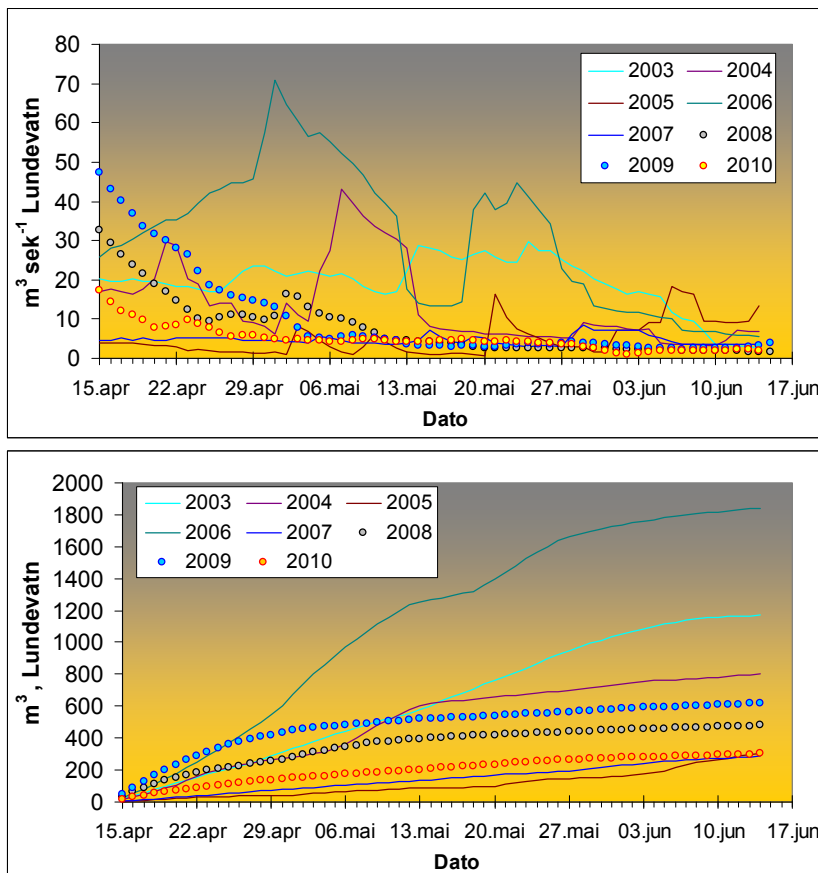
Vandring og fangsteffektivitet vil være avhengig av og knyttet til fysiske forhold i elva. De viktigste dataene presenteres derfor her.

3.1 Vannføring

Vannføringen i Storelva våren 2010 var lav. Mens midlere vannføring i perioden 15. – 30. april var på 9,1 m³/sek avtok denne til ca 4 m³ i mai. Vannføringen i mai 2010 var som i 2005 og 2009, og betydelig lavere enn i 2003 og 2006. Det er rimelig å anta at disse forskjellene vil ha betydning for når smolten vandrer, hastigheten den vandrer med og for hvilket brakkvannsmiljø smolten møter i fjorden. Høy vannføring kan samtidig resultere i raskere vandring gjennom Lundevatn (gjeddeområdet). Vi forventer også at fangsteffektivitet til smoltfellene vil være knyttet til vannføring og til vanndekt areal i Strømmen. Det var kun små forskjeller i vannføring mellom 2009 og 2010. Vi forventer ut fra dette kun mindre forskjeller i effektivitet mellom de to årene og liten variasjon i effektivitet innenfor mai måned.

Tabell 2. Midlere vannføring i periodene 15.-30. april, 1.-14. mai og 15.-31. mai for årene 2003 til 2010. Perioder med lav vannføring er markert med blå farge (<5 m³/sek).

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
15 april-30 apr	19,6	16,9	2,6	37,7	4,9	16,8	27,2	9,1
1 mai - 14 mai	20,7	24,6	3,3	47,3	4,3	9,3	6,2	4,5
15 mai - 31 mai	25,2	6,7	4,0	26,9	4,9	3,0	3,5	4,0



Figur 14. Øverst: Daglig vannføring målt i perioden 15. april til 15. juni for årene 2003 til 2010. Nederst: akkumulert vannføring fra 15. april til 15. juni for årene 2003 til 2010.

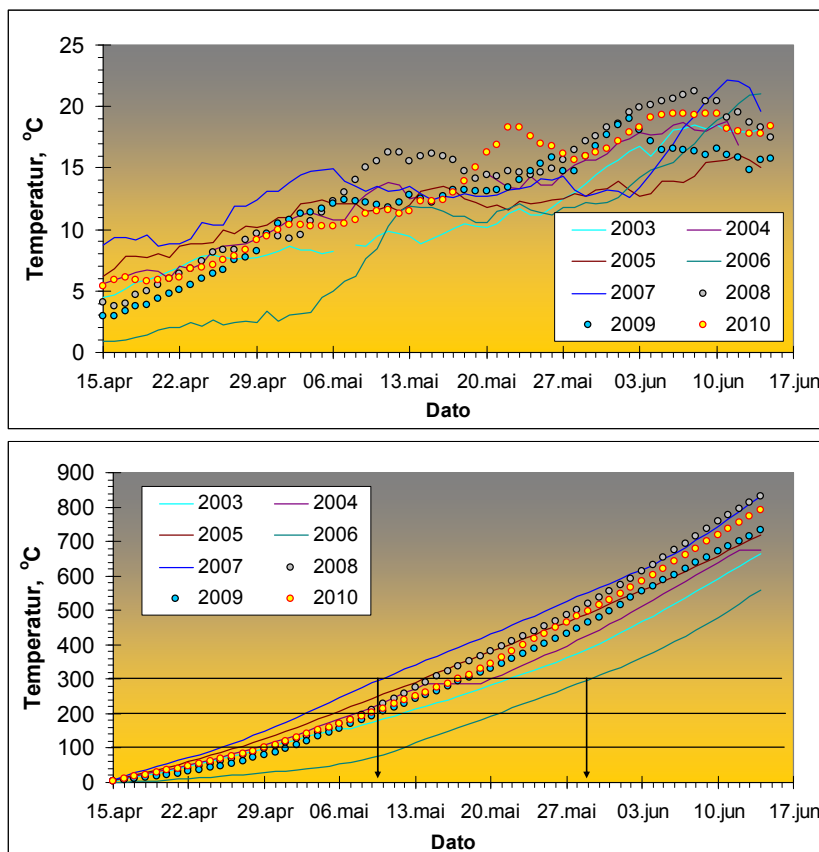
3.2 Temperatur

Temperaturen i Storelva våren 2010 var relativt høy sammenlignet med de fleste årene i perioden 2003 til 2010 (**Tabell 2**). Mens midlere temperatur i 2010 var på 6,9 °C i perioden 15. – 30. april økte denne til en middelvei på 10,9 °C de to første ukene i mai og til 15,8 °C i de to siste ukene av mai.

Temperaturen i mai 2010 var litt lavere enn i 2008, men varmere enn årene forut (**Figur 15**). Det er rimelig å anta at forskjeller i temperatur har betydning for når smolten vandrer og hastigheten den vandrer med. Forskjeller i temperatur mellom år kan også ha betydning for i hvilken grad smolten møter predatorer i Lundevatn, samt i fjorden.

Tabell 3. Midlere vanntemperatur i periodene 15.-30. april, 1.-14. mai og 15.-31. mai for årene 2003 til 2010. Perioder med lav vanntemperatur er markert med blå farge (<9 °C). Perioder med høy temperatur er markert med gul farge (>14 °C). Grønt er brukt for å markere temperaturer i intervallet 9 til 14 °C.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
15 april-30 apr	6,7	7,4	8,6	2,0	10,1	6,7	5,6	6,9
1 mai - 14 mai	8,8	11,9	11,9	6,8	13,8	13,2	11,8	10,9
15 mai - 31 mai	11,5	14,5	12,6	11,5	13,2	15,5	14,4	15,8



Figur 15. Øverst: Daglig temperatur i vann målt i perioden 15. april til 15. juni for årene 2003 til 2010. Nederst: akkumulert døgngader i vann fra 15. april til 15. juni for årene 2003 til 2010.

4. Materialet - fiskefangst

4.1 Fangst av smolt i smoltfellene

I Storelva ble det fanget 10.807 laksesmolt våren 2010 (**Tabell 4**). Dette vil være et minimumsestimat for bestandsstørrelse. I fangsten var 2355 laksesmolt <12 cm, mens 8452 var >12 cm. Det ble til sammen fanget 2450 ørret. I Strømmen ble det i tillegg fanget 653 sørv og 14 sik. Foruten dette ble det fanget 8 ål, 32 abbor, 13 suter og 8 gjedde. Disse artene omtales ikke ytterligere her. Daglige fangster av laks- og ørretsmolt (merka og umerka smolt) er gitt i vedlegg D for hver av fangststasjonene. Fangstene av umerka laks- og ørretsmol er her fordelt på lengdekategorier og oppsummert for hver stasjon. Daglig deteksjon av laks- og ørretsmolt i PIT-stasjon er gitt i vedlegg E.

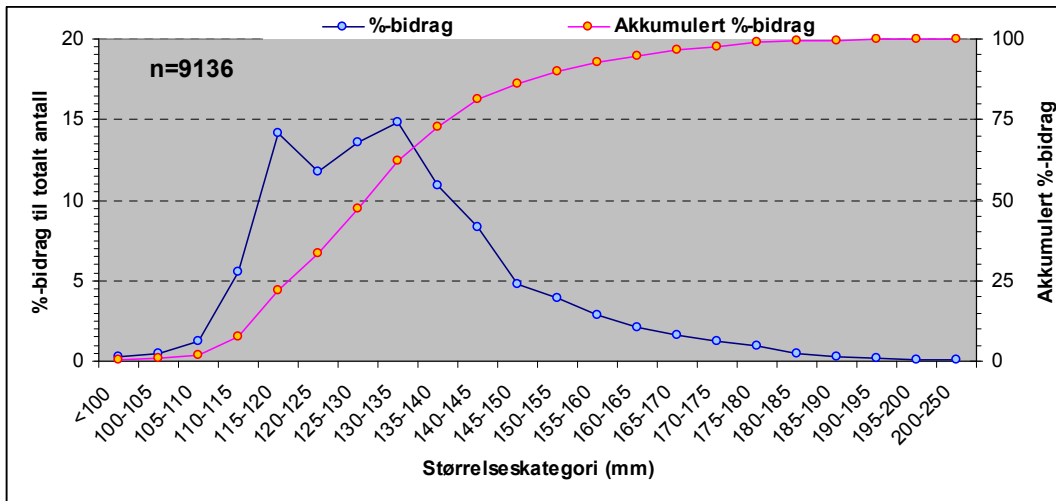
I underkant av 22 % av fangsten besto av vandrende laksesmolt <12 cm. Ca 50 % av laksesmolten var mellom 12 og 14 cm (**Figur 17**). Ca 1 % av laksesmolten var >18 cm (**Figur 16**). Smolten var mindre sølvfarget tidlig i fangstperioden enn senere. Den var som oftest var mindre smoltpreget ved Fosstveit enn ved Strømmen. Etersom vi fanget smolt som var under vandring antar vi at all fisk hadde utseende som smolt var smoltifisert. Fisk <10 cm så aldri ut som smolt.



Figur 16. Illustrasjon av en relativt typisk laksesmolt i Storelva.

Tabell 4. Fangst av umerket smolt (ikke korrigeret for felleeffektivitet) i de ulike smoltfellene innenfor Storelva våren 2010. Gjenfangster av PIT-merka smolt er ikke inkludert i beregningene. Noe smolt >12 cm ble sluppet umerket fra hver stasjon. Bidraget fra disse er vurdert som ubetydelig for alle stasjoner med unntak av slipp fra Butjønna som kan ha bidratt til fangst i Strømmen.

	Størrelses- kategori	Antall smolt av laks og ørret fanget				Sum
		Oppstrøms kraftverk	Nedstrøms turbinutløpet	Butjønna	Strømmen	
Laksesmolt	Ant <12 cm	505	749	991	110	2355
	Ant >12 cm	4107	2245	1484	616	8452
	Total fangst	4612	2994	2475	726	10807
Ørretsmolt	Ant <12 cm	103	37	52	5	197
	Ant >12 cm	705	896	366	286	2253
	Total fangst	808	933	418	291	2450



Figur 17. %-bidrag til samt akkumulert bidrag fra de ulike størrelseskategoriene av laksesmolt i Storelva våren 2010. Beregningene er utført på den andel av fisken som ble lengdemålt (n=9136).

4.2 PIT-merking og slippsted

Fra smoltgruppen >12 cm ble 6863 laksesmolt PIT-merka. Av disse ble 4675 transportert til og satt ut i fjorden. Det ble satt ut 1885 PIT-merka laksesmolt i elva (**Tabell 6**). Smolt fra elveutsettingene som nådde fram til Strømmen bidrar også til fjordutsettingene, men her vet vi kun PIT-nummer på de fiskene vi detekterte ut av vassdraget. Denne gruppen består av 509 PIT-merka laksesmolt påvist i PIT-1870. Antallet er sannsynligvis høyere ettersom det ble påvist 36 smolt i smoltfella i Strømmen som ikke samtidig var påvist ved PIT-stasjonen. Det er rimelig å anta at noe smolt passerte både PIT-1870 og smoltfella udetektert. Felleeffektivitet for den enkelte stasjon er angitt i vedlegg A. Brukes disse tallene på fangst/deteksjon på utløpet av Storelva øker antall laksesmolt som utvandret forbi Strømmen til 647 laksesmolt (=509/0,787). Utsettingene er aggregert i forhold til utsettingssted i **Tabell 5**. Utsettingene i Strømmen er definert som fjordutsetting ettersom smolten ble sluppet i Songevatn.

Det var tre kontrollerte fjordutsettinger (**Tabell 5**).

Det ble satt ut 652 PIT-merka ørretsmolt i elva. Ytterligere 91 ble satt ut i fjorden (**Tabell 5**). Det ble PIT-merka 17 vinterstøing og 229 sørv. Data fra dette rapporteres ikke her.

Tabell 5. Antall laks- og ørretsmolt satt i fjorden. Det er for elveutsettingene gitt verdier for antall PIT-merka laksesmolt sluppet. Antall som nådde fjorden er basert på observert utvandring fra elva.

Merkested	Utsettingssted					Total
	Elveutsettinger	Strømmen	Sunsbekkdalen	Slep	Trollbergvika	
Oppstrøms kraftverk	1329		748	650	1092	2490
Nedstrøms turbinutløpet	162		411	640	638	1689
Butjønna	394		96	162	181	439
Strømmen		57				57
Estimert utvandret fra elva		647				
Sum laksesmolt		704	1255	1452	1911	5322
Sum ørretsmolt	652	21	14	44	12	743

Tabell 6. Antall laksesmolt PIT-merka og satt tilbake til elva eller transportert til fjorden. Utsettingene er fordelt på utsettingsdag og smoltgruppe. Smolt tilhørende K1 og T1 ble satt ut oppstrøms kraftverket. Smoltgruppe K2 var fanget og merket oppstrøms kraftverket, men satt ut nedstrøms kraftverket. T2 består av umerket smolt fanget på utløpet av turbinen nedstrøms kraftverket. Smoltgruppe gjedde var fanget og merket ved Butjønnå. I tabellen er det angitt antall som døde som følge av merking, samt fangst- og slippdatoer for fjordutsettingene.

Utsettingssted	ukjent	01.05.2010	02.05.2010	03.05.2010	04.05.2010	05.05.2010	06.05.2010	07.05.2010	08.05.2010	09.05.2010	10.05.2010	11.05.2010	12.05.2010	13.05.2010	14.05.2010	16.05.2010	17.05.2010	18.05.2010	19.05.2010	21.05.2010	Grand Total	
K1 – oppstr. kraftverk	1	2	14	1	6	8	7	10	10	22	8	30	12	18	19	1	22	50	290			
K1 (satt ut v/BRU)				11	11	9	9	9	9													
K2 - nedstr. kraftverk				37	37	37	35	41	39	52										36	314	
T1 - oppstr. kraftverk	3	6	105	6	2	74	38	50	49	44	37	46	40	21	28	26	1	14	48	725		
T2 - nedstr. kraftverk				1	1			57	1	7	54	2	2	9	7					7	162	
Gjeddegruppa	3			1	1		65		32	37	63	91	23	21	1	57					394	
Sum satt i elva	3	3	7	119	0	7	52	80	94	168	160	137	124	267	58	69	55	1	65	72	98	1885
Oppstr. kraftverk merkedød				50	8	43	1	8	5	5	2	5	3	3	3	6	6	26	32	32	192	
Nedstr. kraftverk merkedød			2					1	6	6	3	3	3	3	6	6	12	12	12	30	30	
Gjeddegruppa merkedød				11			23	43	1	3											81	
Strømmen											1	27	29								57	
Oppstr. kraftverk Sunsbekkdalen				82	27	90	130	106	126						187						748	
Nedstr. kraftverk Sunsbekkdalen				23	44	101		93			150										411	
Butjønnå Sunsbekkdalen							62	34													96	
Oppstr. kraftverk Slep				85	127			83			100	104									650	
Nedstr. kraftverk Slep			134		47			114	181		53	6									640	
Butjønnå Slep					70			92													162	
Oppstr. kraftverk Trollbergvika				94	223		262	47	194	140	86				46						1092	
Nedstr. kraftverk Trollbergvika				67	56		91	37	98	240	49										638	
Butjønnå Trollbergvika				77			58	46													181	
Sum satt i fjorden	134	351	191	581	90	512	290	453	320	419	326	154	205	364	0	285	0	0	0	0	4675	

Fra utsettingene i elva har vi gjenfangster fra 1431 smolt eller fra 76 % av det utsatte materialet (**Tabell 7**). Mens vi har gjenfangster fra ca 80 % av all smolt satt ut ved kraftverket er det gjenfangster fra kun 51 % fra utsettingene i Butjønnna. Denne forskjellen kan skyldes antall PIT-stasjoner og smoltfeller som de enkelte gruppene skulle passere (økende sannsynlighet for å påvises med økende antall påvisningslokaliteter), men kan også gjenspeile reelle forskjeller i overlevelse innenfor vassdraget. Ettersom PIT-1870 hadde en høy effektivitet (78,7 %) skyldes forskjellene mest sannsynlig forhold innenfor vassdraget. Det er også sannsynlig at noe fisk døde som følge av merkingen, hvor dødeligheten inntraff først etter at de ble sluppet etter avsluttet restitueringsperiode. Disse vil inkluderes i antall PIT-merka smolt som ble sluppet og vil påvirke både fangsteffektivitetsberegninger og overlevelsesestimater. Det er ingen rimelig grunn til å anta at det var forskjeller i smoltens overlevelse mellom stasjonene knyttet til selve merkingen. Ikke-påvist død etter utsetting vil derfor sannsynligvis også ha vært rimelig lik mellom de ulike fangst og merkestedene.

Tabell 7. Antall PIT-merka fisk som vi har gjenfangster på, alternativt mangler gjenfangster på fra hver av merkestasjonene. Fisk som døde under restitueringsperioden er ekskludert.

Merkestasjon	PIT satt ut PIT	PIT med gjenfangst	PIT uten gjenfangst	%-andel gjenfangst
Oppst. kraftverket (K1 & T1)	1014	849	165	83,7
Nedst. kraftverket (K2 & T2)	476	381	95	80,0
Butjønnna (gjedde)	395	201	194	50,9
Sum	1885	1431	454	75,9

Ca 500 laksesmolt døde knytta til merking (n=303; 4,5 %) eller under passering forbi kraftverksturbinen (n=188). Fisk som døde som følge av merkedød er ekskludert fra utsettingsmaterialet, men er inkludert som fangst på stasjonen. Fisk som døde som følge av turbinskader er en gjenfangst på stasjonen nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket, men deltar ikke i videre nedvandring. Det ble også tatt ut 240 smolt til ulike prøvetakinger. Disse er registrert som fangst fra den aktuelle smoltfella.

Det døde 11 ørretsmolt (1,5 %) som følge av merkingen. Forskjellen i ”merkedød” mellom ørret og laks tyder på forskjeller i merkefølsomhet knyttet til art. Vi påviste ikke merkedødelighet hos sørv.

4.3 Antall PIT-merka smolt påvist nedstrøms utsettingsstedet

4.3.1 Laksesmolt

PIT-merka smolt satt ut oppstrøms kraftverket kunne gjenfanges på én eller flere av i alt 9 stasjoner (**Tabell 8**). Antall stasjoner som de andre gruppene kunne gjenfanges på var avhengig av stasjonens plassering i elva og smoltens vandring. Fangststeder (feller) som er irrelevante for den enkelte gruppen er svartsladdet i tabellen. Første forventede passeringspunkt er markert blå. Ettersom det ikke bør være noen forskjell i hvordan fisk fra de ulike behandlingsgruppene detekteres gir de observerte verdiene et bilde av faktiske forhold.

Ettersom T1 og K1 defineres ut fra vandringsrute vil all fisk sluppet som ikke utvandret til minstevannføringsløpet tilordnes gruppe T1. Gruppen T1 blir for stor hvis alle merker uten gjenfangst tilordnes denne uten en korleksjon hvor antall som tilhører K1 må estimeres. Det var gjenfangster av ca 85 % av all smolt sluppet ovenfor kraftverket (smolt som døde i turbinen er da inkludert). Hvis manglende gjenfangst fordeles tilfeldig mellom T1 og K1 er det rimelig å øke gruppen K1 med en tilsvarende %-andel og redusere gruppe T1 med et tilsvarende antall smolt. Gruppe K1 ble ut fra dette økt med 60 smolt og T1 ble redusert med samme antall.

Kontroll 1 (K1) smolt. Fisk tilhørende denne gruppen var merket og satt ut oppstrøms kraftverket. De ble deretter påvist i PIT-BRU plassert i minstevannføringsløpet. Denne PIT-antenna påviste all smolt (n=50) satt ut like oppstrøms PIT-stasjon for å teste deteksjon. Denne var 100 %. Vi antar derfor at få

smolt passerte her uten å bli påvist. Av disse ble kun 1 gjenfanget i smoltfella nedstrøms turbinen ved kraftverket. Dette tyder på at smolt som nedvandret denne ruten ikke vandret mot utløpet av kraftverket, men vandret langs østre elvebredd og vekk fra området. I forhold til utsettingene ovenfor kraftverket besto K1 av 350 laksesmolt. Av disse har vi ingen gjenfangst av 60 smolt. Av de resterende 290 laksesmoltene må 235 ha passert PIT-Fosstveit. Dette er 81,0 % av fisken (**Tabell 7**). Det ble registrert 108 smolt forbi Strømmen. Dette er 37,2 % av antall smolt merka.

Kontroll 2 (K2) smolt. Denne fisken var merket oppstrøms kraftverket og kjørt i bil til utsettingsstedet. Fisken ble satt ut på vestre side av elva, ca 25 m nedstrøms smoltfella. Av disse ble 62 gjenfanget i smoltfella nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket. Disse fiskene må ha vandret mot vannstrømmen og passert ledegarnet for så å bli fanget. Av gruppen på 314 smolt må 241 ha passert PIT-Fosstveit. Dette er 76,8 % av fisken (**Tabell 7**). Det ble registrert 97 smolt forbi Strømmen. Dette er 30,9 % av antall smolt merka.

Turbin 1 (T1) smolt. Denne fisken var merket oppstrøms kraftverket og utvandret via kraftverksturbinen. Av gruppen på 665 smolt er det gjenfangster fra 563 og minst 486 må ha passert turbinen. Dette er 67,3 % av utsatt fisk. Basert på gjenfangster fra Fosstveit til Strømmen må 379 laksesmolt ha passert PIT-Fosstveit. I forhold til det totale antallet merka smolt passerte 43,9 % av smolten Fosstveit. Deteksjon var således lavere her enn for K1 og K2 (**Tabell 9**). Det ble registrert 133 smolt forbi Strømmen. Dette er 23,6 % av antall merka smolt.

Vi påviste 15 døde PIT-merka smolt i smoltfella nedenfor utløpet fra turbinen. Vi kunne se PIT-merker mellom steinene i området fra utløpet fra turbinen til smoltfella uten at antallet her kan kvantifiseres. Det ble plukket opp 212 døde laksesmolt og 58 døde ørretsmolt i området umiddelbart nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket. Det ble fanget 2994 laksesmolt og 993 ørretsmolt i smoltfella. Dette gir en dødelighet på 7,1 % for laks og 6,2 % dødelighet for ørret. Vi kan trygt anta vi ikke fant all død smolt. Det er samtidig meget sannsynlig at død smolt med åpen buk vil ha mistet sitt PIT-merke. Vi velger ut fra dette å øke antall døde smolt fra T1 til å utgjøre 8 % av antallet. Antall døde i T1 økes da fra 15 til 58 individ. Det er tatt hensyn til disse når antall uten deteksjon fra gruppe T1 ble estimert.

Turbin 2 (T2) smolt. Denne gruppen ble merket nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket og først etter at fisken hadde passert kraftverksturbinen. Av gruppen på 162 smolt må 115 ha passert PIT-Fosstveit. Dette er 71 % av fisken. Andel smolt påvist i PIT-Fosstveit var litt lavere enn det påvist for K1 og K2 (henholdsvis 80,9 og 76,8 %) og litt høyere enn det som ble påvist for T1 (67,3 %).

4.3.2 Ørretsmolt

Som for laksesmolt må antall ørret som ikke ble gjenfanget fordeles mellom K1 og T1. Av 615 merka ørretsmolt var det gjenfangster fra 402. Av utsettingene oppstrøms kraftverket ble 47 smolt uten gjenfangster tilordnet gruppe K1. Deteksjonen av smolt forbi PIT-Fosstveit var på 71 % for gruppe T2 og i området 45 til 50 % for T1 og K1. Denne forskjellen ble opprettholdt gjennom hele vassdraget. Andelen som ble detektert ved Strømmen var klart lavere for gruppen T1 enn for K1 og T2 (**Tabell 10** og **Tabell 11**). Forskjellen understøtter antagelsen om at fisk tilhørende gruppe T1 avviker fra de resterende som også påvist for laksesmolt.

Tabell 8. Antall laksesmolt ble som PIT-merka og satt ut på merkestasjonene. Totalt antall PIT-merka smolt er summen av antall uten gjenfangst og antall med gjenfangst i smoltfelle (SH) eller i PIT-stasjoner (PIT). Antall passert er summen av PIT-merker påvist på en stasjon + summen av merker ikke påvist her, men som ble påvist på en nedenforliggende stasjon. Registrert Butjøenna og Strømmen er summen av merker påvist i enten PIT-stasjon eller smoltfelle i området. Felte markert sort er en umulig kombinasjon såfremt fisken ikke vandrer oppover elva. Felt markert blått er første stasjon nedstrøms utsetningspunktet.

Utsetningssted	Gruppe	Sted	Gjenfangster		1 SH-oppstr	2 PIT-BRU	3 SH-Nedst	4 PIT-Fosstv	5 PIT-Butj	6 SH-Butj	7 Gjedde	8 PIT-1870	Kun SH-Str	9 SH-Strøm	Pass Turb	Pass BRU	Pass Foss	Pass Butj	Reg Butj	Reg Strømmen
			Total PIT-merka	Ingen gjenfangst																
Opp. k.verk	K 1	Minstevf.løp	350	60	290	67	290	1	156	56	94	8	104	4	19	290	235	173	122	108
Ned. k.verk	K 2	Satt ut nedstrøms	314	55	260	2	62	156	23	106	5	93	4	22			241	169	116	97
Opp. k.verk	T 1	PIT før turbin	665	104	563	145	409	279	56	174	7	115	18	45	486		379	247	193	133
Opp. k.verk	T 1	Drept i turbin	58	43	15															
Ned. k.verk	T 2	PIT etter turbin	162	40	122		19	77	10	55	0	47	7	14	122		115	87	60	54
Butjøenna	Gjedde		394	194	198				41	49	8	150	3	33					76	153
Summert elva			1885	453	1453	214	290	491	668	186	478	28	509	36	133		970	874	567	545
Sunsdalen		Fjordutsetting	1453	73	73									73						73
Strømmen		Fjordutsetting	57	57	0									0						0
Summert			1510	57	1567									73						73
Songevath																				

Tabell 9. Deteksjon av laksesmolt PIT-merka og satt ut på merkestasjonene. Totalt antall PIT-merka smolt er summen av antall uten gjenfangst og antall med gjenfangst i smoltfelle (SH) eller i PIT-stasjoner (PIT). Antall passert er summen av PIT-merker påvist på en stasjon + summen av merker ikke påvist her, men som ble påvist på en nedenforliggende stasjon. Registrert Butjøenna og Strømmen er summen av merker påvist i enten PIT-stasjon eller smoltfelle i området.

Utsetningssted	Gruppe	% deteksjon av totalt antall smolt utsatt i forhold til må ha passert		% deteksjon av smolt passert Fosstveit ved		% deteksjon av smolt passert Butjøenna ved	
		Fosstveit	Butjøenna	Butjøenna	Strømmen	Strømmen	Strømmen
Opp. k.verk	K 1 (n=290)	80,9	60,6	73,6	46,0	62,4	62,4
Ned. k.verk	K 2 (n=314)	76,8	53,8	70,1	40,2	57,4	57,4
Opp. k.verk	T 1 (red total, n=563)	67,3	43,9	65,2	35,1	53,8	53,8
Ned. k.verk	T 2 (n=162)	71,0	53,7	75,7	47,0	62,1	62,1
Butjøenna	Gjed. (n=394)						
K1, K2, T1 & T2 samla		70,7	49,3	69,7	56,2	80,6	80,6

Tabell 10. Antall PIT-merka ørretsmolt som ble satt ut på merkestasjonene. Totalt antall PIT-merka er summen av antall uten gjenfangst og antall med gjenfangst i en nedenforliggende smoltfelle (SH) eller på en PIT-stasjon (PIT).

Utsetningssted	Gruppe	Gjenfangster		1 SH-oppstr	2 PIT-BRU	3 SH-Nedst	4 PIT-Fosstv	5 PIT-Butj	6 SH-Butj	7 Gjedde	8 PIT-1870	Kun SH-Str	9 SH-Strøm	Reg Strømmen						
		Ingen gjenfangst	Total PIT-merka											Pass Turb	Pass BRU	Pas Foss	Pass Butj	Reg Butj		
Vinterstøing ørret		19	8	11	0	5	0	7	0	0	0	3	1	0	0	8	4	4	4	
Opp. k.verk	K 1	141	47	94	8	94	1	63	10	14	0	33	2	2	94	72	39	20	35	
Opp. k.verk	T 1	199	87	112	4	75	74	13	21	3	26	-1	7	108	89	46	27	25		
Ned. k.verk	T 2	275	79	196	7	7	108	68	57	12	80	3	8	196	195	141	87	83		
Butjønn	Gjed.	37	23	14				3	3	0	11	0	0				4	11		
Strømmen	Fjord	21											0						0	
Sum		652	236	416	12	94	83	245	94	95	15	150	4	17	376	398	356	240	138	154

Tabell 11. Deteksjon av PIT-merka ørretsmolt satt ut på merkestasjonene i prosent. Total antall PIT-merka smolt er summen av antall uten gjenfangst og antall med gjenfangst i en smoltfelle (SH) eller på en PIT-stasjon (PIT). Antall passert er summen av PIT-merker påvist på en stasjon + summen av merker ikke påvist her, men som ble påvist på en nedenforliggende stasjon. Registrert Butj. og Strømmen er summen av merker påvist enten ved PIT-stasjonen eller i smoltfella i området

Utsetningssted	Gruppe	% deteksjon av totalt antall smolt utsatt i forhold til må ha passert		% deteksjon av smolt passert Fossveit ved		% deteksjon av smolt passert Butjønn ved	
		Butjønn	Strømmen	Butjønn	Strømmen	Butjønn	Strømmen
Opp. k.verk	Kontroll 1	51,1	27,7	24,8	90	54	49
Opp. k.verk	Turbin 1 (totalt antall)	44,7	23,1	12,6	54	52	28
Ned. k.verk	Turbin 2	70,9	51,3	30,2	59	72	43
K1, K2, T1 & T2 sum		58	37	23	63	63	40

4.4 Felleeffektivitet

I teksten ovenfor er det lagt vekt på estimat basert på fangst av umerket smolt. Målet vårt var å kunne beregne hvor mange smolt som utvandret fra Storelva og hvor det eventuelt forekom tap av smolt. Hvis en smoltfelle fanget all smolt vil fangst tilsvare den utvandrende populasjonen. Hvis en PIT-stasjon detekterer all smolt merka og løslatt ovenfor stasjonen vil det ikke være tap av smolt fra utsettingssted til påvisningssted. I praksis vil vi ikke kunne påvise all smolt. Foruten at det kan være et tap av smolt knyttet til bl.a. predasjon, vil smolt kunne unngå fangst i smolthjulet ved å svømme utenom fella. Selv om fangsten økes gjennom bruk av ledegarn vil ledegarn tettes av driv og presses ned. Smolt kan dermed svømme over garnet. Likeledes var ikke ledegarnet tett mot land for å tillate passering av oppvandrende fisk. Hvor mange smolt som unngår påvisning må estimeres. Til dette trengs det et mål på felleeffektivitet. En PIT-stasjon vil heller ikke påvise all fisk som passerer. Det kan være "hull" i den enkelte antenna (areal hvor et merke ikke påvises), antenna og stasjonene kan være ute av drift i perioder samt at den ikke trenger påvise all fisk som passerer innenfor samme tidsintervall (kodekollisjon). For å få et estimat på bestandsstørrelse må faktisk fangst korrigeres i forhold til felle- og antenneeffektivitet. Selve beregningsgrunnlaget og estimatene er gitt i vedlegg A.

Det var forskjeller i fangsteffektivitet mellom laks- og ørretsmolt i smoltfellene. Effektivitet beregnet for ørret var lavere enn effektivitet beregnet for laks. Denne forskjellen var systematisk og må skyldes forskjeller i atferd/respons når de møter et ledegarn og smolthjul. Et fangstestimat for smoltfelle må derfor baseres på artsspesifikke korreksjonsfaktorer. Det var samtidig ubetydelige forskjeller i deteksjon mellom disse artene i PIT-stasjonene. I motsetning til smoltfellene vil smolten passere PIT-stasjonene uhindret. Beregnet effektivitet for den enkelte smoltfella og PIT-stasjonen er angitt i **Tabell 12**.

Det må i fremtidige studier vurderes om det ikke skal merkes og settes ut smolt oppstrøms hver smoltfelle og hver PIT-stasjon for fastsettelse av deteksjon. Dette vil være et nyttig supplement til den regneøvelsen som er utført her (vedlegg A). Det er i neste kapittel utført en tilsvarende analyse basert på sannsynligheter for fangst.

Tabell 12. Fangsteffektivitet estimert for de ulike smoltfellene (SH) og PIT-stasjonene (PIT) benyttet i Storelva våren 2010. Det er ikke estimert deteksjonseffektivitet på PIT-Butjønnå ettersom denne kun var virksom en kortere periode.

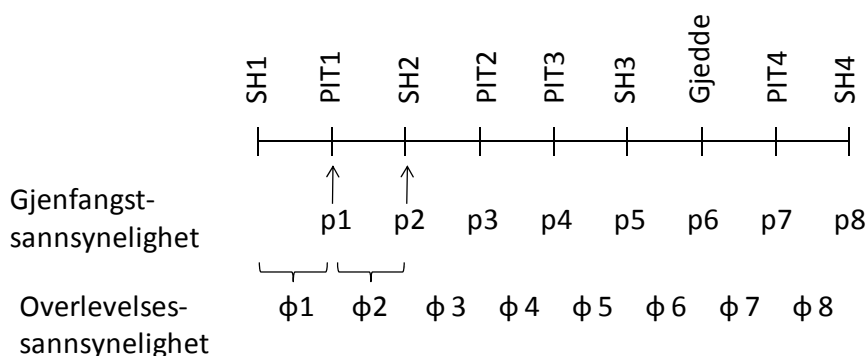
Sted	Metode	Laksesmolt	Ørretsmolt
Strømmen	Smoltfelle	20,6	8,4
1870	PIT	78,7	82,8
Butjønnå	Smoltfelle	32	18
Butjønnå	PIT		
Fosstveit	PIT	45	39,8
Nedstrøms turbinutløpet	Smoltfelle	61,5	37,7
BRU	PIT	≈100	Ikke målt
Oppstrøms kraftverk	Smoltfelle	47,8	39,0

4.5 Merke-gjenfangstanalyser på sannsynlighet for fangst og overlevelse

Dataene ble analysert ved å generere binære fangsthistorier for alle individene i henhold til antagelser som er knyttet til Cormack-Jolly-Seber parameterisering (Cormack 1964, Jolly 1965, Lebreton et al. 1992, Seber 1965). Denne parameteriseringen baserer seg på estimering av to typer parametere: (gjen)fangstsannsynlighet (p) og tilsynelatende overlevelsessannsynlighet (ϕ). Med "tilsynelatende" menes at man i åpne populasjoner ikke klarer å skille emigrasjon fra dødelighet og derfor vil dødeligheten bli overestimert i studier hvor det er netto emigrasjon. For Storelva er det imidlertid grunn til å anta at ϕ ligger nært opp til overlevelse. Estimeringa av parametere ble gjennomført i

programmet MARK (White and Burnham 1999), samt delvis også i den R-utvikla versjonen av MARK, nemlig R-MARK (<http://www.phidot.org/software/mark/rmark/>).

I de fleste merke-gjenfangststudier anvendes slik parameterisering på tidsatskilte innsamlingsomganger. For Storelva er ikke dette tilfelle i samme grad. I og med at smolten beveger seg nedover elva vil de med ulik sannsynlighet gjenfanges/gjensees ved de forskjellige stasjonene som de passerer. Dette skjer sekvensielt (dvs. har samme retning), med noen unntak som tar enkelte turer oppover i elva igjen, og åpner derfor for analyse ved ordinær merke-gjenfangstanalyse. På denne måten vil de ulike sannsynlighetene som estimeres være knyttet til stasjon i stedet for tid. Tidskomponenten er følgelig tatt ut av analysen – i denne omgang.



Figur 18. Oversikt over parameteriseringa av merke-gjenfangstmodellen som har blitt anvendt. Merk at p -estimatene er knyttet til gjenfangststed, mens ϕ -estimatene gjelder for mellom gjenfangststed.

For å finne fram til de ulike parameterestimatene brukes maximum log-likelihood metodikk der en bruker minimeringsalgoritmer til å finne parameterverdier som minimerer den negative log-likelihooden for de forskjellige gjenfangsthistoriene. Hvert individ har en gjenfangsthistorie som består av nuller og ett-tall der 0 angir at individet ikke har blitt sett ved en gitt stasjon, mens et ett-tall angir at individet *har* blitt observert. Eksempler på gjenfangsthistorier med tilhørende sannsynligheter kan være:

	Gjenfangsthistorie	Sannsynlighet
Individ 1:	111	$\phi_1 p_2 \phi_2 p_3$
Individ 2:	101	$\phi_1 (1-p_2) \phi_2 p_3$
Individ 3:	110	$\phi_1 p_2 (1-\phi_2) + \phi_1 p_2 \phi_2 (1-p_3)$

Her har individ 1 blitt observert på alle tre stasjonene, individ har blitt observert på stasjon 1 og 3 (men ikke 2), mens individ 3 har blitt observert på stasjon 1 og 2, men ikke 3. Likelihoodfunksjonen blir da produktet av alle gjenfangsthistoriene for de merka individene. For den interesserte leser anbefales MARK-boka som kan lastes ned gratis fra <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>.

Det ble utregnet en gjenfangstsannsynlighet for hver smoltfelle og PIT-stasjon. For å kunne utføre dette ble effektivitet til smoltfella i Strømmen satt til 20 %, eller til samme nivå som estimert ut fra fangst av umerket smolt i 2010 og i 2008. Estimatene er ikke identiske til beregningene utført tidligere i rapporten (Tabell 12), men gir verdier i samme størrelsesnivå.

Tabell 13. Oversikt over estimerbare parametre (x) og parametre som har blitt satt til spesifikke verdier enten fordi de ikke er estimerbare ut fra måten som studien har vært organisert eller fordi de ikke lar seg estimere isolert (f eks p8 som kun kan estimeres som produktet mellom p8 og phi8 fordi en ikke har gjenfangstdata etter stasjon SH4; smoltfella i Strømmen). p2 for gruppe K2 skulle egentlig ikke la seg estimere fordi fisken ble satt ut nedstrøms SH2. Fordi et betydelig antall vandret oppstrøms etter utsetting lot p2 seg allikevel estimere.

parameter	gruppe	Stasjoner									
		SH1	Pit1	SH2	Pit2	Pit3	SH3	pike	Pit4	SH4	
p	parameternummer		1	2	3	4	5	6	7	8	
	K1		x	0	x	x	x	x	x	0.2	
	K2		0	(x)	x	x	x	x	x	0.2	
	T1		0	x	x	x	x	x	x	0.2	
	T2		0	0	x	x	x	x	x	0.2	
	Gjedde		0	0	0	0	0	x	x	0.2	
phi	parameternummer	1	2	3	4	5	6	7	8		
	K1	x	1	x	x	x	x	x	x		
	K2	1	x	x	x	x	x	x	x		
	T1	1	x	x	x	x	x	x	x		
	T2	1	1	x	x	x	x	x	x		
	Gjedde	1	1	1	1	1	x	x	x		

Tabell 14. Parameterestimer for *gjenfangsts sannsynlighet* (felleeffektivitet) ved de ulike stasjonene. SH4 ble fiksert til 0.2 for å kunne isolere ut et overlevelsesestimat mellom PIT4 (PIT-1870) og SH4 (Strømmen). Gjeddestimatet utgjør den kombinerte sannsynligheten for at en smolt skal bli spist av gjedde og at denne gjedda blir fanga av fisker og rapportert inn.

Stasjonsnummer	Sted	estimat	s.e.	gruppebidrag
PIT1	BRU Nedstrøms	0,996	0,003	kun K1
SH2	turbinutløpet	0,567	0,019	kunT1 og K2
PIT2	Fosstveit	0,558	0,019	ikke gjedde
PIT3	Butjønna	0,166	0,013	ikke gjedde
SH3	Butjønna	0,495	0,022	ikke gjedde
Gjedde		0,039	0,007	alle
PIT4	1870	0,733	0,034	alle
SH4	Strømmen	0,2	fixed	alle

5. Smoltutvandring og bestandsestimat

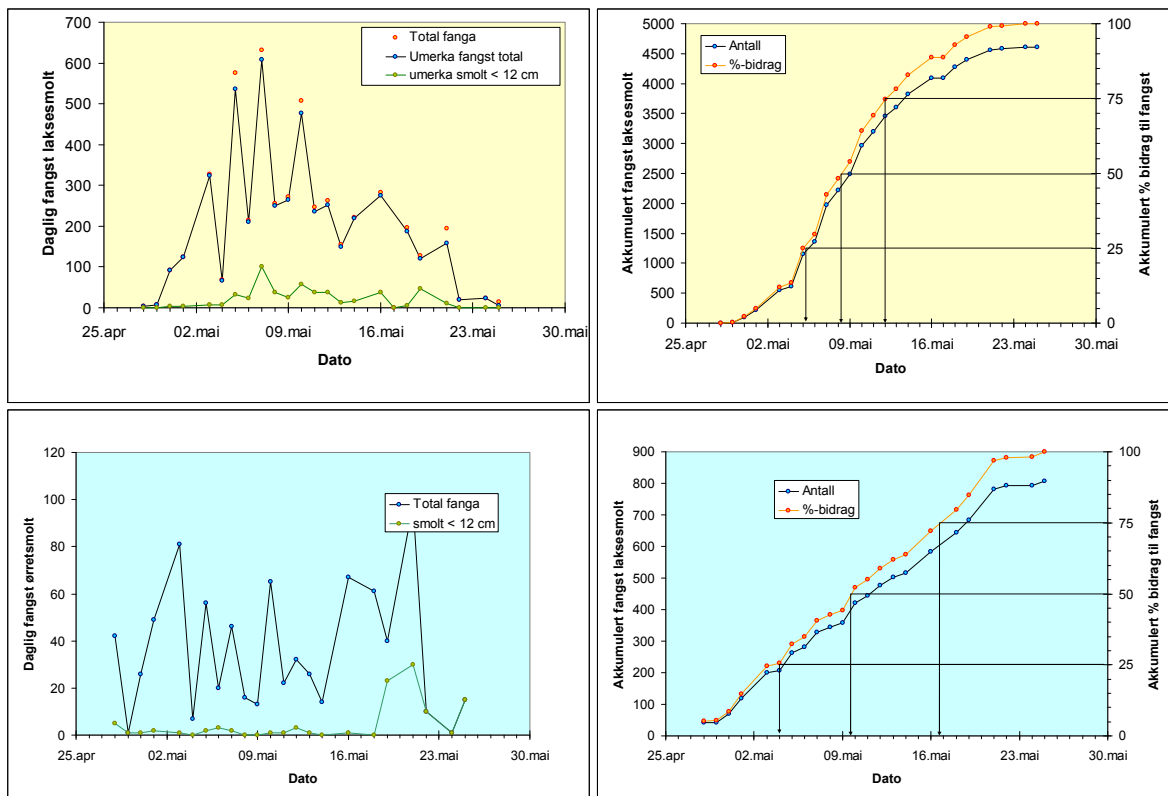
5.1 Smoltutvandring, smoltfellefangster

5.1.1 Oppstrøms kraftverket

Det ble fanget 4612 laksesmolt oppstrøms kraftverket. Av disse var 505 individ <12 cm. Små smolt utgjorde 10,9 % av hele materialet. I tillegg var det gjenfangster av 215 smolt satt ut like nedenfor smoltfella. Disse er ikke inkludert i fangstene da dette er gjenfangster.

De første smoltene ble tatt 27. april (**Figur 19**). Fangstene var størst i perioden 5. til 10. mai. Deretter var nivået noe lavere for å avta mot null etter 21. mai. Den tildels store variasjonen i fangst mellom påfølgende dager kan ikke uten videre forklares. Det var ikke variasjon i temperatur og vannføring i perioden. Fella ble tømt hver morgen slik at neste dags fangst er smolt innvandret siste døgn.

Utvandringskurven til ørret avviker fra laks (**Figur 19**). Høy fangst allerede første felledøgn tyder på at fella ble satt ut for seint til å fange de første smoltene.

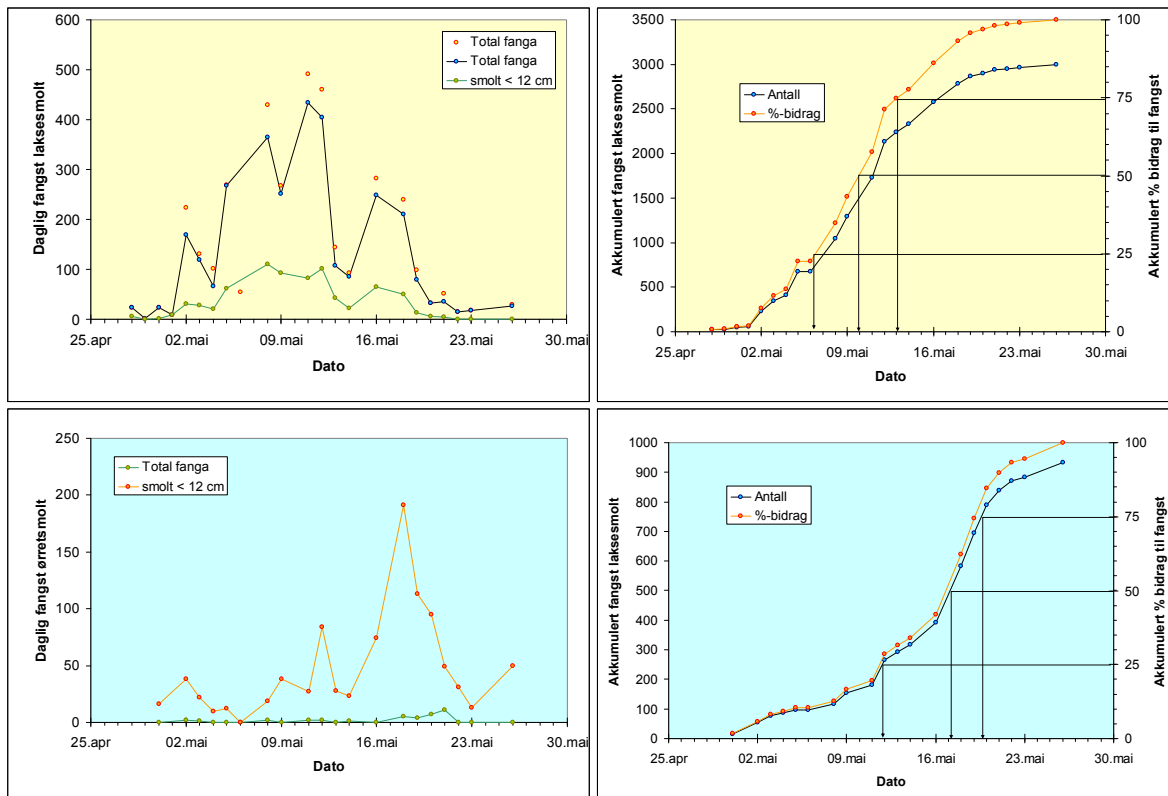


Figur 19. Fangst av umerket smolt (laks øverst, ørret nederst) oppstrøms kraftverket våren 2010. Smolt <12 cm samt total fangst er vist. Gjenfangster av allerede merket smolt er ekskludert fra figuren. I figurene til høyre er daglig fangst og daglig %-bidraget til total fangst akkumulert for fangstperioden.

5.1.2 Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket

Det ble fanget til sammen 2994 smolt. Av disse var 749 <12 cm. Det var 493 gjenfangster. Repeterte gjenfangster er da tatt ut. Gjenfangstene var i hovedsak av fisk satt ut oppstrøms kraftverket. Det var også noe gjenfangst av smolt satt ut nedstrøms dette smolthjulet. Denne fisken hadde da vandret oppover elva, passert ledegarnet for deretter å bli fanget.

Det ble fanget økende mengde fisk fra 2. mai (**Figur 20**). Fangstene økte med daglig variasjon i fangst frem til 13. mai. Deretter avtok fangstene for å avta til færre enn 15 smolt/dag fra 22. mai. Noe fisk hadde sannsynligvis ikke utvandret når fella ble stanset 26. mai. Den tildels store variasjonen i fangst mellom påfølgende dager kan ikke uten videre forklares. Det var mindre dag til dag variasjon i fangst i smoltfella nedstrøms turbinutløpet enn i fella oppstrøms kraftverket. Det var ikke variasjon i temperatur og vannføring i perioden. Fella ble tømt hver morgen slik at neste dags fangst er smolt innvandret etter felletømmingen. Endringene samvarierte til dels med bruk av skremmelys ovenfor kraftverksvanninntaket (Tormodsgård, 2010). Det er mulig at lys forsinket nedvandring inn i kraftverket, men at smolten som aggregerte seg ovenfor inntaket ikke fant den alternative utvandningsruten. Bruk av lys bør utprøves videre da dette kan være et viktig del-element i å få utvandrende fisk til å velge en tryggere vandringsrute enn via en turbin.



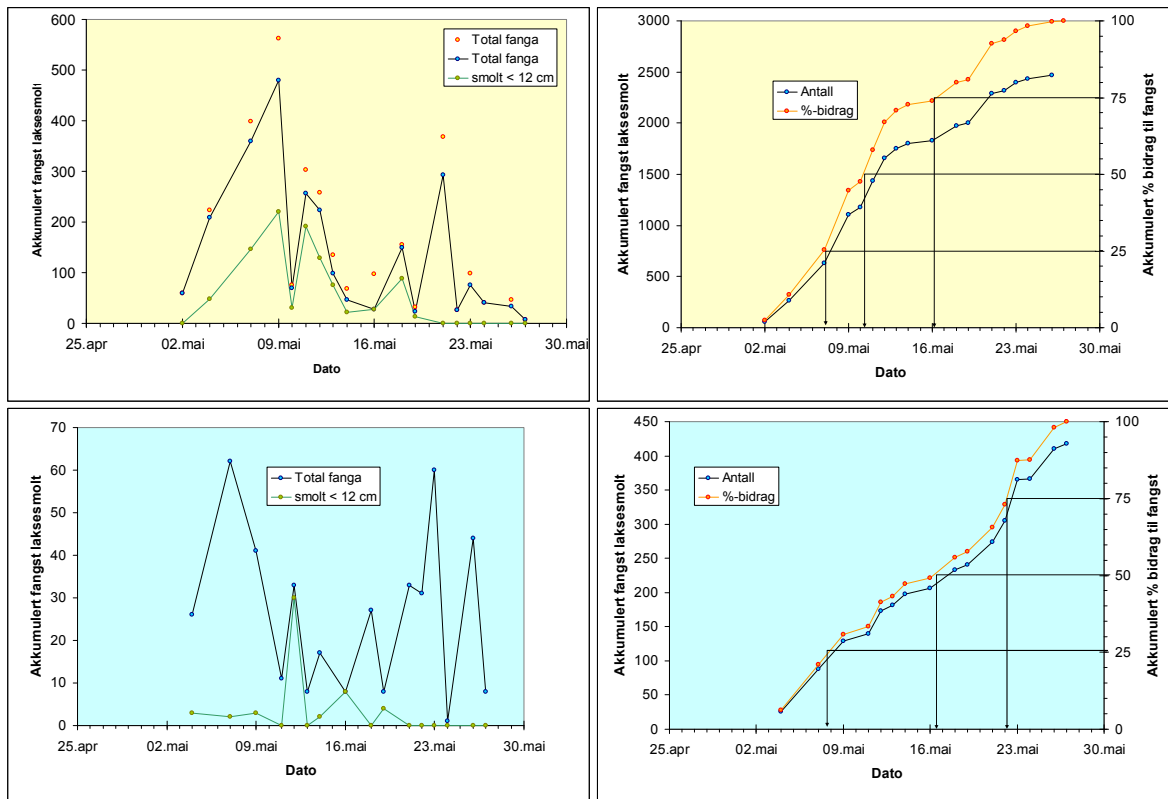
Figur 20. Fangst av umerket smolt (laks øverst, ørret nederst) nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket våren 2010. Smolt <12 cm samt total fangst er vist. Gjenfangster av smolt merket oppstrøms er ekskludert fra figuren. I figurene til høyre er daglig fangst og daglig %-bidraget til total fangst akkumulert for fangstperioden..

5.1.3 Butjønnå

Det ble fanget til sammen 2954 smolt. Av disse var 991 <12 cm. Det var 479 gjenfangster. Repeterte gjenfangster er da tatt ut. Gjenfangstene var i hovedsak av fisk satt ut ved kraftverket.

Det ble fanget økende mengde fisk fra 2. mai (**Figur 21**). Fangstene økte med daglig variasjon i fangst frem til 13. mai. Deretter avtok fangstene gradvis. Noe fisk hadde sannsynligvis ikke utvandret når fella ble stanset 26. mai. Den tildels store variasjonen i fangst mellom påfølgende dager kan ikke uten videre forklares. Fangsttoppen 21. mai skyldes stor fangst av smolt som hadde passert den alternative

utvandringsruten forbi kraftverket 20. mai. Det var ikke variasjon i temperatur og vannføring i perioden. Fella ble tømt hver morgen så neste dags fangst er smolt innvandret siste døgn.

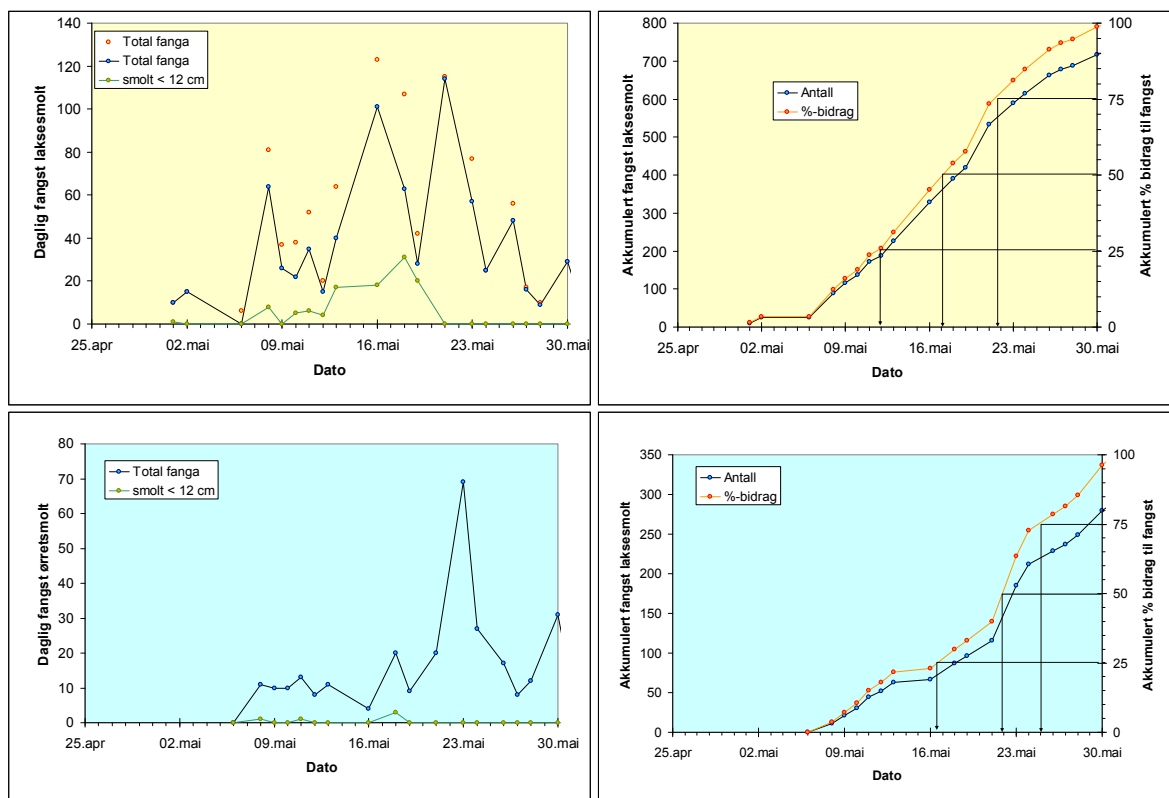


Figur 21. Fangst av umerket smolt (laks øverst, ørret nederst) ved Butjønna våren 2010. Smolt <12 cm samt total fangst er vist. Gjenfangster av smolt merket oppstrøms er ekskludert fra figuren. I figurene til høyre er daglig fangst og daglig %-bidraget til total fangst akkumulert for fangstperioden..

5.1.4 Strømmen

Det ble fanget til sammen 726 smolt. Av disse var 110 <12 cm. Det var 207 gjenfangster i smoltfella. Repeterte gjenfangster er da tatt ut. Gjenfangstene var i hovedsak av fisk satt ut ved kraftverket og Butjønna, men det var også et bidrag fra smolt satt ut i Songevatn.

Det ble fanget økende mengde fisk fra 2. mai (**Figur 22**). Fangstene økte med daglig variasjon i fangst frem til 13. mai. Deretter avtok fangstene gradvis. Noe fisk hadde sannsynligvis ikke utvandret når fella ble stanset 26. mai. Den tildels store variasjonen i fangst mellom påfølgende dager kan ikke uten videre forklares. Variasjonen var mer dempet her enn i fella oppstrøms kraftverket. Det var ikke variasjon i temperatur og vannføring i perioden. Fella ble tømt hver morgen så neste dags fangst er smolt innvandret siste døgn.



Figur 22. Fangst av umerket smolt (laks øverst, ørret nederst) ved Strømmen våren 2010. Smolt <12 cm samt total fangst er vist. Gjenfangster av smolt merket oppstrøms er ekskludert fra figuren. I figurene til høyre er daglig fangst og daglig %-bidraget til total fangst akkumulert for fangstperioden..

5.1.5 Sammendrag - utvandringstidspunkt

Tidspunktene for 25 og 50 % utvandring var to dager senere nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket og ved Butjønnå enn oppstrøms kraftverket. Det var ca en uke tidsforsinkelse fra datorer oppstrøms kraftverket til Strømmen (**Tabell 15**). Den største tidsforsinkelsen inntraff mellom Butjønnå og Strømmen. Avstanden fra kraftverket til Butjønnå er ca 4 km. Avstanden derifra til Strømmen er ca 2 km, hvor ca halvparten av avstanden er gjennom Lundevatn. Mens de tre øverste fellene sto innenfor områder av elva som produserer smolt, sto smoltfella i Strømmen nedenfor områdene som regnes som et produksjonsområde. Ovenfor Lundevatn er elva meandrende og nedenfor innsjøen er avstanden kort til fjorden. Senere i rapporten oppgis vandringshastigheter til PIT-merka smolt. Vandringshastigheter diskuteres best ut fra dette materialet. Fangst i smoltfellene antyder likevel at det er variasjon i vandringshastigheter innenfor elva.

Tabell 15. Datoer i mai for 25, 50 og 75 % fangst av umerket laks- og ørretsmolt i smoltfeller benyttet i Storelva våren 2010. Differansen er beregnet ut fra tidspunkt for fangst oppstrøms kraftverket i forhold til fangst i utløpet av Storelva ved Strømmen.

	Laksmolt			Ørretsmolt		
	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %
Oppstrøms kraftverket	5.	9.	14.	4.	11.	18.
Turbinutløpet	8.	11.	14.	8.	11.	14.
Butjønnå	8.	11.	16.	8.	16.	22.
Strømmen	12.	17.	22.	16.	22.	25.
Differanse (dager)	7	8	8	12	11	7

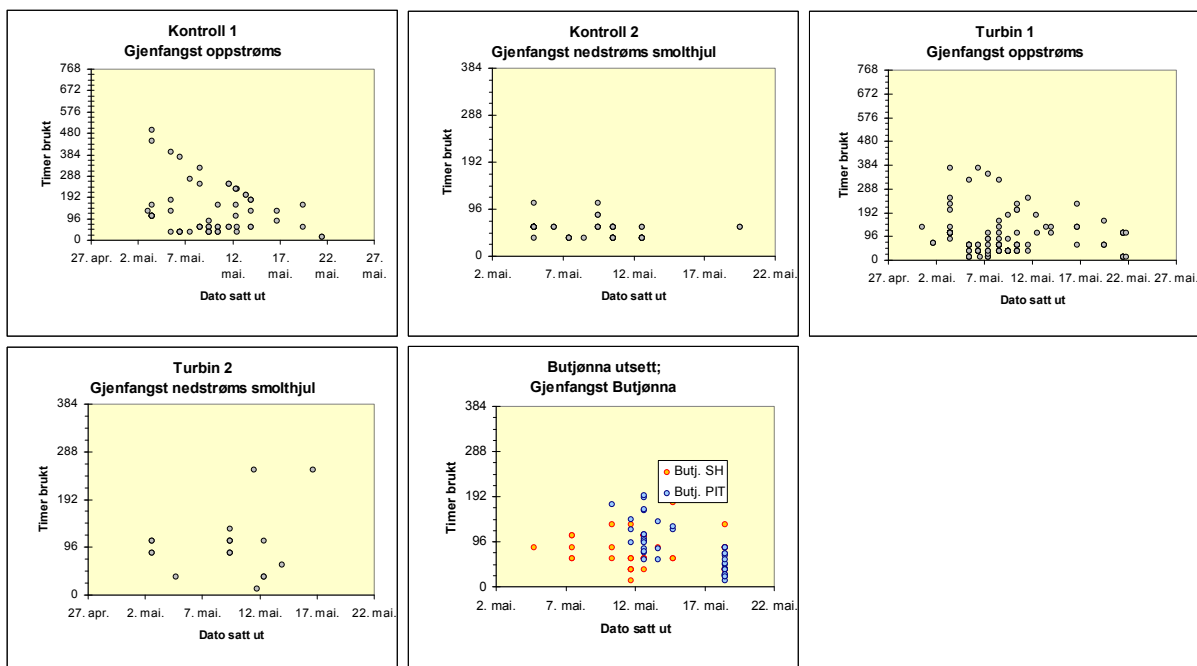
5.2 Smoltutvandring, gjenfangster i smoltfellene og PIT-stasjonene

5.2.1 Gjenfangst på utsettingslokalitet

Et betydelig antall smolt ble gjenfanget oppstrøms utsettingsstedet (**Figur 23**). Denne fisken må ha svømt 10-15 m mot strømmen, passert ledegarnet for på nytt å ha blitt fanget i smoltfella. Prosentandel gjenfangst på utsettingsstasjonen varierte mellom 11 og 23 % for de ulike gruppene.

Tid fra utsetting til gjenfangst var i størrelsesorden dager (**Tabell 16**). Ettersom det her er snakk om tid fra utsetting til gjenfangst i smoltfella vil det normalt medgå minst 14-18 timer mellom registreringene (klokkeslett utsetting; klokkeslett tømning neste dag). Dette forklarer likevel ikke det betydelige antallet fisk som først ble gjenfanget tre dager eller mer etter utsetting. Når vandringshastighet estimeres, bør siste dato for gjenfangst benyttes for fiskene med gjenfangst på utsettingslokaliteten. Det var repeterte gjenfangster av et begrenset antall fisk. Data på dette er gitt i vedlegg B. Disse fiskene har liten betydning for det overordna resultatet, men repeterte gjenfangster kan gi metodiske utfordringer.

I fremtiden bør det overveies å sette ut merket fisk lenger nedstrøms smoltfellene enn det vi har praktisert. I Storelva kunne vi påvise gjenfangst på utsettingslokaliteten ettersom vi hadde individmerket fisk. Ofte benyttes gruppemerker i slike forsøk. Lokal gjenfangst kan her resultere i for høy gjenfangstprosent og tilsvarende feil i vandringsestimater.



Figur 23. Antall timer fra utsetting til gjenfangst i smoltfella på utsettingslokaliteten.

Tabell 16. %-andel av laksesmolten merket og satt ut som ble gjenfanget på merkestasjonen. Denne fisken må ha svømt motstrøms, passert ledegarn før den på nytt gikk i fella. Midlere antall timer fra utsetting til gjenfangst samt antall gjenfanget er inkludert.

	K1	K2	T1	T2	Butjønna
%-gj.fangst oppstrøms	23,0	19,7	19,9	11,7	10,5
Tid til gj.fangst (timer)	126±107	54±16	89±72	99±62	75±46
Antall gj.fangster	67	62	143	19	41

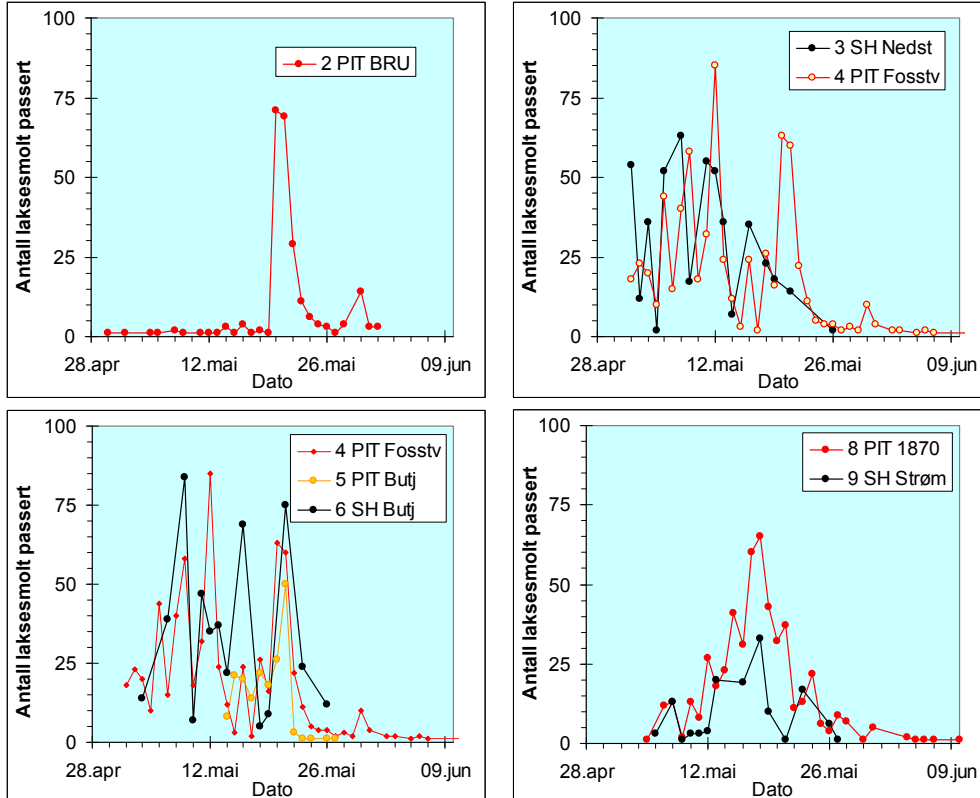
5.2.2 Gjenfangst i nedenforliggende smoltfeller og PIT-stasjoner

Gjenfangst av PIT-merka smolt vil gjenspeile merketidspunkt samt hvor raskt smolten vandrer fra utsettingssted til gjenfangststed. Antall smolt påvist i de ulike PIT-stasjonene og smoltfellene pr dag varierte daglig innen og mellom stasjonene (**Figur 24**). Det er her ikke skilt mellom de ulike behandlingsgruppene. Data for hver behandling fremkommer senere når data på vandringshastighet presenteres.

Fram til 20. mai hadde kun 9,2 % (n=22) av all smolt som nedvandret til minstevannføringsløpet i 2010 utvandret. Fra 20. til 30. mai utvandret ytterligere 218 smolt. Denne endringen i utvandringprosent kan knyttes til at vi lyktes 20. mai å finne ut hvor smolten ”ønsket” å vandre. Når antall påvisninger ved BRU økte fra 20. mai avtok antall påvisninger i smoltfella på turbinutløpet fra kraftverket (n=462 før og n=16 etter 20. mai). Denne endringen i hvor smolten vandret forbi kraftverket har betydning for vandringshastigheter og smoltestimater senere i rapporten. Utvandringstoppen over BRU gjenfinnes som en deteksjonstopp i PIT-Fosstveit og i både smoltfella og PIT-stasjonen i Butjønnå (**Figur 24**).

Det var stor dag-til-dag variasjoner i gjenfangst av PIT-merka smolt i smolthjulet ved Butjønnå. Variasjonsmønsteret i deteksjon ved Butjønnå fulgte delvis deteksjonsmønsteret ved Fosstveit, selv om nivåene kunne variere. Dette innebærer blant annet at deteksjonstoppen 21. mai sannsynligvis stammer fra fisk tilhørende gruppe K1, eller de som utvandret via minstevannføringsløpet fra 20. mai. Deteksjonsmønsteret ved Butjønnå reflekteres ikke i deteksjonsmønsteret ved PIT-1870 eller i smoltfella i Strømmen. Dette tyder på at vandringsmønsteret ovenfor/nedenfor Butjønnå er ulikt. Dette kan skyldes innsjøen Lundevatn, men også predasjon i nedre deler av elva.

Gruppe K1 utvandret senere enn de andre gruppene. Dette kan ha betydning for vandringshastighet (neste kap.).



Figur 24. Antall PIT-merka smolt gjenfanget i smoltfelle (sorte punkter) eller på PIT-stasjoner (røde punkter) i forhold til dato.

5.3 Vandringshastighet

Vandringshastighet er beregnet for strekningen fra merke- og utsettingslokalitet til fangst i nedenforliggende stasjon. Første gjenfangstlokalitet for gruppe K1 vil være PIT-BRU mens smoltfella plassert på utløpet fra turbinen vil være første gjenfangstlokalitet for T1. For gruppene T2 og K2 vil PIT-Fosstveit være første gjenfangstlokalitet. Hastighet kan deretter beregnes fra PIT-Fosstveit til Butjønnå (det er skilt mellom gjenfangst i PIT-stasjon og smoltfelle) og til PIT-1870 og til smolthjulet i Strømmen.

Det var store forskjeller i vandringshastighet mellom individene (se vedlegg F). Hvis vandringshastighet uttrykkes som midlere hastighet vil standardavvikene bli store. Smolt som vandret seint kan ha gjort dette på grunn av behandlingene (merking + turbinskader) eller dette kan være en normalatferd. Alle beregninger er derfor her presentert som persentiler. Det angis timer brukt samt hastighet for 10, 25, 50 og 75 persentilene. Mens 10 persentilen angir vandringshastighet for de som vandret raskest vil 75 persentilen reflektere fisk som ble stående lenge på utsettingslokaliteten. Det legges mest vekt på 25 og 50 persentilene og på hastigheter beregnet mellom PIT-stasjonene. Hastigheter basert på fangstdato i smoltfeller vil påvirkes av tømmetidspunkt, hvor en fisk kan ha stått i fella i alt fra 14 til 24 timer før den noteres som gjenfanget. Spredningen i timer avhenger av klokkeslettet for felletømming i forhold til når fisken ble fanget.

Vandringshastigheter mellom hvert av registreringsstedene beregnes som:

$$cm / sek = \frac{avst.(m) * 100}{timer \text{ fra } A \text{ til } B * 3600}$$

Smoltens vandringshastighet fra merking til 1. registrering vil kunne være påvirket av selve merkingen og angir derfor ikke nødvendigvis rett hastighet. Det legges derfor mest vekt på hastigheter fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønnå og til PIT-1870 og derifra til smoltfella i Strømmen.

5.3.1 Vandringshastighet for hver utsettingsgruppe; PIT-Fosstveit til PIT-1870

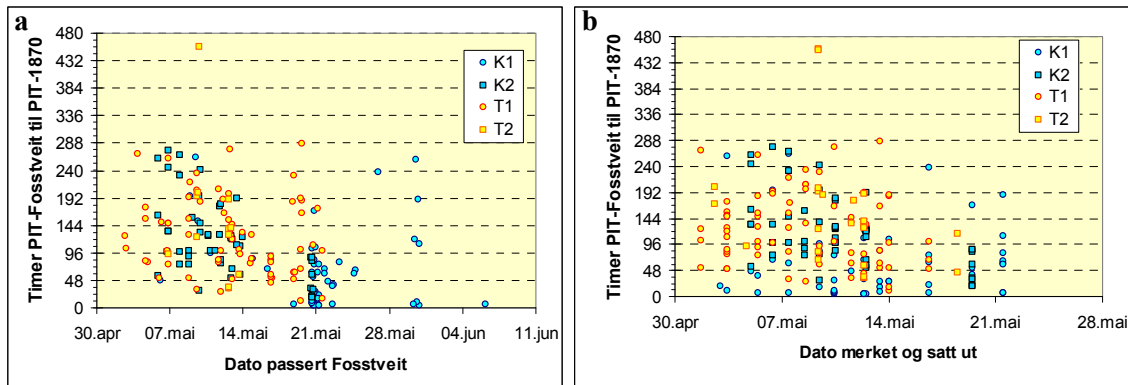
Det ble påvist betydelig mer laksesmolt i PIT-1870 enn i smoltfella i Strømmen. Vandringshastighet beregnes derfor mellom PIT-Fosstveit og PIT-1870. Vandringshastigheten var høyest for K1 hvor 75 % av smolten hadde en hastighet >2 cm/sek (**Tabell 17, Figur 25**). Tilsvarende høy hastighet ble kun registrert innenfor de 10 % raskeste smoltene i de andre tre gruppene. Gruppen K2 vandret 15 til 30 % raskere enn turbingruppene T1 og T2. Resultatet tyder på at laksesmolt som passerte kraftverksturbinen vandret saktere enn kontrollfisken. Det var imidlertid samtidig stor forskjell i hastighet mellom K1 og K2. Dette kan skyldes at gruppe K1 passerte PIT-Fosstveit seinere i sesongen enn gruppen K2 og var dermed mer smoltifisert og derfor mer vandringsvillig. Mens gruppene K2 og T1 og T2 hadde passert Fosstveit før 21. mai, passerte K1 i hovedsak fra 20. mai og utover. Basert på dato smolten passerte Fosstveit synes vandringshastigheten å øke med dato. Basert på merketidspunktet er ikke denne sammenhengen like entydig (**Figur 25**). Vandring og vandringsrater må evalueres i forhold til andre datasett før konklusjoner trekkes. Inntil så er gjort konkluderes det med at fisk tilhørende K1 ble stående ovenfor kraftverksdemningen lenge før denne smolten slapp seg ned til minstevannføringsløpet og videre ned elva. Gruppe K1 "ville ikke" utvandre via turbinen og oppholdt seg dager til uker i området oppstrøms kraftverksdemningen. Når den først utvandret vandret den raskt. Det kan ut fra tidspunkt for vandring ikke utelukkes at denne fisken var fysiologisk forskjellig fra de andre tre gruppene. Begge kontrollgruppene vandret uansett noe raskere enn fisk som hadde erfart en turbin.

Umerket laksesmolt brukte i størrelsesorden 4, 6 og 8 dager for henholdsvis 25, 50 og 75 persentilene på å vandre fra Fosstveit til Strømmen (**Tabell 15**). PIT-merka laksesmolt brukte ca 2 dager kortere tid

målt til PIT-1870 (**Tabell 17**). Ut fra tidligere års erfaringer vil dette kunne skyldes at det kan medgå lang tid fra smolten forlater Lundevatn til den fanges i smoltfella i Strømmen. Hypotesen her har vært at fisken vandrer i nærområdet til fella i Strømmen over en lengre periode før den fanges. Dette oppholdet synes å være knyttet til saltnivået i brakkvannsområdet. Dette kan forklare forskjellene i vandringsrater målt mellom PIT-stasjoner og smoltfella (umerket smolt) eller mellom PIT-stasjoner og PIT-stasjoner (kun PIT-merka smolt inngår her) observert her.

Tabell 17. Antall timer som laksesmolten brukte og hastigheten (cm/sek) den vandret med mellom PIT-stasjonene PIT-Fosstveit og PIT-1870.

Gruppe	K1	K2	T1	T2	Alle	K1	K2	T1	T2	Alle
Persentil	Timer					Cm/sek				
25	9,5	77,1	78,3	97,2	53,0	18,1	2,2	2,2	1,8	3,2
50	43,2	109,4	120,2	129,9	98,9	4,0	1,6	1,4	1,3	1,7
75	82,5	142,8	173,2	184,0	151,4	2,1	1,2	1,0	0,9	1,1
Antall	54	51	69	26	200					



Figur 25. a) Antall timer som laksesmolten brukte fra PIT-Fosstveit til PIT-1870 fordelt på behandlingene ved kraftverket. b) samme data, men utsettingstidspunktet er benyttet som x-akse.

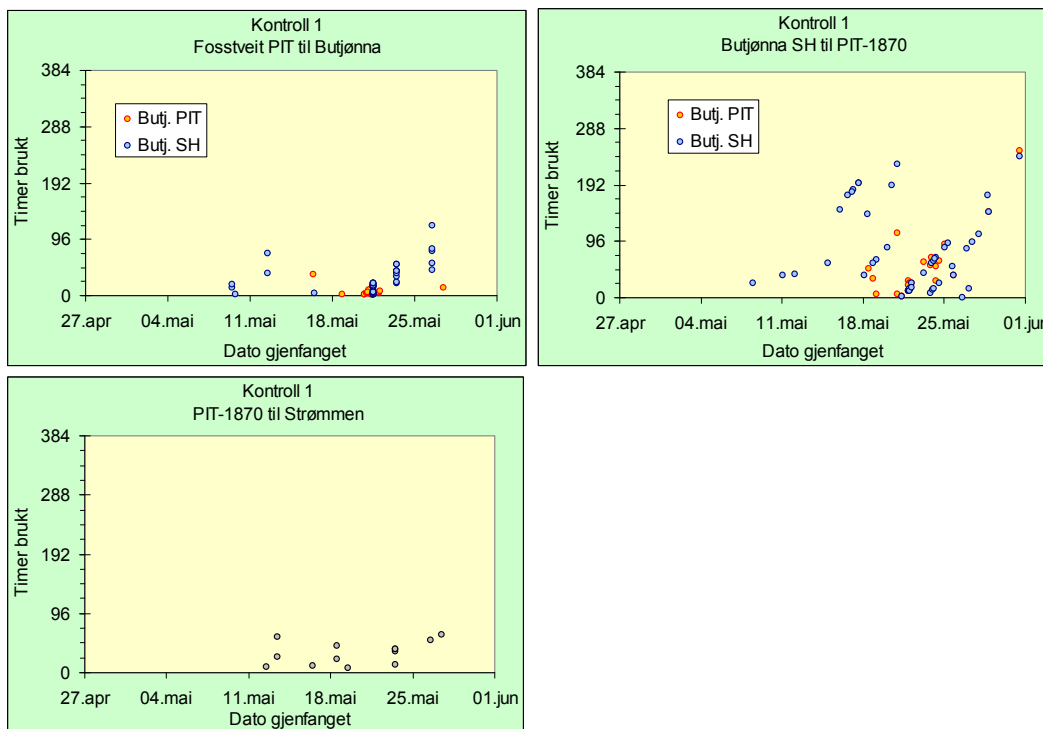
5.3.2 Vandringshastighet; Kontroll 1 (K1)

Gruppene K1 og T1 skiller kun på hvor de vandret forbi kraftverket. Begge gruppene stammer fra samme merking utført ovenfor kraftverket. Av det antall smolt som vi har gjenfangst på (enten på PIT-BRU eller i smoltfella på turbinutløpet) utvandret 40 % via minstevannføringsløpet. Fisk tilhørende K1 brukte i området 30 til 160 timer (henholdsvis 25 og 50 persentilen) fra utsetting til den ble påvist i PIT-BRU. Tilnærmet all deteksjon i PIT-BRU inntraff fra 20. mai, eller når utvandringalternativet nærmest kraftverksinntaket ble åpnet. Resten av fisken utvandret via kraftverketsturbine (gruppe T1) i løpet av 25 til 49 timer (henholdsvis 25 og 50 persentilen) etter utsetting. Kraftverket synes således å påvirke utvandring, hvor ca 40 % av bestanden valgte å ikke vandre fremfor å utvandre via turbin. Vi må anta at flere av smoltene som utvandret til minstevannføringsløpet ville ha vandret via turbinen hvis alternativ rute ikke ble åpnet.

Fra PIT-BRU til PIT-Fosstveit brukte smolten 1 til 2 timer. Fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønna medgikk det ytterligere 2 til 3 timer mens fisken brukte 20 til 30 timer herifra til PIT-1870. Fra denne til smoltfella i Strømmen brukte fisken 12 til 34 timer. Antall timer som fisken brukte på de ulike avsnittene kan omregnes til hastigheter. Fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønna vandret fisken med en hastighet på 57 til 37 cm/sek (25 og 50 persentiler). Fra Butjønna til PIT-1870 var hastigheten på 2,5 til 1,7 cm/sek. Herifra til smoltfella i Strømmen var hastigheten på 0,3 til 0,2 cm/sek.

Tabell 18. Antall timer som laksesmolten fra gruppe K1 (satt ut oppstrøms kraftverket) brukte og hastigheten den vandret med (cm/sek) fra utsettingslokaliteten til minstevannføringsløpet (BRU) og herifra til PIT-Fosstveit. Beregninger fra PIT-Fosstveit til Butjønna (PIT og smoltfelle) og derifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen vil være like for alle behandlingene. For å beregne tid og hastighet må smolten registreres på begge stasjonene. Smoltfelle er angitt som SH i tabellen.

	Utsetting til BRU	BRU til PIT-Foss	PIT-Foss til PIT Butj.	PIT-Foss til SH Butj.	Butj PIT til PIT-1870	Butj SH til PIT-1870	PIT-1870 til Strømmen
Avstand (m) mellom stasjoner	410	230	4000	4000	1880	1880	140
Timer mellom stasjoner							
10 persentil	7,3	0,9	1,6	2,7	5,5	10,9	8,9
25 persentil	31,6	1,3	2,0	6,2	20,7	15,3	11,9
50 persentil	162,0	2,4	3,0	16,3	30,2	55,8	34,3
75 persentil	246,0	10,1	5,9	37,6	62,1	104,5	43,0
Antall	291	156	33	45	26	50	13
Hastighet cm/sek							
10 persentil	1,6	7,0	69,7	40,7	9,5	4,8	0,4
25 persentil	0,4	5,0	57,0	17,8	2,5	3,4	0,3
50 persentil	0,1	2,7	36,8	6,8	1,7	0,9	0,1
75 persentil	0,1	0,6	19,0	3,0	0,8	0,5	0,1



Figur 26. Antall timer som laksesmolten fra kontrollgruppe K1 brukte fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønna, og herifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. I figuren er antall timer (y-akse) plottet mot dato fisken ble gjenfanget på de ulike lokalitetene (x-akse).

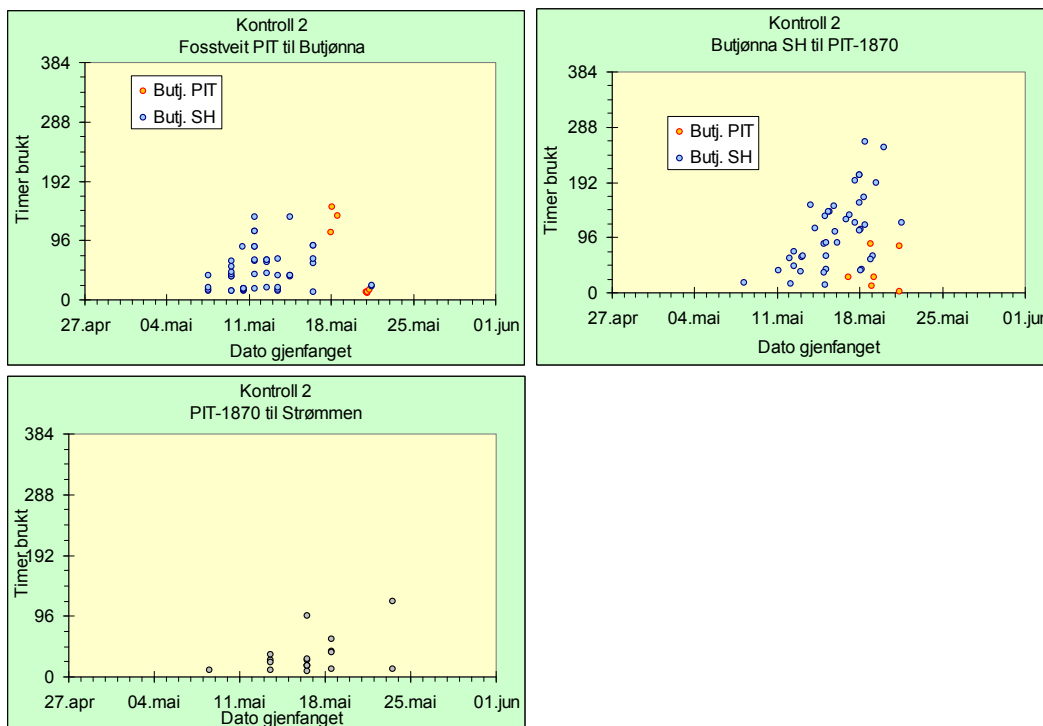
5.3.3 Vandringshastighet; Kontroll 2 (K2)

Fisk tilhørende denne gruppa brukte 12 til 17 timer (henholdsvis 25 og 50 persentilen) fra utsetting til den ble påvist på PIT-Butjønna. Herifra til PIT-1870 brukte laksesmolten 15 til 27 timer og til

smoltfella i Strømmen medgikk det ytterligere 13 til 24 timer. Fra Fosstveit til Butjønna vandret fisken med en hastighet på 9 til 7 cm/sek (25 og 50 % percentiler). Fra Butjønna til PIT-1870 var hastigheten på 3,5 til 1,9 cm/sek og 0,3 til 0,2 cm/sek til Strømmen.

Tabell 19. Antall timer som laksesmolten fra gruppe K2 (satt ut oppstrøms kraftverket) brukte og hastigheten den hadde (cm/sek) fra utsetningslokaliteten til gjenfangst i smoltfella på utløpet fra turbinen nedstrøms turbinen og herifra til PIT-Fosstveit. Beregninger fra PIT-Fosstveit til Butjønna (PIT og smoltfelle) og derifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen vil være like for alle gruppene smolt sluppet ved kraftverket. For å beregne tid og hastighet må molten registreres på begge stasjonene. Smoltfelle er angitt som SH i tabellen.

	Utsetting til PIT-Foss	PIT-Foss til PIT Butj.	PIT-Foss til SH Butj.	Butj PIT til PIT-1870	Butj SH til PIT-1870	PIT-1870 til Strømmen
Avstand (m) mellom stasjoner	230	4000	4000	1880	1880	140
Timer mellom stasjoner						
10 percentil	7,2	11,3	14,4	6,5	37,0	11,3
25 percentil	9,2	12,0	17,8	15,0	58,6	13,4
50 percentil	21,7	16,9	38,7	27,2	107,0	24,2
75 percentil	33,4	122,8	64,8	67,9	141,3	37,3
Antall	155	7	49	6	42	18
Hastighet cm/sek						
10 percentil	0,9	9,9	7,7	8,0	1,4	0,3
25 percentil	0,7	9,3	6,3	3,5	0,9	0,3
50 percentil	0,3	6,6	2,9	1,9	0,5	0,2
75 percentil	0,2	0,9	1,7	0,8	0,4	0,1



Figur 27. Antall timer som laksesmolten fra kontrollgruppe K2 brukte fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønna, og herifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. I figuren er antall timer (y-akse) plottet mot dato fisken ble gjenfanget på de ulike lokalitetene (x-akse).

5.3.4 Vandringshastighet; Turbin 1 (T1)

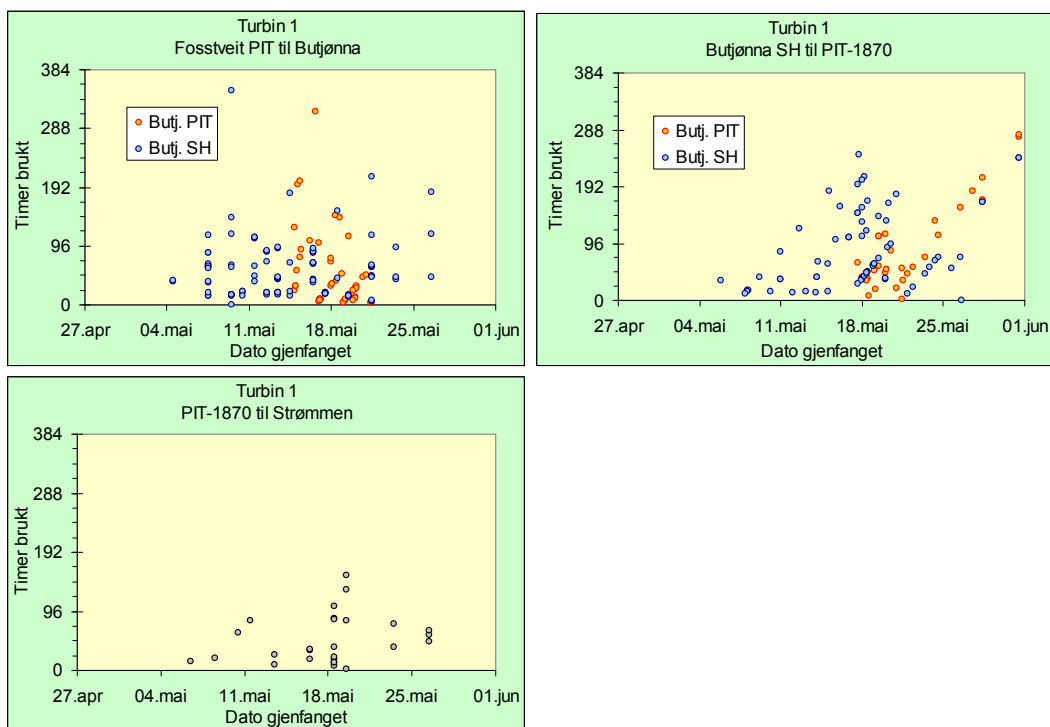
Denne fisken ble satt ut samtidig med fisk tilhørende K1, hvor K1 utvandret via minstevannføringsløpet og T1 via kraftverksturbinen. Avstanden fra utsetting til 1. detektering er tilnærmet lik. Mens laksesmolt tilhørende K1 brukte i størrelsesorden 32 og 162 timer (henholdsvis 25 og 50 persentil) brukte laksesmolt fra gruppe T1 25 og 49 timer på tilsvarende avstand. Ca 60 % av smolten satt ut oppstrøms kraftverket utvandret via kraftverksturbinen. Resten ble stående ovenfor kraftverket og utvandret først når den alternative utvandringruten ble åpnet 20. mai.

Fra PIT-Fosstveit til PIT-Butjønna brukte laksesmolten 10 til 30 timer (henholdsvis 25 og 50 persentil) og herifra til PIT-1870 38 til 58 timer. Fra denne til smoltfella i Strømmen brukte fisken 18 til 37 timer. Laksesmolten fra T1 brukte mer tid på utvandringen enn K1.

Fra Fosstveit til Butjønna vandret fisken med en hastighet på 12 til 3,5 cm/sek (25 og 50 persentiler). Fra Butjønna til PIT-1870 var hastigheten på 1,4 til 0,9 cm/sek.

Tabell 20. Antall timer som laksesmolten fra gruppe T1 (satt ut oppstrøms kraftverket) brukte og hastigheten den vandret med (cm/sek) fra utsettingslokaliteten til minstevannføringsløpet (BRU) og herifra til PIT-Fosstveit. Beregninger fra PIT-Fosstveit til Butjønna (PIT og smoltfelle) og derifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen vil være like for alle behandlingene. For å beregne tid og hastighet må smolten registreres på begge stasjonene. Smoltfelle er angitt som SH i tabellen.

Avstand stasjoner	(m) mellom	Utsetting til SH-turbinutløp	SH-turbinutløp.til PIT-Foss	PIT-Foss til PIT Butj.	PIT-Foss til SH Butj.	Butj PIT til PIT-1870	Butj SH til PIT-1870	PIT-1870 til Strømmen
		370	190	4000	4000	1880	1880	140
Timer mellom stasjoner								
10 persentil		18,8	3,6	5,7	15,2	19,9	15,0	10,8
25 persentil		25,0	5,1	9,6	19,0	38,4	35,7	17,5
50 persentil		49,0	8,5	30,1	43,8	57,8	61,1	37,4
75 persentil		114,8	11,4	76,7	69,2	112,0	133,6	78,6
Antall		406	238	44	108	29	71	27
Hastighet cm/sek								
10 persentil		0,6	1,5	19,4	7,3	2,6	3,5	0,4
25 persentil		0,4	1,0	11,6	5,8	1,4	1,5	0,2
50 persentil		0,2	0,6	3,7	2,5	0,9	0,9	0,1
75 persentil		0,1	0,5	1,5	1,6	0,5	0,4	0,1



Figur 28. Antall timer som laksesmolten fra turbingruppe T1 brukte fra PIT-Fosstveit til Butjønna, og herifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. I figuren er antall timer (y-akse) plottet mot dato fisken ble gjenfanget på de ulike lokalitetene (x-akse).

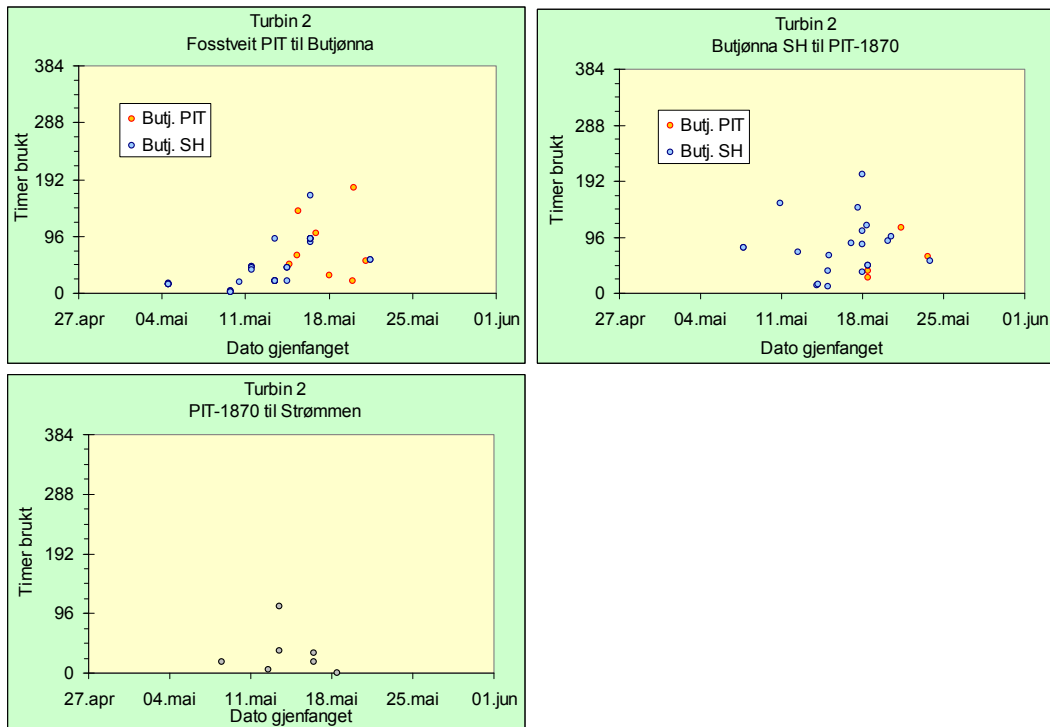
5.3.5 Vandringshastighet; Turbin 2 (T2)

Fisk tilhørende denne gruppa brukte i 6 timer (henholdsvis 25 og 50 percentilen) fra utsetting til den ble påvist i PIT-Fosstveit. Herifra brukte smolten 44 til 59 timer til PIT-Butjønna og herifra til PIT-1870 34 til 50 timer. Fra denne til smoltfella i Strømmen brukte fisken 12 til 19 timer.

Fra Fosstveit til Butjønna vandret fisken med en hastighet på 2,5 til 1,9 cm/sek (25 og 50 percentiler). Fra Butjønna til PIT-1870 var hastigheten på 1,5 til 1,0 cm/sek.

Tabell 21. Antall timer laksesmolten fra gruppe T2 (satt ut nedstrøms kraftverket) brukte og hastigheten den hadde (cm/sek) fra utsettingslokaliteten til PIT-Fosstveit. Beregninger fra PIT-Fosstveit til Butjønna (PIT og smoltfelle) og derifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen vil være like for alle behandlingene. For å beregne tid og hastighet må smolten registreres på begge stasjonene.

	Utsetting til PIT-Foss	PIT-Foss til PIT Butj.	PIT-Foss til SH Butj.	Butj PIT til PIT-1870	Butj SH til PIT-1870	PIT-1870 til Strømmen
Avstand (m) mellom stasjoner	190	4000	4000	1880	1880	140
Timer mellom stasjoner						
10 percentil	5,0	27,3	3,3	29,2	19,3	3,9
25 percentil	6,0	44,1	15,8	34,4	47,7	11,8
50 percentil	6,1	59,1	20,0	50,0	77,3	18,7
75 percentil	28,8	111,1	55,3	75,1	112,0	33,8
Antall	77,0	8,0	37,0	4,0	23,0	7,0
Hastighet cm/sek						
10 percentil	1,1	4,1	33,7	1,8	2,7	1,0
25 percentil	0,87	2,5	7,0	1,5	1,1	0,3
50 percentil	0,9	1,9	5,6	1,0	0,7	0,2
75 percentil	0,2	1,0	2,0	0,7	0,5	0,1



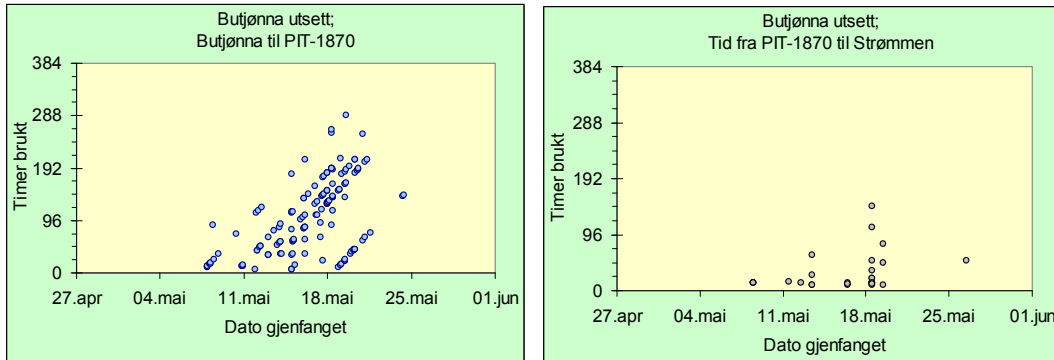
Figur 29. Antall timer som laksesmolten fra turbingruppe T2 brukte fra PIT-Fosstveit til Butjønna, og herifra til PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. I figuren er antall timer (y-akse) plottet mot dato fisken ble gjenfanget på de ulike lokalitetene (x-akse).

5.3.6 Gjeddegruppa

Fisk tilhørende denne gruppa brukte 36 til 94 til PIT-1870. Fra denne til smoltfella i Strømmen brukte fisken 11 til 13 timer (**Tabell 22**).

Tabell 22. Antall timer som laksesmolten merka ved Butjønna brukte og hastigheten den hadde (cm/sek) fra utsetningslokaliteten til gjenfangst på PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. Smoltfelle er angitt som SH i tabellen. Ikke-relevante områder er skravert svart.

	1.deteksjon til Foss	PIT-Foss til PIT Butj.	PIT-Foss til SH Butj.	Butj PIT til PIT-1870	Butj SH til PIT-1870	PIT-1870 til Strømmen
Avstand (m) mellom stasjoner				1880	1880	140
Hastighet cm/sek						
10 persentil					15,7	9,2
25 persentil					36,0	11,0
50 persentil					94,1	13,4
75 persentil					148,7	32,5
Antall					150	30
Hastighet cm/sek						
10 persentil					3,3	0,4
25 persentil					1,5	0,4
50 persentil					0,6	0,3
75 persentil					0,4	0,1



Figur 30. Antall timer som laksesmolten merka ved Butjønna brukte fra utsetting til gjenfangst ved PIT-1870 og til smoltfella i Strømmen. I figuren er antall timer (y-akse) plottet mot dato fisken ble gjenfanget på de ulike lokalitetene (x-akse).

5.3.7 Konklusjon

Mens 25 % av kontrollfisken (K1 og K2) vandret fra PIT-Fosstveit til PIT-1870 innenfor et tidsintervall på 23 til 37 timer brukte 50 % av fisken i størrelsesorden 33 til 44 timer. Tilsvarende verdier for turbingruppene (T1 og T2) var 48 til 78 timer og 88 til 109 timer for henholdsvis 25 % og 50 % av fisken. Det konkluderes derfor med at kontrollfisken vandret raskere enn turbinfisken. Det er tidligere påpekt at gruppe K1 vandret på en senere dato enn K2 og at dette påvirket hastighetene. Selv om sammenligningen kun gjøres mellom K2, T1 og T2 opprettholdes konklusjonen.

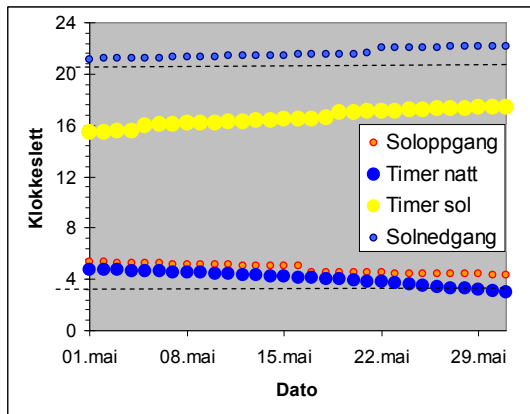
Ut fra dette konkluderes det med at smolten brukte timer på å vandre fra Fosstveit til Butjønna og dager på å komme seg herifra og ut av Lundevatn. Etersom smolttapet gjennom Lundevatn er betydelig (sannsynligvis på grunn av gjeddepredasjon) vil redusert vandringshastighet kunne resultere i økt tap av smolt til gjedde. Kraftverket kan derfor ha både en direkte og en indirekte effekt på smoltoverlevelse innenfor elva.

Tabell 23. Vandringshastighet (cm/sek) og timer brukt mellom Fosstveit og Butjønna, Butjønna og utløp Lundevatn (PIT-1870) og herifra til Strømmen for henholdsvis 25 og 50 persentilen. Hastighet er angitt for hver av smoltgruppene.

Avstand mellom stasjoner (m)	Persentil	PIT-Foss til	Butj PIT	1870 til	PIT-Foss til	Butj PIT til	PIT-1870 til
		PIT Butj.	til 1870	Strømmen	PIT Butj.	PIT-1870	Strømmen
		4000	1880	140	4000	1880	140
Gruppe		Vandringshastighet (cm/sek)			Timer brukt på avstanden		
K1	25	57,0	2,5	0,3	2,0	20,7	11,9
K2		9,3	3,5	0,3	12,0	15,0	13,4
T1		11,6	1,4	0,2	9,6	38,4	17,5
T2		2,5	1,5	0,3	44,1	34,4	11,8
Gjedde			1,5	0,4		36,0	11,0
K1	50	36,8	1,7	0,1	3,0	30,2	34,3
K2		6,6	1,9	0,2	16,9	27,2	24,2
T1		3,7	0,9	0,1	30,1	57,8	37,4
T2		1,9	1,0	0,2	59,1	50,0	18,7
Gjedde			0,6	0,3		94,1	13,4

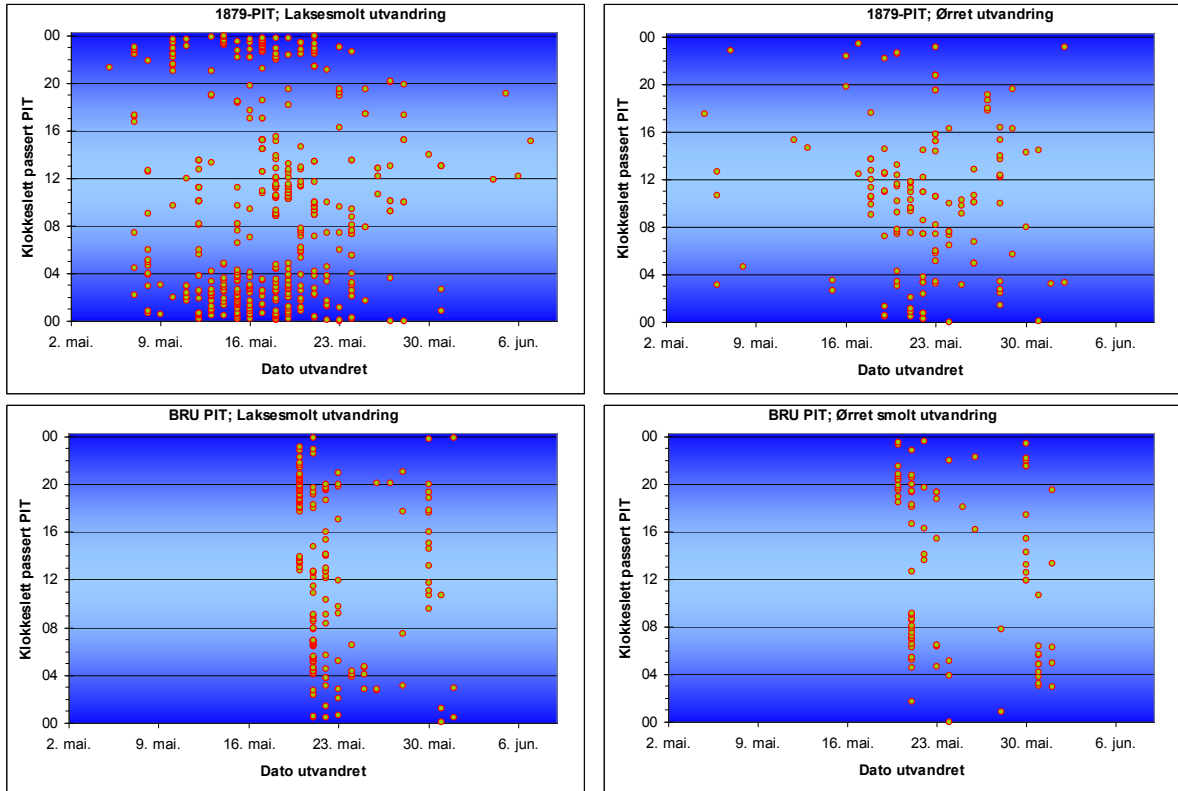
5.4 Tidspunkt på døgnet som smolten vandret

Når smolten passerer en PIT-stasjon registreres klokkeslett. To av PIT-stasjon var plassert slik at de registrerte smolt under "naturlig" vandring. Dette er PIT-BRU og PIT-1870. Førstnevnte angir klokkeslettet som smolten passerte demningen og nedvandret ca 20 m. Sistnevnte angir når smolten gikk inn i nedre del av Storelva. I aggregeringen av data er klokkeslett mellom 22 og 05 definert til natt. Dette er en rimelig representering av tidspunkt for soloppgang/nedgang i Tvedestrand i mai (**Figur 31**).

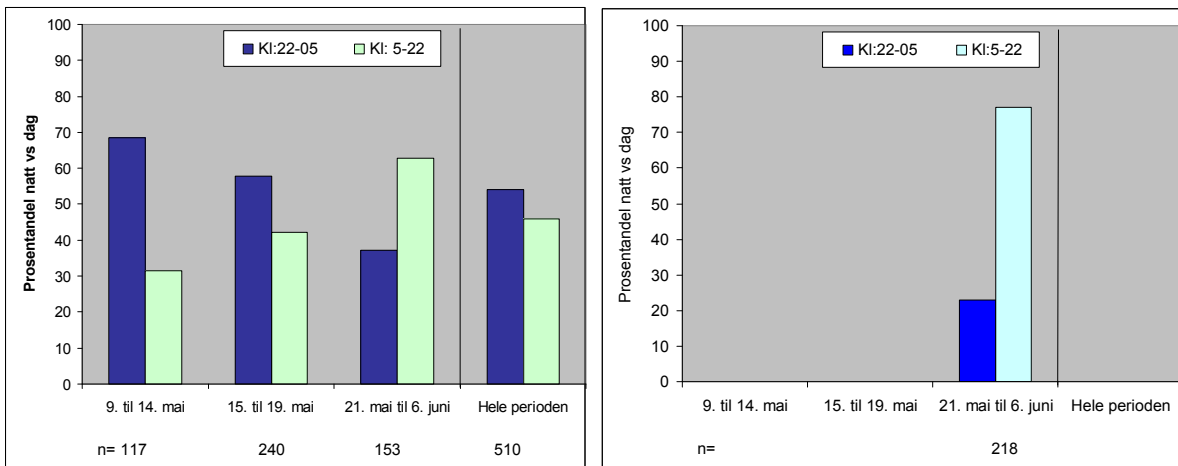


Figur 31. Tidspunkt for soloppgang/nedgang og antall timer natt/dag i Tvedestrand i mai.

Smolten utvandret forbi PIT-1870 hele døgnet (**Figur 32** og **Figur 33**). Hoveddelen av laksesmolten vandret på natta tidlig i utvandningsperioden for å vandre på dagen seint i perioden. Ørret vandret mer midt på dagen. Dette vandringmønsteret var ikke like opplagt i minstevannføringsløpet (PIT-BRU). Her dominerte dagvandring etter 20. mai. Den mest opplagte årsaken til forskjellen kan være at mens smolt ved BRU måtte forsere en demning før deteksjon kunne smolten ved PIT-1870 passere stasjonen mer uhindret.



Figur 32. Tidspunkt på døgnet som en laksesmolt (figurer til venstre) eller ørretsmolt (figurer til høyre) passerte henholdsvis PIT-1870 (øverst) eller i minstevannføringsløpet (PIT-BRU, nederst).



Figur 33. Aggregerte data for når laksesmolten passerte PIT-1870 (venstre figur) eller PIT-BRU (høyre figur). Natt er definert til klokkeslett mellom 22 og 05, eller tidspunktet for skumring.

6. Bestandsestimat basert på fellefangst

6.1.1 Bestandsestimat basert på ukorrigerede fangster

Det altoverveiende av fisk >12 cm som ble fanget ble PIT-merka. Noen umerket smolt >12 cm ble også satt ut (se vedlegg B). Når fisk fanges, men slippes umerket vil den kunne gjenfanges på nedenforliggende stasjoner og der bidra til et feilaktig estimat av elvas produksjon. Andelen umerka smolt >12 cm sluppet var lavt og utgjorde i den periode som vi merka smolt kun 1-3 % av hele materialet. Umerka gjenfangster ignoreres derfor i estimatene.

I Storelva ble det totalt fanget 10.807 laksesmolt våren 2010 (**Tabell 4**). Dette vil være et minimumsestimat ettersom ingen fangstfelle var 100 % effektiv. I fangsten av laksesmolt var 2355 <12 cm, mens 8452 var >12 cm. I samme periode ble det påvist 2450 ørretsmolt (**Tabell 4**).

Vi antar at elvestrekningen fra Butjønna til Strømmen ikke vil være et oppvekstområde for smolt. Selv om vi antar at all smolt >12 cm fanget i Strømmen er gjenfangster av umerket smolt sluppet ved Butjønna påviste vi minst 7836 laksesmolt >12 cm og 2245 <12 cm i Storelva. Samlet gir dette et absolutt minimumsestimat på 10.100 laksesmolt. For å få et mer sannsynlig estimat må felleeffektiviteten inkluderes i beregningene.

Konklusjon: Basert på ukorrigerede fangster og kun optelling av umerket laksesmolt var det minst 10.100 smolt i Storelva. Ettersom vi vet at ingen fangstfelle var 100 % effektiv vil antall utvandrende smolt ha vært høyere enn dette.

6.1.2 Estimater over produksjon av laksesmolt basert på korrigerede fangster

Fangsteffektivitet i de ulike smoltfellene varierte innenfor vassdraget (**Tabell 12**). Usikkerheten i estimatene knyttes mest til om estimatet best baseres på antall smolt satt ut med PIT-merke eller om dette skal baseres på antall PIT-merka smolt som må ha passert stasjonen. Smoltantallet i elva er her beregnet ut fra fangst av umerket smolt i de ulike fellene, hvor fangsten er korrigert ut fra felleeffektivitet. Umerka smolt fanga i Strømmen er inkludert i dette estimatet.

Produksjonsområdene er delt ved kraftverket av praktiske årsaker og er knyttet til plassering av smoltfellene. Estimaterne gjelder produksjon oppstrøms kraftverket, fra kraftverket til Butjønna og fra Butjønna og ut ved Strømmen.

Estimat: Oppstrøms kraftverket

Smoltfella oppstrøms kraftverket hadde en fangsteffektivitet på 47,8 %. Det ble fanget 4612 smolt gjennom hele fangstperioden. Vi estimerer ut fra dette en utvandring på 9649 smolt (**Tabell 24**). Av disse ble til sammen 3780 merket for å enten bli tilbakeført til elva som PIT-merka smolt (n=1148), transportert til og satt ut i fjorden (n=2442) eller døde (n=190). Resterende smolt (n=5869) kunne vandre videre som umerket laksesmolt. Denne kunne utvandre til minstevannføringsløpet eller via kraftverksturbinen.

Smoltfella på utløpet fra turbinen hadde en felleeffektivitet beregnet til 65 %. Det ble her fanget 2994 umerka smolt. Korrigert for effektivitet utvandret det her 4606 laksesmolt. Basert på hvilket utvandringløp PIT-merka smolt benyttet utvandra 30 % av smolten til minstevannføringsløpet (fra 20. mai). Denne beregningen er basert på smolt sluppet ovenfor kraftverket før 17. mai. Vi antar at det ikke var forskjeller mellom merket og umerket smolt. Ut fra dette utvandret det 1382 smolt via minstevannføringsløpet. Produksjon av smolt oppstrøms kraftverket blir rimelig lik for de ulike

estimeringsgrunnlagene gitt her. Estimateret vurderes derfor som robust og gir et godt mål for produksjon oppstrøms Fosstveit.

Tabell 24. Estimat over laksesmoltproduksjon oppstrøms Fosstveit. Det er i tabellen også beregnet hvor mange som utvandret via kraftverksturbinen og hvor mange som nedvandret via minstevannføringsløpet. Dette vil være smolt som unnslett smoltfella oppstrøms kraftverket.

Samlet smoltproduksjon oppstrøms Fosstveit	Antall
Estimert produksjon oppstrøms Fosstveit	9649
Antall laksesmolt benyttet til andre formål	3780
Estimert antall som unnslett smoltfella oppstrøms	5869
Estimert antall som utvandret via kraftverksturbinen	4606
Estimert antall som utvandret via minstevannføringsløpet	1382
Sum utvandret forbi kraftverket (kraftverksturbinen + minstevannføringsløpet)	5988
Differanse i estimat (observert død fisk)	119

Estimat: Fosstveit til Butjønn

Smolt fanget ved Butjønn kan skyldes umerket smolt produsert ovenfor kraftverket og smolt produsert mellom kraftverket og Butjønn. I smoltfella ved Butjønn ble det fanget 2475 umerka smolt. Et rimelig anslag for fangsteffektivitet var 32 % (Vedlegg A). Det estimeres ut fra dette en total smoltfangst på 7734 ved Butjønn (**Tabell 25**). I forhold til antallet estimert fra Fosstveit økte antall smolt fra kraftverket til Butjønn. Denne økningen må skyldes produksjon innenfor dette området. Hvis differansen kan benyttes som et mål for produksjon var produksjonen mellom kraftverket og Butjønn 3843 laksesmolt (7734-2799).

Tabell 25. Estimat over laksesmoltproduksjon mellom Fosstveit og Butjønn. Antall forbi kraftverket er her lavere enn i Tabell 25 fordi fisk fanget på utløpet av turbinen ble transportert til og satt ut i fjorden.

Samlet smoltproduksjon oppstrøms Fosstveit	Antall
Sum utvandret forbi kraftverket (fratrasket smolt benyttet andre formål)	3891
Estimert antall fanga ved Butjønn	7734
Estimert produksjon fra Fosstveit til Butjønn	3843

Estimat: Butjønn til Strømmen

Av den umerka fangsten ved Butjønn ble 1113 laksesmolt merka og benyttet til andre formål. Fra Butjønn vandret det derfor anslagsvis 6621 (7734-1113) umerka laksesmolt. Disse kunne gjenfanges i Strømmen. I Strømmen ble det fanget 726 umerka smolt. Felleeffektiviteten var her på 20,6 % og vurderes som robust (Vedlegg A). Korrigeret for fangsteffektivitet var fangsten på 3212 umerka smolt. Dette er 49 % av antallet som ble estimert forbi Butjønn og antyder et betydelig tap (51 %) av smolt over denne siste strekningen (**Tabell 26**). Vi estimerte i 2009 (Kroglund mfl. 2010a) og i 2010 (Kristensen mfl. 2010) at gjedda spiste henholdsvis 30 og 50 % av nedvandrende smolt. Estimateret ut fra fellefangster alene tyder på en redusert overlevelse i samme størrelsesorden.

Vi kan ikke utelukke et visst bidrag av smolt fra områdene nedstrøms Butjønn. I så fall er tapet forbi Lundevatn større enn estimateret over. I dette området er elva sakte meandrende og er et gjeddehabitat. Produksjonen vil derfor sannsynligvis være lav og settes her til "null". Det bør likevel gjøres et prøvofiske i området for å fastslå om dette likevel er et oppvekstområde for smolt eller ikke.

Tabell 26. Estimat over laksesmoltproduksjon mellom Butjønna og Strømmen.

Samlet smoltproduksjon oppstrøms Fosstveit	Antall
Sum utvandret forbi Butjønna (fratrasket smolt benyttet andre formål)	6621
Estimert antall fanga ved Strømmen	3212
Estimert tap av smolt fra Butjønna til Strømmen	3409

6.1.3 Samlet produksjon fra fangst av umerket smolt

Ovenfor Fosstveit ble det produsert i størrelsesorden ca. 9650 laksesmolt. Mellom Fosstveit og Butjønna ble det produsert ca. 3800 (**Tabell 31**). Produksjonen nedstrøms Butjønna antas å være svært lav på grunn av gjedde og på grunn av at elva her er sakteflytende og meandrende. Det estimeres ut fra dette en produksjon på 13.500 laksesmolt i Storelva i 2010 (**Tabell 28**). Det ble totalt fanget 10.807 laksesmolt i smoltfellene våren 2010. Vi fanga dermed 80 % av all smolt.

Av produksjonen på 13.500 laksesmolt nedvandret det kun 3200 umerka laksesmolt forbi Strømmen. Ettersom vi transporterte smolt (n=4544) fra de ulike smoltfellene til fjorden var utvandringen i 2010 på ca. 7700 laksesmolt. Redusert naturlig utvandring vil innebære at det i 2010 var færre smolt som kunne utsettes for gjeddepredasjon.

Det var et betydelig tap av smolt mellom Butjønna og Strømmen. Estimaten basert på umerka smolt vil ikke påvise tap av smolt mellom Fosstveit og Butjønna; for eksempel tap forårsaket av kraftverket. Et slikt tap vil innebære at produksjonen mellom Fosstveit og Butjønna underestimeres. Dette tapet kan imidlertid estimeres ut fra PIT-merka smolt.

Tabell 27. Fangst av umerket smolt på de ulike smoltfellene innenfor Storelva våren 2010. Gjenfangster av smolt PIT-merka er ikke inkludert i beregningene. Noe smolt >12 cm ble sluppet umerket fra hver stasjon. Bidraget fra disse er vurdert som ubetydelig for alle stasjoner med unntak av slipp fra Butjønna som kan ha bidratt til fangst i Strømmen. Se kap 3.3 for data.

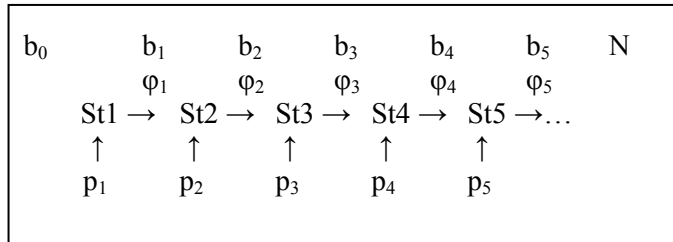
	Oppstrøms kraftverk	Nedstrøms kraftverk	Minstevf	Umerka smolt som passerte Fosstveit	Butjønna	Strømmen
Fanga ant <12 cm	505	749			991	110
Fanga ant >12 cm	4107	2245			1484	616
Fangst umerka fisk	4612	2994			2475	726
Fangsteffektivitet	47,8	65			32	20,6
Estimert ant <12 cm	1056	1152	346		3097	534
Estimert ant >12 cm	8592	3454	1036		4638	2852
Sum estimat umerka fisk	9649	4606	1382		7734	3212
UTTAK AV SMOLT						
Satt ut fjord	2442	1666			436	
Merkedød	190	30			82	
Turbindød	0	197			0	
Annet uttak (prøver av fisk)	0	40			200	
PIT-merka; satt tilbake til elv	1148	164			395	
Sum andre formål	3780	2097			1113	
Utvandret videre Umerket smolt	5869	2509	1382	3891	6621	<i>Reduksjon i antall fra Butjønna</i>

Tabell 28. Samlet smoltproduksjon av laks i Storelva våren 2010.

Elvestrekning (fra-til)	Antall
Oppstrøms kraftverket	9.600
Kraftverket til Butjønna	3.800
Nedstrøms Butjønna	noe
Sum	13.500

6.1.4 Samlet produksjon fra gjenfangster av PIT-merka smolt

For å estimere hvor stor populasjonen av smolt er ved de ulike seksjonene av Storelva brukte vi en litt annen parameterisering enn den vi brukte for å estimere de gruppevise sannsynlighetene for gjenfangst og overlevelse (se kap 4.5). Vi er nå interessert i den totale populasjonen og ignorerte derfor gruppeinformasjonen. For konstruksjon av fangsthistorier forenkla vi også litt ved å se bort fra gjenfangster fra gjeddemager. Parameteriseringen som vi brukte kalles Jolly-Seber-parameterisering (Jolly 1965, Seber 1965). Denne parameteriseringen åpner, i tillegg til estimering av p og ϕ , for estimering av relativ rekruttering (b) og populasjonsstørrelse (N):



Parameterne p og ϕ har samme betydning som tidligere. Den nye parameteren b muliggjør estimering av rekruttering til populasjonen. Merk at b er *relativ* rekruttering. Dette innebærer at summen av alle b 'ene beskranks til å være lik 1. Når en skal estimere populasjonstørrelsen ved de ulike stasjonene brukes følgende formler:

$$E[N_1] = Nb_0$$

$$E[N_2] = E[N_1]\phi_1 + Nb_1$$

...

Som for Cormack-Jolly-Seber parameterisering (CJS-parameteriseringa) vil de to parametertypene ϕ og p estimeres ved log-likelihood-metoden med utgangspunkt i den vekta sannsynligheten til hver enkelt fangsthistorie, f eks:

$$P[(01010)] = [b_0(1-p_1)\phi_1 + b_1]p_2\phi_2(1-p_3)\phi_3p_4[1-\phi_4 + \phi_4(1-p_5)]$$

Vi ser imidlertid at denne sannsynligheten skiller seg fra en CJS-modell ved at vi ikke veit om fisken var tilstede i populasjonen ved første fangststasjon (i så fall uten å bli fanga) eller om den ble rekruttert mellom første og andre stasjon (hvor den *ble* fanga). Begge disse mulighetene legges inn i denne fangsthistoriens totale sannsynlighet, hhv som $b_0(1-p_1)\phi_1p_2$ og b_1p_2 .

I oppsettet for Storelva merka en ikke all fisk som ble fanget i fellene. De merka individene utgjorde således en underpopulasjon av totalpopulasjonen av laksesmolt. Vi antar at denne underpopulasjonen utgjorde et representativt utvalg av totalpopulasjonen slik at overlevelsens-, relativ rekrutterings- og gjenfangstsannsynlighetene også kunne anvendes på den *umerka* delen av totalpopulasjonen for estimering av den totale populasjonsstørrelsen (Williams mfl. 2002).

Resultatene fra JS-modelltilpasninga viser, som for CJS-modellen, at overlevelsen avtar nedover elvestrengen og at overlevelse gjennom Lundevantet er på $0,54 \pm 0,03$ (**Tabell 29**). Den relative rekrutteringa som skjer mellom Fosstveit og Butjønna (b_3) ble estimert til å være $0,14 \pm 0,01$, noe som innebærer at den initiale relative rekrutteringa (b_0) er på ca 0,86. Estimert bruttomengden av laksesmolt produsert var $2401,44 \pm 32,17$ for den merka delen av populasjonen.

Tabell 29. Parameterestimater for den tilpassa Jolly-Seber modellen. ϕ er overlevelsessannsynlighet, p er (gjen)fangstsannsynlighet og b er relativ sannsynlighet for rekruttering (netto-imigrasjon). N er total bruttorekruttering for den merka delen av populasjonen av laksesmolt i Storelva.

Parameter	Estimater	SE
ϕ_1	0,75	0,02
ϕ_2	0,96	0,03
ϕ_3	0,68	0,03
ϕ_4	1	0
ϕ_5	0,54	0,03
ϕ_6	0,95	0
p_1	0,48	Fiksert
p_2	0,42	0,02
p_3	0,46	0,02
p_4	0,11	0,01
p_5	0,63	0,02
p_6	0,73	0,04
p_7	0,2	Fiksert
b_1	0	Fiksert
b_2	0	Fiksert
b_3	0,14	0,01
b_4	0	Fiksert
b_5	0	Fiksert
b_6	0	Fiksert
N	2401,44	32,17

Anvender en parameterestimaterne fra **Tabell 29** til å beregne antall smolt ved de ulike elvestrekningene får en at det produseres ca 9554 umerka smolt ovenfor Fosstveit (SH1). I denne beregningen antas det at fangsteffektiviteten til smoltfellene er lik 0,478 (**Tabell 12**). Dette antallet reduseres til ca 6800 før smolten kommer til Butjønna (**Tabell 30**). På strekningen mellom Fosstveit og Butjønna rekrutteres ca 1880 umerka smolt slik at antallet umerka smolt er ca 6500 før de vandrer gjennom Lundevantet. Etter Lundevantet er det bare drøyt 3300 umerka smolt igjen. Kombinerer en både den merka og den umerka delen av smoltpopulasjonen i Storelva ble bruttoproduksjonen av laksesmolt estimert til å være drøyt 13800 individer. Av disse overlevde ca 4030 fram til elvemunningen.

Tabell 30. Estimert populasjonsstørrelse og antall rekrutter ved de ulike stasjonene. Usikkerhetsestimaterne er beregnet som $\pm 1SE$. Disse har for den umerka delen av populasjonen blitt estimert under antagelse om lik varians-covariansstruktur som for estimatene for den merka delen av populasjonen.

Stasjon	Kode	Umerka		Merka	
		Estimert populasjon	Estimert rekrutter	Estimert populasjon	Estimert rekrutter
Oppstrøms kraftverk	SH1	9554±171	9554±171	2006±36	2006±36
Utløp kraftverksturbin	SH2	7139±196	0	1499±41	0
PIT-Fosstveit	PIT2	6848±243	0	1438±51	0
PIT-Butjønna	PIT3	6533±184	1883±153	1304±37	395±32
Smoltfelle Butjønna	SH3	6533±184	0	1304±37	0
PIT-1870	PIT4	3331±190	0	698±40	0
Super populasjon		11438±153		2401±32	
Totalt merka og umerka		13839±185			

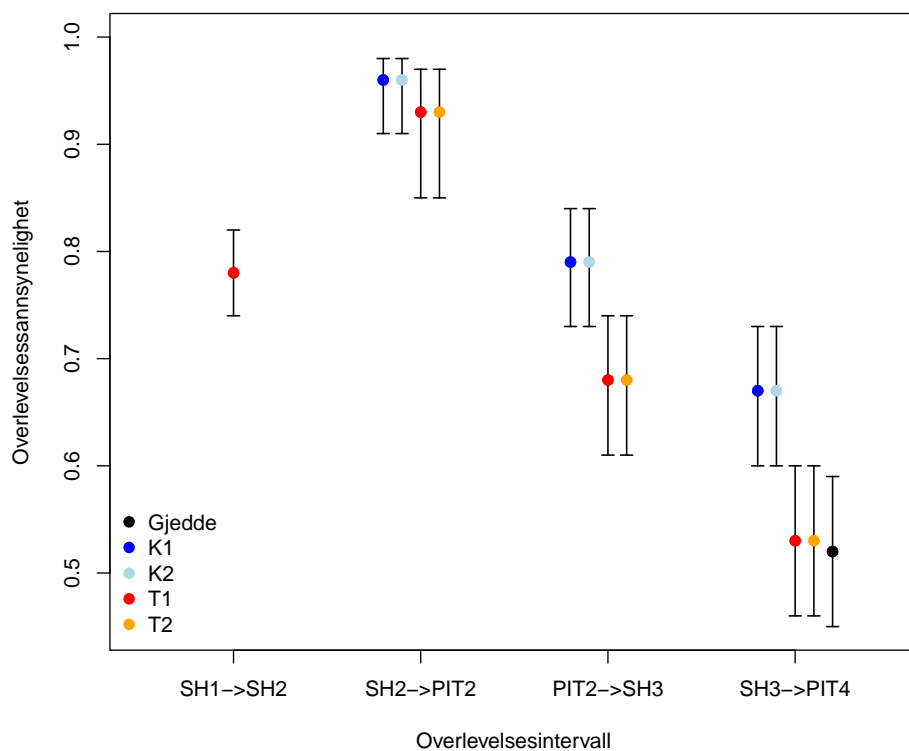
6.1.5 Gjenfangster av PIT-merka laksesmolt – overlevelse

Det ble estimert en smoltoverlevelse på 47 % mellom Butjønna og Strømmen basert på smoltfellefangst av umerka laksesmolt. I **Tabell 31** er overlevelse beregnet for hver av behandlingsgruppene basert på fangst av PIT-merka smolt. Av 1484 PIT-merka smolt som passerte kraftverket levende var det en fangst ved Butjønna på 1341 smolt. Dette innebærer et tap på ca 10 % av smolten over denne strekningen. Dette tapet skyldes primært en klar underrepresentasjon av smolt tilhørende gruppe K1 og T1 i materialet, eller av smolt sluppet ovenfor kraftverket. Mens tapet kan skyldes en forsinket dødelighet av smolt som passerte turbinen vil ikke dette forklare kontrollgruppa. Ettersom denne fisken forlot kraftverksområdet først etter 20. mai er det sannsynlig at vi ikke påviste all nedvandrende fisk den tid smoltfella ved Butjønna var i drift. Det var ikke et tilsvarende tap for gruppene T2 og K2. Disse ble sluppet like nedstrøms smolthjulet på turbinutløpet eller oppstrøms PIT-Fosstveit. Høy overlevelse skyldes mest sannsynlig kort avstand mellom utsettingssted og deteksjonssted. Vi kan ikke uten videre konkludere med årsak til variasjonen i overlevelse, men det bør ikke utelukkes at det vil være forskjeller i ”stress” om fisken er PIT-merket for så å passere turbin (T1) eller om den passerte umerket for så å bli merket (T2). Merking og fangst av ørretsmolt er vist i **Tabell 32**.

Uavhengig av årsak, mens det var et tap på ca 10 % av PIT-merka smolt fra Fosstveit til Butjønna var tapet på 70 % til Strømmen. Avstanden fra Fosstveit til Butjønna er ca 2 x strekningen fra Butjønna til Strømmen. Dette tyder på en overdødelighet i nedre del av elva.

Overlevelse kan også beregnes ut fra sannsynligheter for fangst. Resultatene fra denne analysen viser at det var forskjell i overlevelse mellom de behandlingsgruppene der K-gruppene alltid hadde høyere overlevelse enn T-gruppene (**Figur 34**). For eksempel var overlevelsen gjennom Lundevatnet $0,67 \pm 0,03$ (\pm s.e.) for K-gruppesmolten, mens den var $0,53 \pm 0,04$ for T-gruppesmolten og $0,52 \pm 0,04$ for gjeddegruppa. Det er liten støtte i dataene for forskjellig overlevelse mellom T1 og T2, og, tilsvarende, mellom K1 og K2. Ser man på den totale overlevelsessannsynligheten fra kraftverket og helt ut Strømmen var denne 0,55 for K-gruppesmolten mens den var 0,38 for T-gruppesmolten.

Basert på disse analysene konkluderes det med at smolt som hadde passert turbinen hadde en forsinket dødelighet. Denne var tilstedeværende i hele elva, men økte i omfang i de nedre delene hvor gjedda var økt forekommende.



Figur 34. Estimerte overlevelsessannsynligheter (kun de mest relevante er gjengitt) for de ulike behandlingsgruppene mellom de ulike stasjonene, med tilhørende 95 % konfidensintervall. Overlevelse Gjedde->PIT4 lar seg ikke estimere da det ikke merkes ny smolt i vannet og fordi alle rapporterte gjenfangster er døde (i gjeddemager) og høyre-sensoreres ut av analysene (dvs. individene brukes i analysene fram til de er blitt spist). SH1 er smoltfella oppstrøms kraftverket, SH2 er smoltfella på turbinutløpet, SH3 er smoltfella i Strømmen. PIT2 er PIT-Fosstveit, PIT4 er PIT 1870.

Tabell 31. Antall laksesmolt som ble PIT-merka og satt ut på de ulike merke-stasjonene samt gjenfangster på nedenforliggende smolthjul eller PIT-antenner. I tabellen er det angitt antall satt ut, antall uten gjenfangst i elva og antall med gjenfangst på minst en nedenforliggende stasjon (smolthjul eller PIT). Ukorrigert fangst er faktiske registreringer. Dette antallet er deretter korrigert for fangsteffektivitet for å beregne faktisk fangst. Prosentvis overlevelse er beregnet ut fra antall PIT-merker løslatt i forhold til korrigert fangst. Prosentvis overlevelse fra Butjønn til PIT-1870 er basert på antall vi vet passerte Butjønn i forhold til antallet gjenfanget på PIT-1870. Felter markert sort er umulige kombinasjoner. Felter markert blå er første stasjon nedstrøms utsettingspunktet.

Utsettingssted	Gruppe	Gjenfangster		Fangst effektivitet														
		Total PIT-merka	Ingen gjenfangst	2 PIT BRU	3 SH Nedst	4 PIT Fosstv	6 SH Butj	8 PIT 1870	9 SH Strøm	2 PIT BRU	3 SH Nedst	4 PIT Fosstv	6 SH Butj	8 PIT 1870	9 SH Strøm			
Fangst effektivitet				100	65	45	32	78,7	20,6									
				Antall smolt fanget ukorrigert														
				Antall smolt fanget korrigert for fangsteffektivitet														
Opp. k.verk	K 1	350	60	290	290	156	94	104	19	347	294	132	92					
Ned. k.verk	K 2	314	55	260	156	106	93	22	347	331	118	107						
Opp. k.verk	T 1	665	104	563	409	279	174	115	45	629	544	146	218					
Ned. k.verk	T 2	162	40	122	77	55	47	14	171	172	60	68						
Summert fra kraftverket		1491	453	1453	290	491	668	429	359	100	1484	1341	456	485				
Butjønn	Gjed.	394	194	198				150	33		191	160						
				Prosent overlevelse														
				Utsetting til gjenfangststasjon														
				Prosent overlevelse Butjønn til PIT-1870														
Opp. k.verk	K 1			82,9	99,0	83,9	37,8	26,4	45,0									
Ned. k.verk	K 2			110,4	105,5	37,6	34,0	35,7										
Opp. k.verk	T 1			94,6	93,2	81,8	22,0	32,8	26,9									
Ned. k.verk	T 2			105,6	106,1	36,9	42,0	34,7										
Summert fra kraftverket				99,6	89,9	30,6	32,6	34,0										
Butjønn	Gjed.	394	194	198			48,4	40,7	48,4									

Tabell 32. Antall ørretsmolt samt vinterstøing som ble PIT-merka og satt ut på de ulike merkestasjonene samt gjenfangster på nedenforliggende smolthjul eller PIT-antenner. Det er ikke her utregnet korrigert fangst eller overlevelse. Felter markert sort er umulige kombinasjon. Felter markert blå er første stasjon nedstrøms utsetningspunktet.

Utsetningssted	Gruppe	Gjenfangster									Reg Strømmen								
		Total PIT-merka	Ingen gjenfangst	Vinterstøing ørret	2 PIT BRU	3 SH Nedst	4 PIT Fosstv	5 PIT Butj	6 SH Butj	7 Gjedde	8 PIT 1870	Kun SH Str	9 SH Strøm	Pass Turb	Pass BRU	Pas Foss	Pass Butj	Reg Butj	
		19	8	11	5	0	7	0	0	0	3	1	0	0	8	4	0	4	4
Opp. k.verk	K 1	141	47	94	94	1	63	10	14	0	33	2	2		94	72	39	20	35
Opp. k.verk	T 1	199	87	112		75	74	13	21	3	26	1	7	108		89	46	27	25
Ned. k.verk	T 2	275	79	196		7	108	68	57	12	80	3	8	196	195	141	87	83	
Buijønna	Gjed.	37	23	14				3	3	0	11	0	0				4	11	
Strømmen	Fjord	21										0	0					0	
		652	236	416	94	83	245	94	95	15	150	6	17	376	398	356	240	138	154

7. Gjenfangst av laksesmolt merket i 2009

Det ble gjort et begrenset antall gjenfangster av laksesmolt merket i 2009 i Storelva (n=2) og i Nidelva (n=3) i 2010. Selve merkeprogrammet og hvor fisken ble satt ut står omtalt i Kroglund mfl. 2010a. Antall gjenfangster er såpass små at de her presenteres som rådata.

Det var tre gjenfangster av smolt (n=263) satt ut nedstrøms Fosstveit kraftverk. Det ble i 2009 innlevert 7 PIT-merker funnet i gjeddemager. Basert på et estimat over andel smolt spist av gjedde (overlevelse fra Fosstveit til Strømmen) kan antall smolt med PIT-merke som nådde Strømmen reduseres med minst 30 %. Antall som utvandret blir da 184 smolt. Foreløpig har vi da en sjøoverlevelse på 1,6 %.

Fra smoltfangstene i Strømmen ble 633 smolt PIT-merka og satt ut i Songevatn (brakkvann) mens 626 smolt ble PIT-merka og kjørt med bil til Sandnesfjorden (saltvann). Det var en gjenfangst av 0,3 % av smolten (n=2) satt ut i Songevatn. Den ene ble fanget i Nidelva.

Det ble til sammen tatt tre laks i Nidelva og to i Storelva. De tre laksene i Nidelva veide fra 700 til 1100 gram. Innrapportert laks fanget i Storelva i 2010 hadde en snittvekt på 2,5 kg (<http://www.laksefisk.no/fangstrapport>). Laksen fanget i Nidelva var således betydelig mindre enn laks fanget i Storelva. Samlet fangst i Nidelva var på 180 laks basert på tall innrapportert til scanatura. Dette innebærer at 1,7 % av laksen fanget i Nidelva i 2010 var produsert i Storelva. Dette er ikke et alarmerende høyt tall for feilvandring.

Det er ikke grunnlag fra fangstene i 2010 å konkludere i forhold til utsettingene i 2009. Vi kan konkludere med at vi fikk gjenfangster i to elver og at det er mulig å ha en manuell deteksjon i vassdrag hvor all fangst registreres.

Tabell 33. Gjenfangst av laks i 2010 som var PIT-merket og satt ut i Storelva våren 2009.

Id:	Utsettingssted	Merketidspunkt			Gjenfangstdata				
		Dato	Lengde (cm)	Vekt (g)	Storelva PIT-1879	Storelva PIT-Foss	Nidelva Dato	Nidelva lengde	Nidelva vekt
168274731	Fosstveit	7. mai	14,0	17,5	19. aug				
168305325	Songevatn	11. mai	13,2		9. juli	9. okt			
168274952	Fosstveit	2.mai	13,4	17,5			5.aug	550	1100
168274730	Fosstveit	8.mai	12,9	16,8			6.aug	460	700
168273769	Songevatn	7.mai	16,7	34,5			19.aug		820

8. Diskusjon; truslene og effekt på bestand

Laksen i Storelva var påvirket av forsuring før kalkingen startet i 1996. Den forventede økningen i laksefangst uteble. Effekten av kalking avviker således i Storelva fra andre elver i regionen. Ettersom denne laksebestanden sannsynligvis ikke ble utryddet på grunn av forsuringen er det også viktig å sikre god økologisk status. Laksen i Storelva representerer sannsynligvis den eneste genetiske ”intakte” bestanden i Agder. Så lenge det ikke er utført analyser av opprinnelig genetisk sammensetning vil påstanden være usikker.

Opprinnelig var fokus i Storelva kun på effekter av Al i brakkvann på smoltutvandring. Det ble antatt at gjedda hadde liten betydning ettersom denne trusselen hadde vært tilstedeværende i 200 år, også når bestanden ble betraktet som god. Det kan imidlertid være vesentlige forskjeller i påvirkning av en god bestand og en bestand under etablering. Kraftverket startet produksjon høsten 2008. Det ble observert død smolt nedstrøms kraftverket våren 2009.

Fra 2009 har innsatsen i elva knyttet til fangst av laksesmolt for merking (for å studere sjøoverlevelse) gjort det mulig å evaluere betydningen av flere av truslene. Evalueringen utført her baserer seg på observerte data samt at det er gjort noe mer teoretiske betraktninger. Truslene er omtalt kronologisk, fra innerst i elva med Hammerdammen til lakselus i kystvannet. Først omtales truslenes effekt på bestand, dernest mulige tiltak.

8.1 Hvor mange smolt skal produseres i Storelva?

Gytebestandsmålet for laks (kg hunner) er beregnet til 565 kg (424-848) (Anon 2010). Med 1450 egg/kg laks estimeres det at det skal deponeres 820.000 egg i elva. Dette antallet tilsvarer 2 egg/m² og et produksjonsareal på 409.570 m². Gitt 3 % overlevelse fra egg til smolt blir dette ca 25.000 smolt. Alternativt, legges en smolttetthet på 6 smolt/100 m² til grunn (estimat for Mandals- og Tovdalselva) beregnes det også en smoltproduksjon 25.000 smolt med utgangspunkt i et produksjonsareal på 409.570 m². Vi velger ut fra dette å definere en smoltproduksjon på 25.000 smolt som naturtilstanden for elva. Gitt mulig spredning i antall gytende hunner blir naturtilstanden med hensyn til antall smolt 25.000 (18.800-37.500).

Vi forventer at kjønnsfordelingen i elva er 50:50. Gitt 565 kg hunner, skal samlet oppvandring være på 1130 kg. Hvis vi antar at snittvekta er på 2,5 kg innebærer dette en oppvandring på minst 452 laks. Gitt en smoltproduksjon på 25.000 smolt tilsvarer dette en sjøoverlevelse på 1,8 %. Hvis 50 % av fangsten skal være høstbar må oppvandringen være på ca 2,2 tonn.

Ingen av verdiene benyttet til gytebestandsmålsfastsettelse er validert for Storelva. Slike data foreligger kun fra et fåtall elver i Norge (Hindar mfl. 2007). Estimaten vi har utført her og som er forankret i tankegangen for fastsettelse av gytebestandsmål må anses som tilstrekkelig robuste til at de antyder produksjonsnivået. Når det foreligger revisjon av beregningsgrunnlaget og nye estimat for gytebestandsmål foreligger kan disse lett benyttes til å revidere konklusjonene i rapporten. Inntil nyere data foreligger velger vi her å benytte de metoder som pr. i dag er tilgjengelig. Samtidig, ettersom vi fra Storelva har gode produksjonsestimat vil dette vassdraget være velegnet for validering av beregningsmetoder.

Det ble både i 2009 og 2010 estimert at smoltproduksjonen var i størrelsesorden 13.500 smolt. Estimat over antall voksne laks er mer usikkert. Ut fra videoovervåking, fangst og stamfiske beregnes det at det minst er 160-170 laks i elva. Antallet er da korrigert for gyting nedstrøms Fosstveit. Et antall på 200 laks trenger ikke være urimelig estimat for Storelva selv om fangstene kun er på noen få kilo. Det konkluderes derfor med at fangstinnsatsen i Storelva er lav. Det er rimelig å forvente at overlevelse fra

egg til smolt er høyere enn 3 % på grunn av lav tetthet. Settes denne til 4 % vil 200 laks (100 hunnlaks) gi grunnlag for 14.500 smolt.

Estimatene basert på smolt eller basert på voksen laks tyder på at gytebestandsmålet er underskredet med ca 50 % til tross for lav fangst. Målet for Storelva vil være å øke smoltproduksjonen til nivåer antydnet i gytebestandsmålberegningene. For å oppnå dette må antall laks som gyter i elva økes. For å oppnå dette må påvirkningsfaktorene (det som begrenser smoltproduksjon og overlevelse) elimineres eller reduseres til nivå hvor deres effekt er ubetydelig. Nedenfor gjennomgås de ulike truslene.

8.2 Hammerdammen

8.2.1 Bestandspåvirkning

Hammerdammen ved Nes Verk ble innviet av miljøvernminister Knut A. Hareide 18. november 2004. Demningen representerer et vandringshinder for laks. Dammen ble etablert i 2003. Arealer benyttet til gytebestandsmålfastsettelse gjelder for hele elva samlet og er ikke oppgitt for hvert elveavsnitt. Arealene til delfelter i elva fra Hauglandsfossen til Angelstad er nedenfor beregnet ut fra lengde på elveavsnittene x midlere bredde (**Tabell 34**). Basert på denne arealberegningen representer vandringshinderet ved Hammerdammen en arealreduksjon på ca 40 %. Basert på tetthet til eldre lakseunger (se årsrapporter fra DN-kalkings FoU) representerer bortfall av dette arealet en reduksjon i smoltproduksjon på ca 25 %. Tetthet av eldre lakseunger kan allerede her være redusert som følge av dammen. Siste års prøvofiske har ikke påvist yngel oppstrøms dammen. Det er avgjørende for gytebestandsmåloppnåelse å sikre full produksjon også oppstrøms Hammerdammen.

Tabell 34. Arealene til delfelter i elva fra Hauglandsfossen til Angelstad beregnet ut fra lengde på elveavsnittene x midlere bredde.

Strekning start	Strekning stopp	Lengde (m)	Bredde (m)	Areal
Hauglandsfossen	Ubergsvatn	4500	12	54000
Ubergsvatn	innsjø	2700		
Ubergsvatn	Nes verk	2500	13	32500
Nes Verk	Fosstveit	4500	18	81000
Fosstveit	Angelstad	2000	20	40000
Sum				207500

8.2.2 Tiltak

Det kan iverksettes en rekke tiltak ved Hammerdammen. Det er i dag etablert en lakseheis. Det er ikke dokumentert at denne virker etter formålet. Etterson yngeltetthet nedstrøms Hammerdammen ikke har avtatt i samme grad som reduksjonen påvist oppstrøms demningen, konkluderes det med at fiskeheisen ikke virker, eller ikke virker tilstrekkelig godt. Data innsamlet av DN kalkingskontroll bør gjennomgås mer nøye for å belyse endringene over tid.

Det ansees som urealistisk å ta vekk Hammerdammen. Det skal være mulig å åpne bunntappelukene. Dette ble gjort det første året dammen var etablert og det påstås at det da oppvandret laks. Realismen i et slikt tiltak må vurderes av dameier (Nes Verk) i samråd med Fylkesmann, NVE og/eller DN. Det må her vurderes om vann kan slippes i bunntappelukene for eksempel 2-3 dager i uka. Foruten å gjøre dette må det også dokumenteres at det er en oppvandring av laks og sjøørret. Dette kan gjøres med PIT-teknologi eller med radiotelemetri.

I perioden det gjøres strakstiltak med bunntappeluka bør det dokumenteres om fiskeheisen virker eller ikke. Slik dokumentasjon har ikke vært tilgjengelig for oss.

Som et ”krisetiltak” bør det utplantes rogn av lokal stamme. Det går Storelvalaks i Finså klekkeri. Øyerogn herifra bør kunne legges ut ovenfor Hammerdammen i inntil 3 år, hvor antall egg som utlegges justeres årlig i forhold til oppvandring av laks forbi dammen. I løpet av en periode på 3 år bør det være mulig å sikre god ”naturlig” oppvandring av laks forbi dette hinderet slik at andre tiltaket kan avvikles.

8.3 Fosstveit kraftverk

8.3.1 Bestandspåvirkning

Uten tiltak vil kraftverket avlive i størrelsesorden 10 til 12 % av nedvandrende smolt (laks og ørret) som passerer. Ettersom kraftverket vil avlive større fisk lettere enn små fisk vil ørret være mer utsatt enn laksen. Det må antas at all vinterstøing vil dø.

Foruten den direkte dødeligheten som vi har påvist i 2009 og 2010, er det også påvist en forsinket dødelighet. Andelen smolt som når frem til de ulike registreringspunktene i elva nedstrøms kraftverket er lavere for fisk som har passert turbinene enn for kontrollfiske. Det vil sikkert være år til år variasjon i størrelsen på både det direkte og indirekte smolttapet knyttet til for eksempel vannføring og dermed drift av turbinen. Gitt et konservativt anslag på en samlet effekt knyttet til turbin antydes det en bestandsreduksjon i størrelsesorden 15-25 %. Kun halvparten av dette nivået skyldes direkte død.

Ca 2/3 av smolten i Storelva produseres i dag oppstrøms Fosstveit. Hvis smoltproduksjonen økes til nivåer antydnet som naturtilstanden (25.000 smolt i elva) forventes det størst økningen i smoltproduksjon oppstrøms Fosstveit. Antas det at 6000 smolt produseres nedstrøms Fosstveit vil produksjonen oppstrøms bli på 19000 smolt.

Gitt 15 % dødelighet kan det med dagens produksjon forventes et smolttap på ca 1300-1400 fisk. Økes produksjonen til naturtilstanden øker tapet til 2800-2900 fisk eller til et nivå i overkant av 10 % av vassdragets samla produksjon. Dette nivået må betraktes som uakseptabelt i forhold til måloppnåelse.

Foruten tap knyttet til turbinen er det rapportert om variabel vannføring nedstrøms kraftverket. Dette kan være årsaken til lavere enn forventet produksjon i dette området i 2009 og 2010. Variabel vannføring flere ganger gjennom døgnet bør kunne unngås.

Effektene og skadene forårsaket av kraftverk kan oppsummeres til:

- Smoltutvandring hemmes av en demning
- Smolten vil kun utvandre gjennom turbinen hvis alternative utvandringsruter ikke foreligger
- Alternative utvandringsruter må kunne oppleves som ”attraktive” for at de skal bli brukt
- Turbiner forårsaker både en direkte og en indirekte dødelighet. Mengde død kan knyttes til turbinstørrelse og type
- Stor smolt samt vinterstøing er mer sårbar enn små smolt
- Forsinket dødelighet er i samme størrelsesorden som direkte dødelighet
- Smolten som har passert en turbin vandrer saktere

8.3.2 Tiltak

Tiltak i forhold til variabel vannføring bør kunne iverksettes umiddelbart. Det vil være mulig å kontrollere vannstandsvariasjonene med en trykksensor. Dette vil ikke medføre store kostnader.

Tiltak for å lede smolten forbi kraftverket ble utprøvd våren 2010. Først mot slutten av smoltutvandringsperioden lyktes vi med å få smolten til å vandre utenom kraftverket istedenfor via turbinen. Resultatet må valideres og verifiseres før endelig konklusjon trekkes. De siste dagene av

smoltutvandringen oppnådde vi at 90 % av smolten utvandret via det gamle elveløpet. Før dette utvandret <5 % av smolten utenom turbinen.

Når den alternative utvandningsruten ble åpnet, utvandret 30 % av all smolt merket oppstrøms denne veien i løpet av få dager. Mange av disse fiskene hadde da stått ovenfor demningen i mange dager til uker. Mens 70 % av smolten passerte kraftverksturbinen innen 3 dager etter merking ble et tilsvarende nivå for utvandring til minstevannføringsløpet først oppnådd etter 12 dager. Når den alternative ruten ble åpnet utvandret smolten til minstevannføringsløpet i løpet av 4 dager. Det konkluderes derfor med at demningen hemmet vandring. Hemmingen innebar at 30 % av all smolt ble forsinket i sin utvandring. Forsinkelsen var på >1 uke for 60 % av smolten. Dette kan innebære at smolten når havet en >1 uke forsinket.

Da alternativ utvandningsrute var etablert 20. mai brukte smolten samme tid på å passere denne som smolten tidligere hadde brukt på å passere kraftverksturbinen. Den alternative utvandningsruten motvirket dermed hemmingen av utvandringen. Smolt som vandret via den alternative utvandningsruten vandret raskt og hadde god overlevelse i forhold til smolt som hadde passert turbinen. Basert på resultat fra Fosstveit kraftverk våren 2010 skal det være mulig å motvirke de negative effektene et kraftverk kan ha på smolt.

Hele resultatet må valideres før endelig konklusjon trekkes. Hvis resultatet oppnådd i 2010 er robust, vil det i praksis bety at dødelighet reduseres fra dagens ca 15-25 % (direkte + indirekte) død til at dette dødelighetsnivået berører færre enn 1 % av smolten og da kun den andel som fortsatt passerer turbinen.

Erfaringer høstet her har overføringsverdi til andre vassdrag. Det kritiske elementet her er å, a) få smolten til å stoppe, og b) finne den alternative utvandningsruten. Dette er tiltak som bør kunne gjennomføres uten å påvirke konsesjonsvilkårene for kraftverket (i særlig grad). Erfaringene vi høstet og løsningen vi fant våren 2010 ligner på erfaringer og løsninger anbefalt utenfor Norge (Travade og Lariner, 2006).

8.4 Gjedde

8.4.1 Bestandspåvirkning

Predasjon fra gjedde er den mest sannsynlige årsaken til redusert overlevelse fra Fosstveit til Strømmen uten at vi skal hevde dette er eneste årsak. Analyse av gjeddemager og tetthet til bestanden gjør det rimelig å anta at denne arten representerer en trussel. Gjeddene vil sannsynligvis påvirke smoltproduksjonen i hele elva ettersom de viktigste produksjonsområdene for smolt er oppstrøms Lundevatn.

I 2009 ble det estimert at kun 70 % av smolten overlevde fra Fosstveit til Strømmen. I 2010 var overlevelsen på 67 % for kontrollgruppene (smolt som nedvandret utenom turbinen) mens den var på ca 53 % for smolt som hadde passert turbinen eller som var merka like oppstrøms Lundevatn. Det kan antas at all smolt produsert oppstrøms Fosstveit var påvirket av turbinen i 2009. Det forventes at tiltak ved kraftverket gjør at nær all smolt i fremtiden vil være påvirket av denne trusselen.

Foruten forskjeller i overlevelse knyttet til kraftverket kan det antas at noe av forskjellen i overlevelse i 2009 og 2010 også skyldes antall smolt som nedvandret. Mens det nedvandret ca 12.000 smolt i 2009 var antallet lavere i 2010 ettersom vi da fanget og transporterte smolt ut av vassdraget. Bestandsestimatene antyder at det nedvandret ca 6600 smolt forbi Butjønna i 2010. Det er rimelig å anta at gjeddene kun tar smolt opp til et vist metningsnivå og at økt antall smolt deretter ikke innebærer en tilsvarende økning i predasjon.

Økt antall smolt i elva kan også resultere i redusert predasjon hvis smolten ”stimer” og på denne måten utviser en anti-predator atferd. Vi anser det som rimelig å anta at hvis smoltproduksjonen går mot ”null” vil predasjonen kunne øke mot 100 %. I regneeksemplet nedenfor antas det at gjedda kan ta 30 % av smolten når det nedvandrer i størrelsesorden 12.000 smolt og 20 % når det nedvandrer 25.000 smolt. Dette siste antallet er det som antas å representere naturtilstanden med hensyn til smoltproduksjon i elva.

Betydningen av gjedde er illustrert i **Tabell 35**. Gitt dagens smoltproduksjon kan predasjon fra gjedde resultere i at gytebestandsmåloppnåelsen avtar fra 54 til 38 %. Hvis smoltproduksjonen var i henhold til naturtilstanden, avtar prosent måloppnåelse fra 100 til 80. Gjedde har således en direkte effekt på grad av gytebestandsoppnåelse.

Gitt dagens situasjon med 13.500 smolt vil gjedda kunne forhindre at vassdraget kommer i full smoltproduksjon. Dobles smoltproduksjonen fra 13.500 smolt til 27.000 økes gytebestandsoppnåelse fra 38 til 86 %. Hvis smoltproduksjonen i elva er høy vil betydningen av gjedda avta, kanskje til nivå hvor den har marginal betydning for laks i Storelva. For Storelva vil det være viktigere å få opp smoltproduksjonen enn å fjerne gjedde. For å få opp smoltproduksjonen kan det være nødvendig med tidsavgrensa tiltak i forhold til gjedde.

Tabell 35. Estimert over mulig effekt av gjedde på smoltutvandring i Storelva. I estimatet er det utregnet antall smolt som utvandrer gitt dagens smoltproduksjon alternativt naturtilstanden for elva. Predasjon er satt til 30 % når det er 13.500 smolt i elva og til 20 % når det er 25.000 smolt i elva. Det er utregnet en oppnåelse i % av gytebestandsmålet (452 laks gitt snittvekt på 2,5 kg).

Produksjon	Dagens situasjon		Naturtilstand	
	Med gjedde 30 % predasjon	Uten gjedde	Med gjedde 20 % predasjon	Uten gjedde
Dagens produksjon	13500	13500	25000	25000
Gjedde tar:	4050	0	5000	0
Utvandret	9450	13500	20000	25000
1,8 % sjøoverlevelse	170	243	360	450
% oppnåelse i forhold til GBM (452 laks)	38	54	80	100

8.4.2 Tiltak

Det anses ikke som rimelig å utrydde gjedde ved bruk av gift. Målet må være å oppnå en tilstand hvor gjedde kan sameksistere med laks. For å oppnå dette må smoltproduksjonen økes.

I tråd med anbefalinger gitt av Vitenskaplig råd for lakseforvaltning (Anon. 2010) anbefales det ikke å forsøke en utfisking av gjedde. Forsøker man å fiske ut gjedde, så tar man gjerne først de gjeddene som er for store til at de i særlig grad spiser laks (som er en liten byttedisk for gjedde), men som er store nok til å spise og regulere antallet av de mindre gjeddene som faktisk spiser laks. Dermed kan resultatet bli at man, tross forsøk på å regulere antall gjedder, kan ende med et reelt økt predasjonstrykk på smolten (Anon. 2010).

Det er mulig å fange det altoverveiende av smolt i elva før denne kommer til de viktige gjeddeområdene. I 2010 fanget vi snaut 11.000 laksesmolt av en bestand på 13.500 smolt. Etter fangst kan smolten transporteres (slepekasse) gjennom Lundevatn for å slippes fri i nedre del av elva (utløpet av Lundevatn), eventuelt i fjorden.

Det vil også være mulig å fange gjedde for å sette denne i steng mens smolten vandrer. Når smoltutvandringen er over kan gjedda på nytt settes fri. Dermed har man ikke redusert mengde gjedde

i vannet og stor gjedde vil kunne utøve normal predasjon på både gjedde og andre fiskearter resten av året.

Det er mulig å trekke en trål/not fra Lundevatns innløp til utløp. Denne nota vil kunne danne en gjeddefri smoltkorridor. Smolten vil da kunne vandre gjennom Lundevatn uten fare for å bli spist.

Av disse forslagene vil fangst av gjedde og/eller fangst av smolt for å transportere denne forbi gjedda være de enkleste tiltakene å iverksette på kort sikt.

8.5 Al i brakkvann

8.5.1 Bestandspåvirkning

Når Al i ferskvann innblandes i saltvann mobiliseres akkumulerbare former av Al. Konsentrasjon av akkumulert Al øker når saltnivået overstiger 1 promille, for å avta når saltnivået passerer ca 5 promille og være eliminert når saltnivået passerer ca 10 promille. Mobilisering av akkumulert Al kan måles vannkjemisk eller som Al-konsentrasjon på fiskens gjeller.

Det er påvist en sammenheng mellom mengde akkumulert Al og vandringshastighet til og andel av smolten som når frem til ytre fjord (kystvannet). Når det var lite akkumulert Al i fjorden kom ca 50 % av smolten seg ut til kystvannet. Når det var akkumulert Al i de indre fjordbassengene kom kun ca 20 % av smolten frem. Vi vet ikke hvor mange smolt som naturlig skal kunne utvandre i Sandnesfjorden. En andel på 50 % kan reflektere naturtilstanden, samtidig som denne andelen kan representere et nivå som er redusert på grunn av Al. Inntil bedre data foreligger antar vi at det er naturlig at kun 50 % av smolten overlever fra elvemunning til fjordmunning. Det bør etableres mer data på smoltutvandring fra innsjøaktige fjordbasseng. Hvis lav og sein utvandring (som observert i Songevatn) er naturlig, har dette betydning for tidspunktet smolt når kyststrømmen eller saltere vann. Hvis det er naturlig å ankomme kyststrømmen først sent i juni/juli vil smolten ankomme på et tidspunkt det vil være økende sannsynlig for lakselusinfisering.

I gytebestandsmålsestimatene antydes det en sjøoverlevelse på 1,8 %. Denne verdien er basert på overlevelse av smolt målt fra elvemunningen. Antatt at ca 9500 smolt utvandret i 2009 og 2010 (produksjon minus antall spist av gjedde) vil 1,8 % sjøoverlevelse bety 170 laks tilbake til elva eller 38 % oppnåelse av gytebestandsmålet.

Utenfor Storelva har vi Al i brakkvann. Andelen smolt som når kyststrømmen er lav når forholdene for Al i brakkvann er tilstede. Gitt at 50 % dør i de indre fjordbassengene naturlig må sjøoverlevelsen deretter være omkring 3,6 % for å få 170 laks tilbake til elva når det utvandrer ca 9.500 smolt. Al i brakkvann reduserer andelen som når kystvannet til nivåer omkring 20 %. Sjøoverlevelse målt fra fjordmunningen må da være i området 9 % for å få 170 laks tilbake til elva. Dette trenger ikke være et urealistisk estimat og vil kunne beskrive dagens situasjon i Storelva.

Gitt 30 % redusert overlevelse på grunn av gjedde, at kun 20 % av smolten når kyststrømmen på grunn av Al i brakkvann og at sjøoverlevelse er i størrelsesorden 9 % fra kyststrømmen forventes det ca 170 laks tilbake til Storelva gitt dagens smoltproduksjon (**Tabell 36**). Dersom smolttap knyttet til gjedde elimineres øker grad av gytebestandsoppnåelse fra 38 til 54 %. Tiltak mot gjedde alene er således ikke tilstrekkelig for å bygge opp bestanden. Økes smoltproduksjonen til antatt naturtilstand vil måloppnåelsen være på 86 % gitt at overlevelse reduseres som følge av gjedde og Al i brakkvann. Elimineres Al i brakkvann beregnes det et innsig av laks som tillater høsting av 50 % av fisken uten at gytebestandsmålet underskrides. Det vil være nødvendig med tiltak mot Al i brakkvann for å oppnå en god økologisk status for laks i Storelva. Det kan være nødvendig med ekstratiltak (for eksempel rognplenting i området Hammerdammen) for å etablere opp en stor smoltproduksjon raskt.

Erfaringene høstet fra Sandnesfjorden gjør at vi ikke kan forkaste hypotesen om at Al i brakkvann hemmer smoltutvandring og dermed overlevelse fra smolt til laks. Vi kan ikke utelukke at Al i brakkvann kan påvirke tilbakevandring. Måling av salinitet og tilførsel av Al med elvevann i ulike fjorder gjør det rimelig sannsynlig at flere elver påvirkes av denne trusselen. Positiv dokumentasjon på tilstedeværelse av Al i brakkvann foreligger i dag fra Storelva, Lygna, Kvina, Suldalslågen, Storelva i Sauda, Vosso, Ekso og Daleelva i Hordaland samt fra elvene som fører til Masfjorden. Det kan ikke utelukkes at flere elver/ fjorder påvises hvis undersøkelser igangsettes.

Basert på problemets omfang og antall elver som er/kan være berørt bør tiltak utprøves i fullskala. Erfaringer fra vannbehandling i oppdrett og fra forsøk tilsier at tiltak vil fungere. Dette må imidlertid bekreftes.

Tabell 36. Estimert over mulig effekt av gjedde på smoltutvandring i Storelva. Estimertene er basert på antall smolt som utvandrer gitt dagens smoltproduksjon alternativt for naturtilstanden i elva. Predasjon fra gjedde er satt til 30 % når det er 13500 smolt i elva og til 20 % når det er 25000 smolt i elva. Det er benyttet tre anslag for sjøoverlevelse (1,8, 3,5 og 9 %). Laveste verdi benyttes når overlevelse estimeres fra elvemunning. Det to høyeste estimatene benyttes når det beregnes overlevelse fra fjordmunningen. Dagens situasjon beskrives best med 9 % sjøoverlevelse. Estimertene avsluttes med at % måloppnåelse beregnes. Kombinasjoner av tall som gir nær 100 % gytebestandsmåloppnåelse er farget blå. For at bestanden skal være høstbar må gytebestandsmålet overskrides med minst den andelen som høstes. Settes fangst til 50 % må måloppnåelsen være 200 %.

Produksjon	Dagens situasjon				Naturtilstand			
	Med gjedde 30 % predasjon		Uten gjedde		Med gjedde 20 % predasjon		Uten gjedde	
Dagens produksjon	13500		13500		25000		25000	
Gjedde tar:	4050		0		5000		0	
Utvandret fra elv	9450		13500		20000		25000	
Antall laks gitt 1,8 % sjøoverlevelse	170		243		360		450	
% oppnåelse i forhold til GBM (452 laks)	38		54		80		100	
%-andel til kyst	50	20	50	20	50	20	50	20
Antall smolt som når kyst til kyst	4725	1890	6750	2700	10800	4320	12500	5000
Antall laks gitt 3,5 % sjøoverlevelse	165	66	236	95	378	151	438	175
% oppnåelse i forhold til GBM (452 laks)	37	15	52	21	84	33	97	39
Antall laks gitt 9 % sjøoverlevelse	425	170	608	243	972	389	1125	450
% oppnåelse i forhold til GBM (452 laks)	94	38	134	54	215	86	249	100

8.5.2 Tiltak

Kalking av elva vil ikke motvirke mobilisering av Al i brakkvann. Den eneste kjente metoden for å motvirke Al i brakkvann som er tilgjengelig i dag vil være tilsetning av natriumsilikat (NaSi). NaSi må inndoseres i ferskvannet hvor silisium vil binde seg til og gjøre Al lite mobiliserbart. Terrengkalking vil også kunne fungere som et tiltak ved at Al-konsentrasjonen i elvevannet skal avta. Terrengkalking vurderes ikke videre her.

I 2009 og 2010 ble transport av smolt utprøvd som tiltak. Tilbakevandringen hittil har vært for lav til at effekter av dette tiltaket kan vurderes. Det forventes flere fisk tilbake til elva i 2011. Gitt forutsetningene i estimatene over (9 % sjøoverlevelse) forventes det 57 laks tilbake fra utsettingene ytterst i fjorden i 2009 (n=633). I 2010 ble det merket 5100 smolt. Her forventes det 303 laks tilbake fra fjordutsettingene. Dersom dette antallet nås, vil transport av smolt kunne være et tiltak for å øke oppvandringen av laks i en etableringsfase. Fangst og transport av smolt vil ikke være et langsiktig tiltak, men kan være et nødvendig strakstiltak.

Det foreligger mye kunnskap om silikat som tiltak. Erfaringene tilsier at i Storelva bør natrium-silikat doseres med bruk av to doserere. Mens den ene vil ha som formål å sikre god vannkjemi i elva (kalkingen stanses i behandlingsperioden) vil den andre ha som formål å sikre tilførsel av reaktivt Si til fjordvannet. Målet med tiltaket vil være å hemme akkumulering av Al på fiskens gjeller for på denne måten tillate normal utvandring for smolt. Måloppnåelse bør dokumenteres kjemisk (mindre gjellereaktivt Al) og biologisk (normalisert utvandring; telemetri) samt normalisert sjøoverlevelse (PIT-merking).

Oppfølgingsbehov hvis Storelva behandles med natrium-silikat (NaSi)

- 1) Det doseres NaSi inn i elvevannet. Krav til dose og plassering av doseringsanlegg er avklart i Teien mfl. 2010. Når tiltaket igangsettes må det skaffes dokumentasjon på både kjemiske og biologiske effekter.
- 2) Tiltaket må følges opp med analyse av Al i brakkvann samt Al på fiskens gjeller.
- 3) Det er tidligere påvist unormal smoltatferd når det er Al i brakkvannet. Når Al er budet med Si bør smoltatferd bli mer normal.
- 4) For å studere sjøoverlevelse må smolt individmerkes. Dersom fangst og merking utføres ovenfor Butjøna vil innfanget smolt samtidig kunne transporteres forbi gjeddeområdene.
- 5) Det forventes at det forut for tiltak er gjennomført tiltak ved Fosstveit kraftverk og Hammerdammen. Slike tiltak er ikke et absolutt krav, men ettersom truslene har direkte effekt på produksjon vil fravær av tiltak bidra til å hemme gytebestandsmåloppnåelse. Effekt av tilsetning av NaSi på bestandsdata forutsetter ikke at de ovenfornevnte tiltakene er gjennomført.
- 6) Bør lages allerede høsten 2011 en plan for silikatbehandling av vassdraget. Denne kan bygge videre på tidligere planer fra vassdraget.
- 7) Beregningene antyder at hvis smoltproduksjonen løftes til nivå omkring naturtilstanden, kan vassdraget opprettholde et høyt gytebestandsnivå selv om tiltak ikke gjennomføres årlig.

8.6 Lakselus

8.6.1 Bestandspåvirkning

Forekomsten av lakselus er meget lav i området. Lakselus har sannsynligvis ingen effekt på utvandrende smolt. Lakselus forekommer på tilbakevandrende laks og sjørret. I perioder kan tettheten her være høy uten at dette representerer et avvik fra naturtilstanden.

Det er ikke nødvendig med tiltak knyttet til lakselus.

8.7 Kunnskap generert i Storelva

Det er generert mye generell kunnskap om laks- og ørretsmolt i Storelva. Datatilfanget har vært betydelig større enn det som benyttes i selve prosjektet. Mens det innenfor prosjektet fokuseres på laks foreligger det tilsvarende data på ørret. Det er fanget mye vinterstøing, særlig av ørret. Dette er data som også bør bearbeides for å bidra til økt kunnskapen om sjørret i Norge. Foruten kunnskap knyttet

til anadrome fiskearter er det også generert mye kunnskap om sørv og dens vandringer ut i brakkvann og tilbake til vassdraget.

Det er generert mye kunnskap om samspillet mellom ulike trusler og bestand. Dette er data som kan overføres til andre vassdrag. Selv om enkelte konklusjoner bør valideres, kan erfaringene fra Storelva danne grunnlaget for hypotesene som bør stilles forut for nye prosjekt/tiltak.

Foruten data av kjemisk og biologisk karakter er det høstet mye erfaring med bruk av ulike fangst eller deteksjonsmetoder. Erfaringene fra Storelva vil ha overføringsnytte til andre vassdrag.

9. Referanser

- Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 213 s.
- Cormack RM. 1964. Estimates of survival from the sighting of marked animals. *Biometrika* 51: 429-438.
- Direktoratet for naturforvaltning, 2009. Kalking i laksevasdrag. Effektkontroll i 2008.
- Diserud O.H., Kroglund, F. Teien, H.-C. Tjomsland, T., Økland, F. (i trykk) Modelling av aluminiumspåslag på gjellene hos utvandrende laksemolt. NINA-rapport under ferdigstilling.
- Hesthagen, T. og G. Østborg., 2002. Kartlegging av innsjøer med naturlig fiskesamfunn og fisketomme lokaliteter på Sørlandet, Vestlandet og i Trønderlag. NINA Oppdragsmelding 724: 48 s.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., 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.
- Jolly GM. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. *Biometrika* 52: 225-247.
- Kristensen, T., Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim., Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjosnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddass betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport l. nr OR-6085. 31 s
- Kroglund, F., Guttrup, J. Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. og Teien, H.-C. 2007. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA-rapport 5366- 2007, 47 s.
- Kroglund, F., Haugen, T., Güttrup, J., Hawley, K., Johansen, Å., Rosten, C., Kristensen, T. og Tormodsgard, L., 2011b Effekter av å passere en kraftverksturbin på smoltoverlevelse og adferd. Betydningen av tiltak. NIVA rapport 6139, 35 s.
- Kroglund, F., Teien, H.-C., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J., Johansen, Å., Høgberget, R., Kristensen, T., Tjomsland, T., Haugen, T., 2011a. Betydning av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse. NIVA. Rapport l. nr OR-6084. 103 s.
- Lebreton JD, Burnham KP, Clobert J, Anderson DR. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals - a unified approach with case-studies. *Ecological Monographs* 62: 67-118.
- Seber GAF. 1965. A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52: 249-259.
- St.prop 4. Uttalelser om verneplan for vassdrag. Særskilt vedlegg til St.prp. nr. 4 for 1972-73. side 268-273.
- Teien H-C., Kroglund F., Kleiven M., Salbu B., og Rosseland B. Bruk av natriumsilikat i forhold til kalk for å avgifte aluminium i ferskvann og brakkvann. UMB-IPM rapport 2/2009, 65s.
- Tormodsgard, L. 2010. Lavere dødelighet for laks og ål ved passasje av kraftstasjonen Fosstveit i Storelva. Rapport: ØS 3-2010
- Travade, F. og M. Lariner. 2006. French Experience In Downstream Migration devices. I: Free Passage for Aquatic Fauna -in Rivers and other Water Bodies. International DWA Symposium on Water Resources Management, 3.- 7. April 2006
- White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.
- Williams BK, Nichols JD, Conroy MJ. 2002. Analysis and management of animal populations: modeling, estimation, and decision making. New York: Academic Press.

Vedlegg

Det er nedenfor samlet data som vedlegg. Vedleggene beskriver data som ikke nødvendigvis er kritiske for rapporten, men som vil være nyttig i dokumentasjonen av resultatene.

Vedlegg A: Felleeffektivitet

Vedlegg B: Repeterte gjenfangster

Vedlegg C: Voksen laks

Vedlegg D: Antall fisk fanget pr. dag i smoltfellene

Vedlegg E: Antall fisk fanget pr. dag på PIT-stasjonene

Vedlegg F: Vandringshastighet

Vedlegg G: Smoltalder

Vedlegg A. Felleeffektivitet

Effektivitet: PIT-1870 og smoltfelle Strømmen

Laks: PIT-1870 og Strømmen sto ca 150 fra hverandre. Det er liten grunn til å anta noen vesentlig predasjon eller tap av smolt på denne strekningen. Smolt som ble fanget i smoltfella må ha passert PIT-1870. Antall PIT-merker detektert på PIT-1870 (n=509) i forhold til summen av smolt påvist ut av vassdraget (Pit-stasjon + smoltfelle; 509+33=545) antyder en høy deteksjonsprosent på PIT-stasjonen. Deteksjonen på PIT-1870 var på 93,4 % hvis det ikke tas hensyn til at noe smolt passerte både PIT-stasjonen og smoltfella udetektert.

Det ble påvist 36 smolt i den nedenforliggende smoltfella som ikke samtidig var påvist på PIT-1870. Dette er 7,1 % av passingene. Noen smolt ble både detektert på PIT-1870 og fanget i smoltfella (n=133). Antall ikke-detekterte merker varierte mellom fangstdagene. Mens det var 8 dager med ett ikke-påvist merke pr. dag, var det 2 dager 2 merker som ikke ble påvist og 1 dag med 3 merker. I denne perioden vil påvisningen ha vært høy hvis utvandringen samtidig var høy. Det var 3 dager med høyere antall ikke detekterte merker, hvor det var 1 dag med henholdsvis 5, 6, og 8 merker. Dette var 8., 18. og 23. mai. Det forventes ikke en 1:1 sammenheng mellom fisk påvist på PIT-1870 og fisk som ikke ble påvist ettersom smoltfella ikke ble tømt daglig og at det kunne være inntil 1 dag mellom passing av PIT-1870 og tømning av smoltfella. Likeledes var PIT-stasjon dårlig stemt i starten av perioden. Mengden PIT-merker som ikke ble detektert synes i hovedsak å være tilfeldig fordelt. Det var en rimelig god sammenheng mellom akkumulert påvist antall merker på PIT-1870 og merker som ikke ble påvist (Figur 35). Sammenhengen tyder på at man kan bruke samme %-andel ikke påvist gjennom hele perioden som mål for antenneeffektivitet til tross for at antall ikke detekterte smolt var høyere noen dager enn normalt for perioden.

Smoltfella fanget 26,1 % ($=133/509*100$) av laksesmolten som hadde passert PIT-1870. Det er rimelig å anta at det også utvandret smolt som verken ble påvist på PIT-stasjon eller i smoltfella slik at dette estimatet er for høyt. Basert på at smoltfella fanget omkring 26 % av utvandrende smolt er det rimelig å øke det antall smolt som passerte PIT-stasjonen udetektert (n=36) med en faktor på ca 4. Det estimeres da at ca 138 smolt kan ha passert PIT-1870 uten å bli detektert. En deteksjon av 509 smolt i forhold til estimert utvandring på 647 smolt antyder en deteksjon på 78,7 % ved denne PIT-stasjonen.

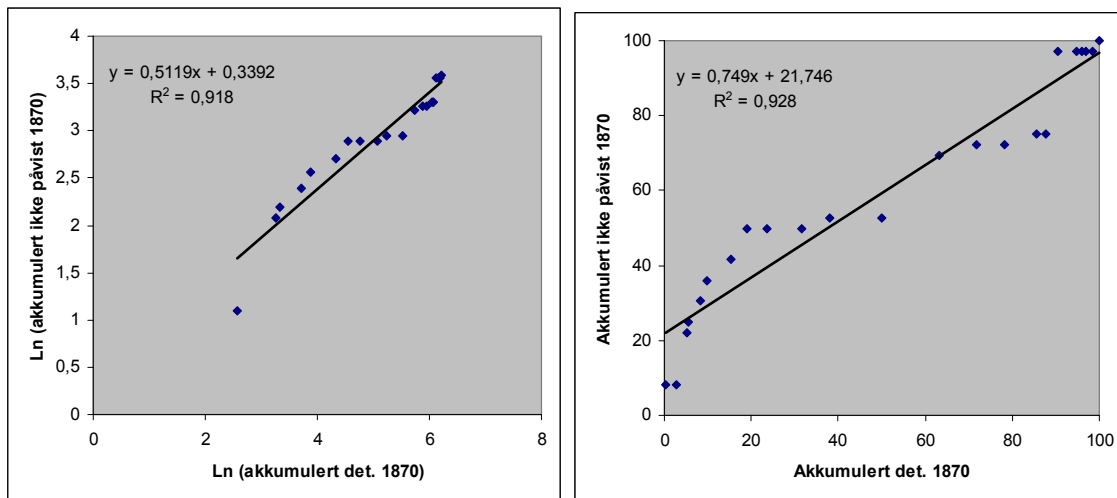
Av de 647 vi estimerte hadde passert PIT-1870 ble 133 gjenfanget i smoltfella i Strømmen. Dette gir en reell fangbarhet på 20,6 % i smoltfella.

Ørret: Beregninger av felleeffektivitet for ørret gir en effektivitet til smoltfella på 11 % hvis antall ørret som må ha passert Strømmen legges til grunn. Dette tallet må imidlertid korrigeres som gjort for laks. Deteksjon i PIT-stasjon var på 97,4 % basert på fisk som ble innfanget. Dersom det antas at vi ikke fanget all smolt som passerte PIT-1870 udetektert avtar PIT- deteksjon til 81,0 %. Disse verdiene er like til det som estimeres for laks.

Konklusjon: PIT-1870 hadde en god deteksjon som var i området 80 % for både ørret- og laksesmolt. Det var samtidig stor forskjell i fangsteffektivitet i smoltfella knyttet til art. Mens man fanget ca 20,6 % av laksesmolten fanget fella kun 11,0 % av ørretsmolten.

Tabell 37. Estimert over deteksjon i PIT-1870 og smoltfella Strømmen. Mål for effektivitet som benyttes i utregninger senere er gitt med grønn bakgrunn.

Laks	1870 PIT	Smoltfelle Strømmen	Påvist utvandret Strømmen	Ikke påvist PIT-1870, fanget i smoltfelle	Deteksjon i PIT Effektivitet felle	Estimat gjelder
SH - PIT	509	133			26,1	SH
SH - påvist utvandret		133	545		24,4	SH
SH-estimert utvandret			647		20,6	SH
PIT påvist utvandret	509		545		93,4	PIT
Ikke påvist Strømmen				36		
Påvist + ikke påvist korrigert for felleeffektivitet	647			138	78,7	PIT
Ørret						
SH - PIT	150	17			11,3	SH
SH - påvist utvandret		17	154		11,0	SH
SH-estimert utvandret			203		8,4	
PIT påvist utvandret	150		154		97,4	PIT
Ikke påvist Strømmen				6		
Påvist + ikke påvist korrigert for felleeffektivitet	203			35	82,8	PIT



Figur 35. Logaritmen til akkumulert antall smolt detektert i PIT-1870 i forhold til akkumulert antall smolt ikke detektert. I figuren til høyre er tilsvarende data vist som akkumulert prosentbidrag til fangst.

Effektivitet: PIT-Butjønna og smoltfelle ved Butjønna

Laks: Det er ingen opplagt god måte å beregne fangsteffektivitet på for Butjønna. I perioder var ledegarnet presset ned og vi kan med sikkerhet si at ikke all smolt ble fanget i smoltfella. Basert på antall smolt fanget i smoltfella (n=429) i forhold til det antall som ble påvist på en eller flere stasjoner fra Butjønna til Strømmen (n=676) beregnes det en felleeffektivitet på 63,5 %. Antall som faktisk passerte Butjønna udetektert var med stor rimelighet større. Den viktigste årsaken her vil være tap av PIT-merka smolt til gjedde nedstrøms Butjønna. Senere i rapporten forkastes dette estimatet helt da denne verdien for effektivitet innebærer at det ikke er tap av smolt (predasjon) mellom Butjønna og Strømmen, noe vi vet ikke stemmer. Vi vet at gjedda spiste smolt som passerte Butjønna. Det ble i løpet av 2 dager under gjeddefestivalen i 2010 (22. – 23. mai) påvist 28 PIT-merker i gjeddemager.

Basert kun på smolt satt ut ved Butjønnå ble 4 % av disse gjenfanget i løpet av disse to dagene i gjeddemager.

Teoretisk kan det ha passert 1433 smolt hvis alle smolt overlevde fra kraftverket til Butjønnå (det er her trukket fra 58 smolt estimert død i turbin). Basert på dette grunnlagstallet vil fangsteffektiviteten ha vært på 29,9 % ($429/1491 \cdot 100$; antall satt ut minus turbindød). Hvis det ikke var noe dødelighet mellom merking og fangst i smoltfella ved Butjønnå var gjenfangsten på 28,8 %. Dette estimatet er sannsynligvis for lavt.

Baseres felleeffektivitet på det antall smolt som må ha passert Fosstveit vet vi at 970 smolt passerte Butjønnå. Ut fra disse tallene kan fangsteffektiviteten ha vært på 44,2 % ($429/970 \cdot 100$). Dette estimatet vil sannsynligvis være for høyt da det ikke tar hensyn til smolt som passerte Butjønnå uten deteksjon og som ble spist av gjedda. En reell deteksjon kan være i området 30-35 %. Vi benytter 32 % i bestandsestimatene.

Både PIT-stasjon og smoltfella ved Butjønnå ble driftet samtidig i perioden 14. til 28. mai. I denne perioden ble det påvist 240 smolt, hvor 143 smolt ble påvist kun på PIT-stasjon og 177 smolt kun i smoltfella. Ut fra disse tallene vil smoltfella ha en effektivitet på 73,8 % og PIT-stasjon en effektivitet på 59,6 %. Smolt som passerte over eller utenfor ledegarnet vil ikke bli påvist i noen av fellene. Disse verdiene sier således lite om felleeffektiviteten ved Butjønnå. Estimatet for deteksjon i PIT-stasjon viser likevel at antenna ikke påviste all smolt som ble tatt i smoltfella, likeledes at smolt fanget i smoltfella ikke nødvendigvis påvises i PIT-stasjon. Begge situasjoner illustrerer at ingen av fellene nødvendigvis gir sikre estimat. Ettersom PIT-stasjon ikke var i drift det meste av perioden utfører vi ikke estimater for denne lokaliteten.

Ørret: Det må ha passert 356 ørretsmolt ved Fosstveit og 226 må ha passert Butjønnå. Totalt ble 615 ørretsmolt satt ut fra merkestasjonene omkring kraftverket. Ut fra det totale antallet ble 15,0 % påvist ved Butjønnå. Basert på andel som må ha passert Fosstveit er gjenfangst på 25,8 %. Ut fra samme vurderinger som ble gjort for laksesmolt velger vi her å sette felleeffektivitet til 18 %.

Konklusjon: Vi kan ikke fastslå felleeffektivitet ved Butjønnå med sikkerhet. Den vil samtidig ha variert fra dag til dag avhengig av hvor godt ledegarnet var rensket. Et estimat på omkring 44 % for laks kan være for høyt, mens et estimat på 29 % like sannsynlig er for lavt. Fangsteffektivitet for smoltfella ved Butjønnå settes til 32 % for laksesmolt og 18 % for ørretsmolt.

Forskjellen i felleeffektivitet mellom laks og ørret er konsistent i forhold til smoltfella i Strømmen.

Tabell 38. Estimat for smoltfelleeffektivitet ved Butjønnå. Mål for effektivitet som benyttes i utregninger senere er gitt med grønn bakgrunn.

Laks	Totalt satt ut	Må ha passert Fosstveit	Påvist SH Butjønnå	Må ha passert Butjønnå	Fangst effektivitet
Fanget SH/må ha passert			429	676	63,5
Påvist Fosstveit/fanga SH		970	429		44,2
Tot utsetting/fanga SH	1549		429		28,8
Anslått rimelig verdi for effektivitet					32
Ørret					
Fanget SH/må ha passert			92	226	40,7
Påvist Fosstveit/fanga SH		356	92		25,8
Tot utsetting/fanga SH	615		92		15,0
Anslått rimelig verdi for effektivitet					18

Effektivitet: PIT-Fosstveit

Laks: PIT-Fosstveit var plassert like nedstrøms smoltfella ved kraftverket og nært utsetningsstedet for gruppene K1 (nedvandret minste vannføringsløpet) og K2 (satt ut nedstrøms smoltfella og kraftverket). Det er liten grunn til å forvente betydelig predasjon innenfor dette området.

Basert på kontrollgruppene alene (664 satt ut, 312 påvist) var effektiviteten på 47,0 %. Samme regnestykke for turbingruppene (827 satt ut, 356 påvist) blir effektiviteten 43,0 %. I snitt for hele materialet er effektiviteten på 44,8 %.

Baseres beregningene istedenfor på deteksjon i forhold til de som må ha passert (påvist Fosstveit eller på en stasjon nedstrøms Fosstveit) var deteksjon for K1 og K2 på 65,5 % og på 72,1 % for T1 og T2. For hele gruppa var deteksjon 68,9.

Ørret: Deteksjonen varierte mellom gruppene som for laks. Basert på hele materialet som ble satt ut ble 39,8 % påvist i PIT-stasjon. Basert på de som må ha passert ble 65,2 % påvist.

Konklusjon: Vi forventet en høy deteksjon på denne stasjonen og at vi dermed ville påvise et betydelig antall av smolten satt ut nedstrøms kraftverket. Deteksjon var lavere enn forventet. Antenna var tilfredsstillende stemt. Til tross for dette ble <70 % av de som må ha passert og ca 45 % av de som ble satt ut påvist. Det synes lite rimelig at det skal være et stort tap av smolt mellom kraftverket og PIT-Fosstveit. Som argumentert for under Butjønna vil et estimat basert på fisk som må ha passert Fosstveit gi et for høyt estimat ettersom vi ikke har kontroll over smolt spist av for eksempel gjedde. Noe av avviket mellom forventning og målt effektivitet kan skyldes at ledegarnet først var på plass 5. mai. Ca 23 % av smolten hadde utvandret forbi kraftverket på dette tidspunktet. Smolt fra K1 passerte imidlertid PIT-Fosstveit først etter at ledegarnet var satt opp uten at dette spores som økt deteksjon. Den mest logiske forklaringen er sannsynligvis at deteksjonen ikke var bedre.

Det var ingen klare forskjeller i deteksjon mellom laks og ørret. Dette samsvarer med resultatet for PIT-1870 og understreker at artsforskjellene i fangbarhet knyttet til smoltfellene kan være reelle.

Deteksjon i PIT- Fosstveit settes til 45 % for både ørret- og laksesmolt.

Tabell 39. Estimert for PIT-antenne effektivitet ved PIT-Fosstveit. Mål for effektivitet som benyttes i utregninger senere er gitt med grønn bakgrunn.

Laks	Gruppe	Merka	Må ha passert Fosstveit	Påvist PIT Foss	Fangst effektivitet
Tot utsetting/påvist PIT	Laks K1+K2	664		312	47,0
	Laks T1 + T2	827		356	43,0
	Laks total	1433		668	44,8
Må ha passert/påvist PIT	Laks K1+K2		476	312	65,5
	Laks T1 + T2		494	356	72,1
	Laks total		970	668	68,9
Ørret					
Tot utsetting/påvist PIT	Ørret K1	141		63	44,7
	Ørret T1 + T2	521		182	38,4
	Ørret total	615		245	39,8
Må ha passert/påvist PIT	Ørret K1+K2		72	63	87,5
	Ørret T1 + T2		304	182	59,9
	Ørret total		376	245	65,2

Effektivitet: PIT-BRU

Det ble sluppet 9-11 PIT-merka smolt daglig like ovenfor PIT-BRU over en periode på 5 døgn. Alle disse ble påvist. Effektiviteten til denne antenna settes derfor til 100 %. Dette utelukker ikke at noen smolt kan ha unnsuppet deteksjon, men vi har ingen mulighet til å påvises at slikt har skjedd.

PIT-BRU 100 %

Effektivitet: Smoltfelle utløp turbin fra Fosstveit kraftverk

Laks: Fisk tilhørende gruppe T1 ble fanget i smoltfella nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket. Fisk fra denne gruppen som ikke ble påvist i smoltfella, men som ble påvist på en eller flere stasjoner nedstrøms kan benyttes som mål for effektivitet. Det ble påvist 409 smolt i smoltfella. Det ble påvist til sammen 486 smolt fra denne gruppen i smoltfella eller på en eller flere stasjoner nedstrøms. Dette gir en fangsteffektivitet på 84,3 %. Beregnes effektivitet ut fra antall smolt satt ut (n=665) var effektiviteten på 61,5 %.

Ørret: Basert på antall ørret fanga i smoltfella i forhold til det antall som må ha passert smoltfella, fanga vi 69,4 %. I forhold til det totale antallet smolt som ble satt ut var effektiviteten på 37,7 %.

Konklusjon: Det var her som i de andre smoltfella forskjeller i fangsteffektivitet knyttet til art.

Det er sannsynlig at vi ikke fanga all turbindrept smolt. Et estimat basert på totalt antall smolt satt ut vil underestimere felleeffektivitet på samme måte som at smolt som ikke ble påvist nedstrøms vil gi et for høyt estimat. Det mest sannsynlige estimatet er mellom 62 og 84 %. Ut fra erfaringer fra de andre smoltfellene gir estimer basert på utsettingsantall mer sannsynlige verdier enn estimer basert på antall passert.

Felleeffektivitet settes til 65 % for laksesmolt og 45 % for ørretsmolt.

Tabell 40. Felleeffektivitet basert på merka smolt som har passert turbin. Mål for effektivitet som benyttes i utregninger senere er gitt med grønn bakgrunn.

	Merka	Fanga smoltfella	Må ha passert smoltfella	% deteksjon av smolt fanga smoltfella
Laks	665	409		61,5
		409	486	84,2
Ørret	199	75		37,7
		75	108	69,4

Effektivitet: Smoltfella oppstrøms Fosstveit kraftverk

Det er en avstand på 370 m mellom fella oppstrøms kraftverket og vanninntaket til turbinen. Det meste av dette området har innsjøkarakter og består av et vannvolum oppmagasinert av kraftverksdemningen. Smoltproduksjonen i dette området vurderes til å være lav, både på grunn av størrelse og beskaffenhet. Tilnærmet all laksesmolt som fanges nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket må være produsert ovenfor kraftverket og må ha passert smoltfella oppstrøms kraftverket. Fangst nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket kan dermed benyttes til å estimere fangsteffektivitet på smoltfella oppstrøms. Det var ingen utsetninger ovenfor smoltfella oppstrøms så effektivitet her kan ikke beregnes for noen utsettingsgruppe.

Tilnærmet all laksesmolt fanget i smoltfella oppstrøms kraftverket ble PIT-merka såfremt fisken var >12 cm. Fisk mindre enn dette ble satt ut umerket. Hvis vi oppstrøms kraftverket fanga 100 % av utvandrende smolt skulle vi ikke nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket få umerka smolt >12 cm. Vi fanga 2245 umerka smolt >12 cm og 749 smolt <12 cm. Vi kan dermed konkludere med at smoltfella ikke fanga all smolt.

Det at vi satte ut smolt <12 cm gjør at denne gruppa kan registreres dobbelt ved at samme fisk kan bidra til fangst både oppstrøms og nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket. Andelen smolt <12 cm skal være lavere oppstrøms kraftverket enn nedstrøms ettersom vi transporterte smolt >12 cm fanga oppstrøms kraftverket vekk fra området. Prosentandel små laksesmolt i totalfangsten oppstrøms kraftverket var på 11 % mens andelen nedstrøms var på 26 %. Resultatet var således som forventet. Vi antar i estimatet at all smolt <12 cm fanget nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket representerer produksjon oppstrøms kraftverket og at fangst av små laksesmolt oppstrøms dermed kan ignoreres fra bestandsestimatene. Korrigert for fangsteffektivitet (65 %) var produksjonen av smolt <12 cm på 1152 individ.

Det ble fanget 4107 laksesmolt >12 cm ovenfor kraftverket. Nedenfor kraftverket ble det fanget 3454 smolt >12 cm. I minstevannføringsløpet estimeres det at 1036 smolt >12 cm passerte (proporsjonalt med fordeling av PIT-merks smolt; 30 % utvandret til minstevannføringsløpet). Dette gir en samlet fangst på 4490 smolt >12 cm på fangststasjonene etter kraftverksdemningen. Samlet fangst av umerket smolt >12 cm oppstrøms + nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket blir da på 8597. Smoltfella oppstrøms kraftverket fanget 47,8 % av disse. Samlet produksjon oppstrøms kraftverket blir da samlet antall smolt >12 cm fanget på de ulike lokalitetene + estimatet for smolt <12 cm (8597 + 1498 = 10095 smolt). Felleeffektivitet kan estimeres basert på all fangst, men da må det tas hensyn til at smolt <12 cm ble sluppet ut umerket oppstrøms kraftverket. Det mest robuste estimatet baseres derfor på smolt >12 cm.

Tabell 41. Umerka fangster av laksesmolt oppstrøms og nedstrøms turbinutløpet fra Fosstveit kraftverk samt estimat for antall umerka smolt som utvandret via minstevannføringsløpet. Tall gitt grå bakgrunn benyttes til å estimere samlet produksjon.

			Nedstrøms turbinutløpet		Sum fangst umerka Turbin + minstevf. løp	Oppstrøms fanga ukorrigerede tall	Felleeffektivitet oppstrøms
	Antall	felleeffektivitet	fangst	Minstevf fangst			
<12 cm	749	65 %	1152	346	1498	Satt til 1498	
>12 cm	2245	65 %	3454	1036	4490	4107	47,8
Sum	2994	65 %	4606	1382	5988	5605	

Ettersom vi ikke transporterte ørret vekk fra området vil fangst av ørret nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket representere hele produksjonen oppstrøms. Produksjon av ørret settes lik fangst nedstrøms korrigert for en felleeffektivitet på 0,45. Av en estimert utvandring på 1758 ørretsmolt ble 39 % påvist i smoltfella oppstrøms kraftverket.

Vedlegg B. Repeterte gjenfangster

Det var repetert (2 eller flere) gjenfangster av 70 laksesmolt på utsettingslokaliteten (**Tabell 42**). Både gjenfangst og repetert gjenfangst innebærer at smolten vandret opp elva etter utsetting. Disse repeterte gjenfangstene har betydning når vandringshastigheter beregnes da forlenget oppholdstid på utsettingslokaliteten påvirker antall timer fisken faktisk brukte på det å vandre mellom to lokaliteter. For gruppene K1 og T1 var det repetert gjenfangst av 48 laksesmolt. Det medgikk ca 4 dager fra merking og utsetting til første gjenfangst og 2 til 5 dager til neste gjenfangst.

For gruppene K2 og T2 var tiden noe kortere. Denne laksesmolten brukte ca 3 dager fra merking til første gjenfangst og 1 til 3 dager til neste gjenfangst. Forskjellene mellom utsettingene ovenfor og nedenfor kraftverket kan skyldes vassdragets beskaffenhet, hvor elva oppstrøms kraftverket var mer innsjøpreget, mens området nedstrøms kraftverket var mer elvepreget. Det kan også tenkes at forskjellen skyldes kraftverket hvor noen fisk ikke ville vandre forbi demningen og dermed oppholdt seg lengre tid i bassenget oppstrøms, noe som kan ha bidratt til å øke sannsynlighet for gjenfangst.

Tabell 42. Tid mellom fangst, merking og gjenfangst i samme felle. Denne laksesmolten har svømt motstrøms for å bli fanget på nytt. Ørretsmolt er ekskludert.

Utsettingslokalitet		utsetting og 1. gj.fangst	Antall dager mellom		
			1. gj.fangst og 2. gj.fangst	2. gj.fangst og 3. gj.fangst	3. gj.fangst og 4. gj.fangst
K1 oppstrøms	Snitt	4,3	5,4	10,0	
	SD	4,2	4,7	5,6	
	Antall obs	25	25	3	
T1 oppstrøms	Snitt	4,6	2,3	3,1	2,0
	SD	2,9	1,5	2,1	
	Antall obs	23	23	6	1
K2 nedstrøms	Snitt	1,6	1,8	2,5	3,0
	SD	0,5	0,9	2,1	
	Antall obs	10	10	2	1
T2 nedstrøms	Snitt	3,7	1,0		
	SD	0,6	0,0		
	Antall obs	3	3		
Butjønnå	Snitt	3,0	3,2		
	SD	1,4	1,6		
	Antall obs	9	9		

Det var repeterte gjenfangster av smolt også i nedenforliggende feller. Denne fisken har vandret fra utsettingslokaliteten for å bli fanget i en nedenforliggende smoltfelle. Her er den registrert og sluppet fri. Deretter har fisken svømt oppstrøms for så å bli fanget på nytt.

Det var 38 repeterte gjenfangster av gruppen T1 i smoltfella på utløpet fra turbinen nedstrøms kraftverket. Fisken her brukte 3 dager fra merking til første fangst. Repetert fangst ble gjort ca 2 dager

senere. Dette er i størrelsesorden det samme som gruppe K2, og noe lengre enn for gruppe T2 (**Tabell 42**). Smolt fra gruppe K1 ble ikke fanget i smoltfella nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket.

Det var 76 repeterte gjenfangster av smolt satt ut ved kraftverket i Butjønna. Fra merking og utsetting brukte gruppene K1, K2 og T2 ca 3 dager til Butjønna. Gruppe T1 brukte 5 dager i snitt. Repeterte gjenfangster ble gjort i Butjønna ca 2 dager senere. Dette er noe kortere tid enn det smolt merket og satt ut ved Butjønna brukte (t=3 dager, **Tabell 42**).

Det var også repeterte gjenfangster i smoltfella ved Strømmen. Her har vi aggregert all fisk satt ut i elva, og beholdt fisk satt ut i Sunsdalen som egen gruppe ettersom disse ble satt ut i Songevatn. Fra merking og utsetting brukte laksesmolten i størrelsesorden 8 dager ned elva. Repetert gjenfangst ble gjort 3 dager senere for første repetisjon og 5 dager senere for andre repetisjon. Fisk satt ut i Sunsbekkdalen brukte i størrelsesorden 4 dager på å bli gjenfanget. Repetert gjenfangst var først 12 dager etter utsetting. Antall fisk er for lavt til at forskjellene ilegges vekt.

Tabell 43. Tid mellom fangst, merking og gjenfangst i samme felle. Denne laksesmolten har svømt motstrøms for å bli fanget på nytt. Ørretsmolt er ekskludert.

Utsettingslokalitet		utsetting og 1. gj.fangst	Antall dager mellom		
			1. gj.fangst og 2. gj.fangst	2. gj.fangst og 3. gj.fangst	3. gj.fangst og 4. gj.fangst
T1 Nedstrøms turbinutløpet fra felle	Snitt	3,0	1,8	1,0	
	SD	2,6	2,4	0,0	
	Antall obs	38	38	2	
K1 Butjønna	Snitt	3,1	2,1	2,7	
	SD	1,4	1,5	1,5	
	Antall obs	9	9	3	
K2 Butjønna	Snitt	2,7	1,8	1,2	2,5
	SD	1,7	1,2	3,8	2,1
	Antall obs	24	24	6	2
T1 Butjønna	Snitt	5,2	1,8	1,8	3,0
	SD	2,3	1,3	2,6	
	Antall obs	31	31	9	1
T2 Butjønna	Snitt	3,4	2,3	4,3	
	SD	2,3	1,2	0,6	
	Antall obs	12	12	3	

Tabell 44. Tid mellom fangst og merking og repeterte gjenfangster i smoltfella ved Strømmen. Denne fisken har svømt fra kraftverket eller Butjønna (tid fra utsetting til fangst) for så å ha blitt fanget repetert i smoltfella ved Butjønna (tid mellom påfølgende gj.fangster). Her er alle grupper oppstrøms samlet. Utsettingene i Sunsbekkdalen er skilt ut som egen gruppe ettersom denne er satt ut i fjorden og har følgelig ikke vandret i elva.

		Antall dager mellom		
		utsetting og 1. gj.fangst	1. gj.fangst og 2. gj.fangst	2. gj.fangst og 3. gj.fangst
Oppstrøms	Snitt	8,4	3,0	2,0
	SD	3,7	3,2	2,0
	Antall obs	12	12	4
Sunsbekkdalen	Snitt	4,0	7,7	0,0
	SD	1,7	2,5	
	Antall obs	3	3	1

Vedlegg C. Voksen laks

Videoregistrering gjennomføres av grunneierlaget. Dette ble kun delvis gjennomført i 2010. Utstyret ble ødelagt under isgang i 2009 og ikke reparert og gjenutsatt før 13. september 2010. Vi har ikke fått data på oppvandring fra 2010 overlevert pr. februar 2011.

Det er samlet inn data på videoovervåking og stamfiske i Storelva siden 2001. Disse dataene er delvis innrapportert til fylkesmannen i Aust-Agder. Vi velger likevel å presentere dem her.

	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	Antall alle år
Stamfiske laks	34	24				3		21	39	
Stamfisk ørret								120	189	
Laks	66	98		38	24	58	21			305
Ørret	93	397		309	382	293	814			2288
Ukjent	74	0		501	0	0	0			575
Laks Stam + video	100	122		38	24	61	21	21	39	

Vedlegg D. Antall fisk fanget pr. dag i smoltfellene

Materialiet her består av antall laksesmolt, ørretsmolt, sik og sørv samt vinterstøinger fanget pr. dag i hver smoltfelle. Det er også angitt antall fisk fanget som var PIT-merka. Disse vil normalt være merket på en stasjon oppstrøms smoltfella, men kan også være gjenfangster av smolt satt ut ved stasjonen. I smoltfella ved Strømmen inngår for eksempel smolt satt ut i Songevatn som ble fanget i smoltfella.

I fangstene inngår kun fisk som var umerket på fangststedet. Nedstrøms turbinutløpet fra kraftverket inngår fisk som var døde på grunn av kraftverksturbinen. De fleste laksesmolt samt noe ørretsmolt >12 cm ble PIT-merka. Disse ble enten satt tilbake til elva, eller transportert til fjorden. Antall fisk fanget i fella er derfor ikke lik antall fisk som forlot fangstområdet. Dette antallet vil normalt være betydelig lavere.

I tabellen er lengden til fisken angitt.

Umerka laksesmolt fanga i smoltfella oppstrøms kraftverket

Lengdergrupper													%-andel												
<12 umålt	42												0,9												
<100	1												0,0												
100-105	1												0,0												
105-110	17												0,4												
110-115	88												1,9												
115-120	356												7,7												
>12 umålt	42												1,8												
120-125	81												8,3												
125-130	384												15,1												
130-135	696												17,9												
135-140	824												13,4												
140-145	620												10,3												
145-150	474												5,3												
150-155	246												4,4												
155-160	201												3,3												
160-165	152												2,6												
165-170	119												2,1												
170-175	98												1,8												
175-180	83												1,4												
180-185	65												0,6												
185-190	28												0,2												
190-195	11												0,3												
195-200	14												0,1												
200-250	6												0,1												
<12 cm	5												10,9												
>12 cm	505												89,1												
Sum umerka	0	3	4	8	8	32	23	101	38	26	58	58	10	0	0	505									
1 GJ	3	7	88	121	316	59	505	187	508	212	239	418	197	215	136	202	239	1	182	74	149	20	24	5	4107
	3	7	91	125	324	67	537	210	609	250	265	476	235	252	149	219	276	1	187	121	159	20	24	5	4612
	0	0	0	0	4	1	39	5	23	6	7	31	12	11	5	3	7	0	9	7	36	0	0	9	215

Umerka laksesmolt fanga i smoltfella nedstrøms utløpet fra kraftverksturbinen

Lengdergrupper																					%-andel	
<12 umålt	6	9	10																		25	0,8
<100																					14	0,5
100-105		2	3																		15	0,5
105-110		1	7																		38	1,3
110-115		5	26																		177	5,9
115-120		6	78																		480	16,0
>12 umålt	18	1	3																		222	7,4
120-125		2	29																		318	10,6
125-130		12	49																		324	10,8
130-135		20	47																		342	11,4
135-140		27	38																		253	8,5
140-145		18	35																		223	7,4
145-150		13	13																		143	4,8
150-155		13	12																		126	4,2
155-160		7	10																		92	3,1
160-165		2	6																		72	2,4
165-170		2	1																		44	1,5
170-175		2	1																		28	0,9
175-180			2																		25	0,8
180-185																					12	0,4
185-190																					9	0,3
190-195																					4	0,1
195-200																					6	0,2
200-250																					2	0,1
<12 cm	6	0	111	0	93	83	101	42	22	65	50	13	6	4	0	0	0	0	0	0	749	25,0
>12 cm	18	1	254	0	158	351	304	66	64	183	161	67	27	32	14	17	27	2245	75,0			
Sum umerka	24	1	365	0	251	434	405	108	86	248	211	80	33	36	14	17	27	2994				
3 GJ			54	12	36	2	54	64	17	57	55	36	7	35	29	18					2	493

Umerka laksesmolt fanga i smoltfella ved Butjønna

Lengdergrupper													%-andel								
<12 umålt	15	2	2	2	15	123	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548	22,1
<100	2	6	13	65	81	123	15	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548
100-105	1	3	19	25	59	1	38	39	38	22	10	16	6	5	12	1	4	2	2	3	328
105-110	3	15	43	81	123	15	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548	
110-115	19	43	65	81	123	15	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548	
115-120	25	81	123	15	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548	22,1		
>12 umålt	59	1	38	39	38	22	10	16	6	5	12	1	4	2	3	3	1	5	10	111	4,5
120-125	38	60	105	123	15	48	3	13	8	23	58	5	293	26	75	40	34	7	548		
125-130	39	56	47	10	13	10	3	6	12	14	1	6	1	2	2	4	2	2	3	53	2,1
130-135	38	34	42	8	14	5	5	5	14	1	6	1	2	2	4	2	2	3	3	38	1,5
135-140	22	33	27	6	5	7	3	1	6	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	4,5
140-145	10	16	12	1	4	4	2	2	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
145-150	6	5	12	1	5	2	2	1	4	2	2	4	2	3	1	5	10	10	10	111	
150-155	3	5	3	1	3	2	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
155-160	2	1	5	1	1	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
160-165	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
165-170	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
170-175	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
175-180	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
180-185	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	4	2	3	1	5	10	10	111	
<12 cm	0	48	147	220	30	192	129	75	22	27	88	13	0	0	0	0	0	0	0	991	40,0
>12 cm	59	161	213	259	39	64	94	23	24	1	62	10	293	26	75	40	34	7	1484	60,0	
Sum umerka	59	209	360	479	69	256	223	98	46	28	150	23	293	26	75	40	34	7	2475		
6 GJ	14	39	84	7	47	35	37	22	22	69	5	9	75	24	12					479	

Umerka laksesmolt fanga i smoltfella ved Strømmen

Lengdergrupper																				%-andel	
<12 umålt	1																				0,1
<100		1																			0,6
100-105			1																		0,6
105-110				1																	1,1
110-115					1																4,3
115-120						1															8,5
>12 umålt	9	15	26	2	2	3	3	3	9	9	9	21	12								57,0
120-125										1	56	4	12	2							7,0
125-130										6	4	3	5	1							4,8
130-135										3	3	3	3	1							4,3
135-140										2	4	3	1								2,8
140-145										2	2	2	2	1							2,5
145-150										1	3	2	2	1							2,2
150-155										1	1	2	1	1							1,4
155-160										3	1	1	1	1							1,0
160-165										1											0,1
165-170										1											0,1
170-175										1	2	1									0,6
175-180										1	1										0,1
180-185										1											0,1
185-190										1	1	2									0,4
190-195										1	1	1									0,1
200-250										2	2										0,3
<12 cm	1	0	0	8	0	5	6	6	4	17	18	31	20	0	0	0	0	0	0	0	15,2
>12 cm	9	15	0	56	26	17	29	11	23	83	83	32	8	114	57	25	48	16	9	29	84,8
Sum umerka	10	15	0	64	26	22	35	15	40	101	63	28	14	14	1	20	8	1	1	1	207
9 GJ				6	17	11	16	17	5	24	22	44	14	1	20	8	1	1	1	1	

Umerka ørretsmolt fanga i smoltfella oppstrøms kraftverket

Lengdergrup per																					%-andel				
Grand Total	22	1	2	8	58	12	30	48	46	51	53	66	55	51	59	52	33	35	24	28	12	51	11	2,7	
25.05.2010					15																				0,1
24.05.2010																									0,2
22.05.2010					1																				1,0
21.05.2010				2	27	10	1	15																	7,2
19.05.2010	22																								1,5
18.05.2010																									3,7
16.05.2010				1																					5,9
14.05.2010																									5,7
13.05.2010																									6,3
12.05.2010																									6,6
11.05.2010				1																					8,2
10.05.2010																									6,8
09.05.2010				1																					6,3
08.05.2010																									7,3
07.05.2010				1																					6,4
06.05.2010																									4,1
05.05.2010																									4,3
04.05.2010																									3,0
03.05.2010																									3,5
01.05.2010				1																					1,5
30.04.2010																									6,3
29.04.2010																									1,4
28.04.2010																									0,0
<12 umålt																									0,0
100-105	1																								12,7
105-110																									87,3
115-120																									
>12 umålt	3	1																							
120-125																									
125-130	5																								
130-135	5																								
135-140	2																								
140-145	1																								
145-150	8																								
150-155	3																								
155-160																									
160-165	2																								
165-170	7																								
170-175	1																								
175-180	1																								
180-185	1																								
185-190																									
190-195	1																								
195-200																									
200-250																									
250-300																									
<12 cm	5	1	2	1	0	2	3	2	0	0	1	3	1	0	1	0	1	0	1	0	23	30	10	1	15
>12 cm	37	0	25	47	80	7	54	17	44	16	13	64	21	29	25	14	66	61	17	68	0	0	0	0	705
Sum	42	1	26	49	81	7	56	20	46	16	13	65	22	32	26	14	67	61	40	98	10	1	15	808	
1 GJ																									2

Umerka ørretsmolt fanga i smoltfella nedstrøms utløpet fra kraftverksturbinen

Lengdergruppe	30.04.2010	02.05.2010	03.05.2010	04.05.2010	05.05.2010	06.05.2010	08.05.2010	09.05.2010	11.05.2010	12.05.2010	13.05.2010	14.05.2010	16.05.2010	18.05.2010	19.05.2010	20.05.2010	21.05.2010	22.05.2010	23.05.2010	26.05.2010	Grand Total	%-andel
<100		1															4				10	1,1
100-105																2	3				7	0,8
105-110							1	1									2				5	0,5
110-115		1	1													2	1				5	0,5
115-120							1	1	2			1		1	2	1	1				10	1,1
>12 umålt	3			1			3	35	9		1	3		22	4			31	13	50	175	18,8
120-125		6									1	1	1	1	3	2					12	1,3
125-130		2	1	1						3	1	1	1	1	2	3	2				17	1,8
130-135			1	1			1	1	1	2	2	1	1	5	3	7	3				29	3,1
135-140		1	2		2			1		2	1	3	1	6	3	3	1				23	2,5
140-145	1	1	2				1		1	7	2	3	2	5	5	5	3				38	4,1
145-150		2		1			1	1	1	2	3		7	4	7	2	2				32	3,4
150-155		1	3	2	2		2	1	1	7			9	7	12	8	2				56	6,0
155-160	3	2	1		1			1	1	6	2		5	13	7	6	4				52	5,6
160-165	3	4		1			4		5	5	2	1	8	15	14	6	3				71	7,6
165-170		3					2	1	11	2	2	3	7	22	9	5	1				66	7,1
170-175	1	2	3					3	11	11	1	1	9	18	8	11	4				72	7,7
175-180	1	2	3	1	1		1		5	5	1	4	2	16	3	6	1				47	5,0
180-185		2	1		2				4	4	1	2	3	8	5	7	2				37	4,0
185-190		1	1	1	1		1		5	5	3	1	4	13	6	2	1				40	4,3
190-195					2				1	2	1	2	2	9	7	5	5				35	3,8
195-200	1	1							3	3	1		3	8	3	3	2				25	2,7
200-250	3	5	3	1	1			2	7	7	3	1	11	12	8	7	2				66	7,1
250-300	1								1					1							3	0,3
<12 cm	0	2	1	0	0	0	2	0	2	2	0	1	0	5	4	7	11	0	0	0	37	4,0
>12 cm	16	36	21	10	12	0	17	38	25	82	28	22	74	186	109	88	38	31	13	50	896	96,0
Sum	16	38	22	10	12	0	19	38	27	84	28	23	74	191	113	95	49	31	13	50	933	
umerka	17	8	6	2				3	1	2			7	8	11	14				4	83	
3 GJ																						

Umerka ørretsmolt fanga i smoltfella ved Butjøenna

Lengdergrup per	04.05.2010	07.05.2010	09.05.2010	11.05.2010	12.05.2010	13.05.2010	14.05.2010	16.05.2010	18.05.2010	19.05.2010	21.05.2010	22.05.2010	23.05.2010	24.05.2010	26.05.2010	27.05.2010	Grand Total	%-andel
<12 umålt			30					8									38	9,1
<100			1														1	0,2
100-105			1														1	0,2
105-110	1																1	0,2
110-115	1	1	1				1			1							5	1,2
115-120	1	1					1			3							6	1,4
>12 umålt											33	31	60	1	44	8	178	42,6
120-125	1	3	1						1								6	1,4
125-130									1	1							2	0,5
130-135		3	1			1			3	1							9	2,2
135-140	3	3	5	1	1		1		1								15	3,6
140-145	1	8	3	1			3		3								19	4,5
145-150	2	3	4						1	1							11	2,6
150-155	1	6	3	1		1			2								14	3,3
155-160	1	3	2	1	1	1			3								12	2,9
160-165	1	3	6			2	2		5	1							20	4,8
165-170	2	4	1	1	1				1								10	2,4
170-175	1	6	1	1													15	3,6
175-180	3	2	5	1		1			2								14	3,3
180-185		2	2	1		1											6	1,4
185-190	3	1	2		1	1	1		2								10	2,4
190-195		3							1								5	1,2
195-200	1			1													2	0,5
200-250	3	9	2	1			2		1								18	4,3
<12 cm	3	2	3	0	30	0	2	8	0	4	0	0	0	0	0	0	52	12,4
>12 cm	23	60	38	11	3	8	15	0	27	4	33	31	60	1	44	8	366	87,6
Sum																		
umerka	26	62	41	11	33	8	17	8	27	8	33	31	60	1	44	8	418	
6 GJ	1	5	2	2	1	1	1	3	10	9	31	19	11	11	11	11	95	

Umerka ørretsmolt fanga i smoltfella ved Strømmen

Lengdergrupper													%-andel		
110-115	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,7	
115-120	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1,0	
>12 umålt	10	20	69	27	17	8	12	31	11	205	70,4	1	0,3		
120-125	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2,7	
130-135	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,7	
135-140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1,7	
140-145	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	1,7	
145-150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	3,4	
150-155	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	2,1	
155-160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3,1	
160-165	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0,7	
165-170	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1,4	
170-175	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1,4	
175-180	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1,4	
180-185	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1,0	
185-190	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1,7	
190-195	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1,0	
195-200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3,1	
200-250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	
250-300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1,7	
<12 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3,7	
>12 cm	10	20	69	27	17	8	12	31	11	286	98,3	1	0,3		
Sum	0	11	10	13	8	11	4	20	9	20	69	27	17	11	291
umerka	2	2	1	1	4	4	2	3	1	3	6	2	2	2	19
9 GJ															

Antall ørretsmolt PIT-merka og satt tilbake til elva eller overført til Sandnesfjorden. Utsettingene er fordelt på utsetningsdag og smoltgruppe. Smolt tilhørende K1 og T1 ble satt ut oppstrøms kraftverket. T2 består av umerket smolt fanget på utløpet av kraftverksturbinen. Smoltgruppe Gjedde ble fanget og merket ved Butjønnå. Det ble ikke kjørt ørret forbi kraftverket. Det er følgende ingen K2 gruppe.

Utsetningssted	28.04.2010	30.04.2010	01.05.2010	03.05.2010	09.05.2010	10.05.2010	12.05.2010	13.05.2010	14.05.2010	16.05.2010	18.05.2010	19.05.2010	21.05.2010	Grand Total
K1 (oppstrøms kraftverket)	3	1	6					1	1	22	31	5	24	94
T1 (oppstrøms kraftverket)	31	25	42	17		1	1		13	39	23	13	42	246
T2 (nedstrøms kraftverket)		13			1		6	6	19	73	163			275
Butjønnå					1		3	6			27			37
	34	39	48	17	2	0	4	13	33	134	244	18	66	652
Opp. k.verk merkedød	1			6							3		1	11
Utsetting i fjorden														
Strømmen										4	17			21
Opp. k.verk Sunsbekkdalen				14										14
Opp. k.verk Slep				33							4			37
Ned. k.verk Slep							7							7
Opp. k.verk Trollbergvika				11		1								12
	1	0	0	58	0	1	0	7	0	4	21	0	1	91

Vedlegg E. Antall fisk fanget pr. dag på PIT-stasjonene

Materialet her består av antall laksesmolt, ørretsmolt, sik og sørv samt vinterstøinger detektert pr. dag på hver PIT-stasjon.

PIT-merka laksesmolt; fangst i PIT-stasjoner samt smoltfelle

Gjen f sted	30.04.2010	02.05.2010	03.05.2010	04.05.2010	05.05.2010	06.05.2010	07.05.2010	08.05.2010	09.05.2010	10.05.2010	11.05.2010	12.05.2010	13.05.2010	14.05.2010	15.05.2010	16.05.2010	17.05.2010	18.05.2010	19.05.2010	20.05.2010	21.05.2010	22.05.2010	23.05.2010	24.05.2010	25.05.2010
1 SH oppstr					39	5	23	6	7	31	12	11	5	3	1	7		9	7		37				9
2 PIT BRU	1	1			9	10	11	13	12		1	1	1	3	1	4	1	2	1	71	69	29	11	6	4
3 SH Ned. Turb død					2			1		2	3							6			1				
3 SH Nedst		54	12	36	2	52		63	17		55	52	36	7		35		23	18		14				
4 PIT Fossv		18	23	20	10	44	15	40	58	18	32	85	24	12	3	24	2	26	16	63	60	22	11	5	4
5 PIT Butj														8	21	20	14	22	18	26	50	3	1	1	
6 SH Butj				14			39		84	7	47	35	37	22		69		5	9		75		24		
7 Gjedde																									27
8 PIT 1870					1		12	13	2	13	8	27	18	23	41	31	60	65	43	32	37	11	13	22	6
9 SH Strøm						6		17	11	16	17	5	24		22	22	44	44	14		1		20		
Grand Total	1	73	39	71	61	119	100	153	191	85	174	219	145	78	66	212	77	202	126	192	343	65	80	34	50

forts.

Gjen f sted	26.05.2010	27.05.2010	28.05.2010	29.05.2010	30.05.2010	31.05.2010	01.06.2010	02.06.2010	03.06.2010	04.06.2010	05.06.2010	06.06.2010	07.06.2010	10.06.2010	Grand Total
1 SH oppstr															216
2 PIT BRU	3	1	4		14	3	3								290
3 SH Ned. Turb død															15
3 SH Nedst	2														478
4 PIT Fossv	4	2	3	2	10	4		2	2		1	2	1		668
5 PIT Butj	1	1													186
6 SH Butj	12														479
7 Gjedde															27
8 PIT 1870	4	9	7		1	5		2	1	1	1	1	1		510
9 SH Strøm	8	1	1												207
Grand Total	34	14	15	2	25	12	3	2	2	2	2	3	2	1	3075

PIT-merka ørretsmolt; fangst i PIT- stasjoner samt smoltfeller

Gjen f sted	29.05.2010	28.05.2010	27.05.2010	26.05.2010	25.05.2010	24.05.2010	23.05.2010	22.05.2010	21.05.2010	20.05.2010	19.05.2010	18.05.2010	17.05.2010	16.05.2010	15.05.2010	14.05.2010	13.05.2010	12.05.2010	11.05.2010	09.05.2010	08.05.2010	07.05.2010	06.05.2010	05.05.2010	04.05.2010	03.05.2010	02.05.2010	30.04.2010
1 SH oppstr					2				5		1	1	1	1										1		1		
2 PIT BRU				2	1	4	8	5	32	13																		
3 SH Nedst		2		4	1	4	8	7	14	8	11	8		7							3	1	2		2	6	6	1
4 PIT Fosstv	1		1	4	4	2	8	7	38	10	39	31	8	20	1	9	1	2	2	2	2	2	1	1	1	7	7	1
5 PIT Butj				1	1	1	1	5	14	27	22	14	6	1	2	1		2	2	2	2					1		
6 SH Butj				11			19		31		9	10	3	3		1		1	5		2	2				1		
7 Gjedde					15													1				1	1	1	1	1	1	1
8 PIT 1870				7	4	7	23	15	16	14	11	12	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	1	3	3	3	2
9 SH Strøm				2	2	4	6	32	64	64	94	79	16	34	5	10	2	6	4	7	3	6	3	7	7	14	14	1
Grand Total	1			26	31	31	65	32	150	150	194	166	34	106	20	20	2	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

forts.

Gjen f sted	Grand Total	20.06.2010	18.06.2010	16.06.2010	13.06.2010	12.06.2010	11.06.2010	10.06.2010	04.06.2010	03.06.2010	02.06.2010	01.06.2010	31.05.2010	30.05.2010
1 SH oppstr	12													
2 PIT BRU	94													
3 SH Nedst	84													
4 PIT Fosstv	243	2	1	1	1	1	1		3	1	5	2	6	8
5 PIT Butj	94													
6 SH Butj	95													
7 Gjedde	15													
8 PIT 1870	150							1			2	1	2	2
9 SH Strøm	19													
Grand Total	806	2	1	1	1	1	1	1	3	1	7	8	18	22

PIT-merka vinterstøying av ørret; fangst i PIT-stasjoner samt smoltfeller

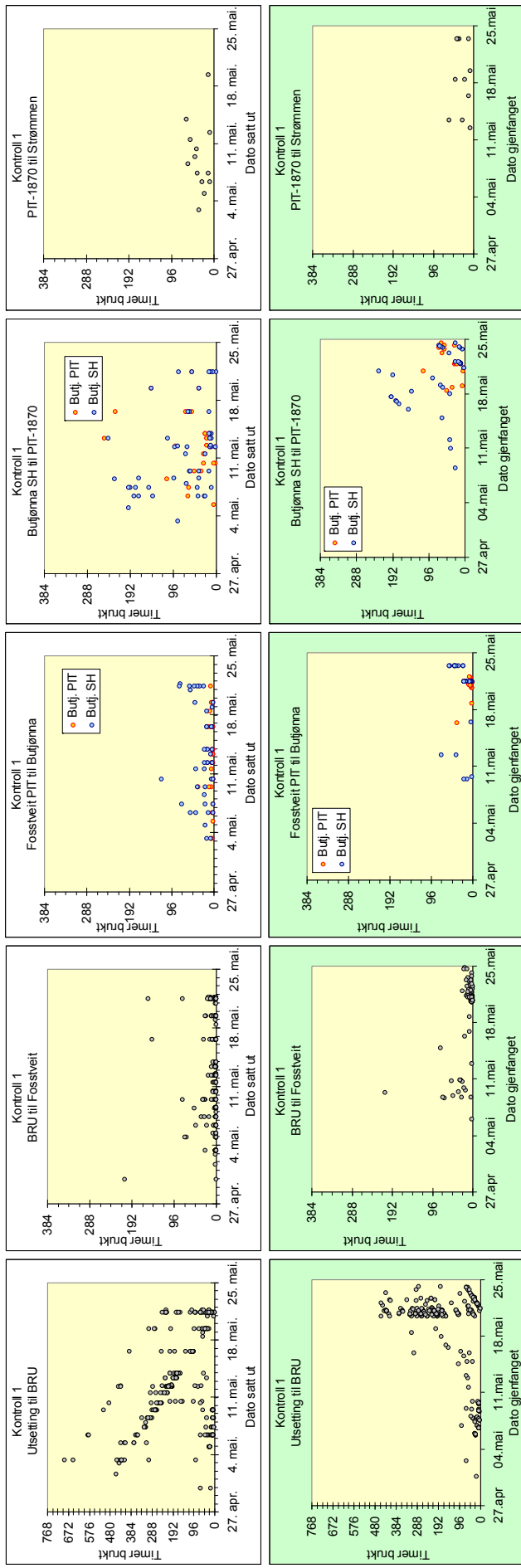
Gjen f sted	Dag	Grand Total															
		16.06.2010	01.06.2010	31.05.2010	30.05.2010	28.05.2010	26.05.2010	22.05.2010	02.05.2010	3	1	1	2	1	1	1	1
2 PIT BRU				1													4
4 PIT Fosstv																	7
8 PIT 1870	3	1				1											3
Grand Total	3	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	14

PIT-merka sørv; fangst i PIT-stasjoner samt smoltfeller

Denne fisken ble merket og satt ut i Songevatn. Gjenfangst innebærer at fisken har vandret 150 m oppstrøms for så bli detektert i PIT-stasjon 1870.

Gjen f sted	Dag	Grand Total																																
		10.06.2010	09.06.2010	08.06.2010	07.06.2010	06.06.2010	05.06.2010	04.06.2010	03.06.2010	02.06.2010	01.06.2010	31.05.2010	30.05.2010	29.05.2010	28.05.2010	27.05.2010	26.05.2010	24.05.2010	23.05.2010	22.05.2010	21.05.2010	20.05.2010	19.05.2010	18.05.2010	17.05.2010	16.05.2010	15.05.2010	13.05.2010	1	193	5	199		
5 PIT Butj																																	1	
8 PIT 1870																																		193
9 SH Strøm																																		5
Grand Total																																	199	

Vedlegg F. Vandringshastighet



Vedlegg G. Smoltalder

Alder og lengde hos yngel og eldre fisk fanget i Storelva i perioden 1998 til 2007. Data er hentet fra DN FoU rapporter på kalking av Vegårvasdraget. Råmaterialet er tilgjengeligjort av Einar Kleiven.

Alder	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007
0.0	5.9±0.4 (42)	5.5±0.5 (44)	5.8±0.9 (48)	5.1±0.7 (68)	5.4±0.9 (85)	5.4±0.7 (46)	5.2±0.9 (67)	4.9±0.3 (28)	7.1±1.0 (11)
1.0	10.3±1.1 (31)	9.6±0.8 (50)	9.6±1.2 (40)	8.5±1.2 (36)	9.4±0.8 (45)	9.0±0.9 (38)	9.3±1.3 (53)	8.1±0.5 (9)	9.4±0.8 (7)
2	13.1±0.9 (2)		13.0±1.3 (3)	10.2±0.3 (2)	13.2±0.8 (5)		11.5±0.4 (2)		
3					14.8±2.1 (2)				

Vedlegg H. Aktivitetsliste

I denne tabellen er hovedaktivitetene utført i Storelva siden 2003 anført. I tabellen er det ikke inkludert data produsert utenfor prosjektet og som i liten grad benyttes av oss. Slike data bør inn i tabellen over tid for å tilgjengeliggjøre datavolumet fra elva.

	Før 2003	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Områdebeskrivelse m/delfelt		x	x	x	x			
Vannføring ut av Storelva (Hauglandsfossen x 2 eller 1,27)		H*2	H*2	H*2	H*2	H*2	H*1.27	H*1.27
Vannføring Gjerstad						x		
Vannføring Lundevatn (sep 2007)							x	modell
Temp Hauglandsfossen og Nes Verk		x	x	x	x	x	x	x
Estimering av oppholdstid				H*2		H*2		
DN vannkjemikontroll		x	x	x	x	x	x	x
pH Hauglandsfossen		x	x	x	x	x	x	x
pH Nes Verk		x	x	x	x	x	x	x
Elvekjemi	Tot							
In situ Al fraksjonering	fraksj		x	x	x	x	x	
Fjordkjemi	Tot		x	x	x	x	x	
In situ Al fraksjonering	fraksj		x	x	x	x	x	
DGT		x	x					
Manuell saltmåling overflate		x	x	x				
CTD; dybdeprofiler					x	x	x	X
Kontinuerlig logging overflata						x	x	Nei
Oceanografi					Feil pga. feil VF		H*1.27	
Strømmodell fjord						x	x	x
El-fiske høst	x	x	x	x	x	x	x	x
Gjelle-Al under el-fisket	xxx							
El-fiske vinter				vår	Ja			
Smoltfelle (antall)		1	1	1	1	1	2	4
Fangsteffektivitet						x	x	x
Smoltalder		x	x	x	x			
Lengde			x	?	x	x	x	x
Vekt								
Hybrider							x	
Bestandsestimat – smolt						(x)	x	x
Bestandsestimat – laks			x				x	x
Videokamera								
Stamfiske								
Bonitering								
Bureksponeringer FV		x	x	x	x	x	x	x
Gjelle-Al		x	x	x	x	x	x	x
Gjelle ATP			x	x	x	x	x	
Blod			x	?	x			
Bureksponeringer fjord		x	x	x	x	x	x	x
Gjelle-Al		x	x	x	x	x	x	x
Akkumuleringsrater						x	x	x
Gjelle ATP			x	x	x			
Blod			x	x	x			
Telemetri			fluktres		x	x		
PIT merking							x	x
Slep av smolt						x	x	x

NIVA 6148-2011

Gjeddefestival		x	x	x	x			
Graving i elva					x			
Predatorfiske				x	x			
Lakselus						x	x	x
Karforsøk					x	x	x	x
Gjelle Akkumuleringsrater						x		
Audna				x		x		

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