

Evaluering av tiltak for nedvandrende blankål ved elvekraftverk. Resultater fra forsøk ved Fosstveit kraftverk, 2010- 2013



Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

Tittel Evaluering av tiltak for nedvandrende blankål ved elvekraftverk. Resultater fra forsøk ved Fosstveit kraftverk, 2010- 2013	Løpenr. (for bestilling) 6722-2014	Dato 16.09.2014
	Prosjektnr. Undernr. O-13246	Sider Pris 72 + vedlegg
Forfatter(e) Kroglund, F. Haraldstad, T. Güttrup, J. (Tvedestrand kommune) Hegeland, P.V. (Holt landbruksskole)	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges vassdrags- og energidirektorat & Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Det ble i 2010 igangsatt overvåking og undersøkelser av ål i Storelva, Tvedestrand, for å få generell kunnskap om forhold som innvirket på ålens økologi og overlevelse. Ål er i dag definert som kritisk truet i hele Europa. Selv om sannsynlige og mulige årsaker til tilbakegangen er kjent, er det bekymringsfullt at man ikke vet hva som er de viktigste årsakene. Ålen i Storelva hadde et høyt innhold av miljøgifter og svømmeblæremarken (*Anguillicoloides crassus*) er påvist. Disse faktorene kan innvirke på reproduksjon samt ålens overlevelse fram til gyteområdene. Fosstveit kraftverk ligger i nedre del Storelva. Baser på slagsannsynlighetsmodeller avlives i størrelsesorden 80 % av all ål som utvandret turbinløpet. Det er derfor helt avgjørende at det settes i verk tiltak ved elvekraftverk innenfor ålens utbredelsesområde. Når vannføringen i elva er høyere enn slukeevnen til kraftverket vil ål kunne vandre over damkronen og overleve. Dette er likevel ikke et tilstrekkelig tiltak. Det ble derfor etablert et tiltak for å lede ål vekk fra turbininntaket. Tiltaket baserer seg på bruk av varegrinda samt slamluka i bunnen av damkrona. Denne fluktruten fremsto som attraktiv når vannstrømmen gjennom slamluka tilsvarte minst 5 % av turbinvannføringen. Tiltaket fungerte mindre godt når vannhastigheten inn mot varegrinda var høy eller når slamluka ble tilført < 5 % av vannet. Det er svært vanskelig å oppnå høy relativ vannføring i fluktruta under flom. For å sikre at det ikke dør ål under disse periodene må varegrinda foran turbininntaket bygges om fra å være breispila (50 mm åpning mellom spilene) til å bli smalspila (20 mm mellom spilene). Samtidig må varegrindas helning reduseres fra dagens 70° vinkel til 35° vinkel. Ål vil da ikke kunne passere varegrinda. Helningen medfører at ål føres opp mot overflata, slik at den vil kunne benyttefluktruten som er etablert for smolt (sideløp i damkrona rett før varegrinda). I kraftverk hvor det ikke er mulig å bygge om varegrinda vil tiltaket utprøvd i Storelva likevel innebære at > 50 % av ålen kan berges.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Ål	1. Eel
2. Kraftverk	2. Hydropower
3. Tiltak	3. Mitigation
4. Økologi	4. Ecology


Frode Kroglund
Prosjektleder


Øyvind Kaste
Forskningsleder

Evaluering av tiltak for nedvandrende blankål ved elvekraftverk.

Resultater fra forsøk ved Fosstveit kraftverk, 2010- 2013

Forord

Ål ble ført opp som kritisk truet fiskeart i Norsk Rødliste i 2006. Direktoratet for naturforvaltning (DN) utarbeidet en plan for forvaltningstiltak for ål i 2011 og har igangsatt et overvåkingsprogram. Trusselbildet er sammensatt og ingen enkeltfaktor er identifisert som årsak til tilbakegangen av ålebestanden. For å kunne iverksette tiltak for å styrke bestanden er det behov for kunnskap om direkte effekt av truslene, men også om generell økologi og atferd til ål. En slik overvåking ble igangsatt i Storelva i 2010. Fra 2011 har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) støttet et 3-årig prosjekt for å vurdere hvilke påvirkninger vannkraftregulering har på ål og hvilke avbøtende tiltak som kan være aktuelle. Det ble gjennomført forsøk ved Fosstveit kraftverk i Storelva. Hensikten var å etablere tiltak som ikke innebar fysiske forandringer ved selve kraftverket. Vi takker Miljødirektoratet (tidligere DN) v/ Dagfinn Gausen og NVE v/Lars Midttun for økonomisk støtte til å overvåke ål og til å utvikle kunnskap om avbøtende tiltak. Videre takker vi Fosstveit kraft v/Knut Bjorvaten for at vi får lov til å utprøve ulike tiltak ved deres kraftverk. Torleif G. Berge takkes for sin entusiasme med røkting av oppvandringsfella.

I denne rapporten er fokus på data fra perioden 2010 til 2013.

Grimstad, september 2014

Innhold

	1
Utvidet sammendrag	6
1. Innledning	12
2. Områdebeskrivelse	13
2.1 Storelva i Holt	13
2.2 Beskrivelse av nedvandringsveiene til ål innenfor Storelva	14
2.3 Fosstveit kraftverket	15
2.3.1 Tekniske data Fosstveit kraftverk	15
2.3.2 Tiltak kraftverk	15
3. Fangst, merking og gjenfangstlokaliteter	19
3.1 Fangst, bedøvelse og merking	19
3.2 Fangst- PIT-merking og utsettingslokaliteter, blankål	20
3.2.1 Fangstlokalitet, Sagebekken	20
3.2.2 Fangstlokalitet, Fosstveit	20
3.2.3 PIT-merking av ål i 2013	21
3.3 Gjenfangstlokaliteter	22
3.3.1 PIT-Engkjerrfossen	22
3.3.2 PIT-Sideløp, Bru samt manuell gjenfangst av ål i fangstkassa	22
3.3.3 PIT-Angelstad	22
3.3.4 PIT—1870 (Strømmen)	23
3.3.5 Innsamling død ål nedstrøms kraftverk	23
3.4 Beregning av vandringshastigheter	24
3.5 Vandringsatferd til PIT-merket ål	24
3.6 Beregning av vannføring til de ulike vannløpene forbi Fosstveit	24
3.7 Bestandsestimat	25
3.8 Fangst av oppvandrende gulål (ålefaringer) forbi Fosstveit kraftverk	26
3.9 Fysio-kjemiske forhold	27
4. Miljøforhold, 2010-2013	28
4.1 Vannføring, 2013	28
4.2 Vannføring, 2010-12	28
4.2.1 Vanntemperatur; 2012-2013	29
4.3 Utvandringsruter tilgjengelig for ål; 2010-2013	31
4.3.1 Vannforbruk i sideløpet; 2010 til 2013	32
4.4 Modellert overlevelse til ål forbi kraftverksturbin	33
5. Resultater og diskusjon	35
5.1 Nedvandring av ål i Sagebekken	35
5.1.1 Antall og størrelse	35
5.1.2 Overlevelse til ål fra Sagebekken under nedvandring	36
5.1.3 Vandringshastighet	36
5.2 Nedvandring ål ved Fosstveit, 2013	37

5.2.1 Fangst av umerket ål ved Fosstveit, 2013	37
5.3 Fangst av umerket ål ved Fosstveit, 2010-2013	39
5.3.1 Vårvandring	39
5.3.2 Sommer-høstvandringsperiode	39
5.3.3 Lengde og vekt	40
5.3.4 Svømmeblæremark	41
5.4 Døgnvariasjon i vandring til PIT-merket ål	42
5.4.1 Døgnvariasjon i vandring, 2012	42
5.4.2 Døgnvariasjon i vandring, 2013	43
5.4.3 Konklusjon; døgnvariasjon i vandring	44
5.5 Vandringshastighet til ål satt ut nedstrøms kraftverket (m/min)	44
5.5.1 Vandringshastighet som kroppslengde/s	45
5.5.2 Konklusjon; vandringshastighet	46
6. Utvandningsruter forbi kraftverket	47
6.1 Utvandring av ål i forhold til kraftverksdrift årene: 2010 til 2013	47
6.2 Utvandring basert på PIT merket ål	51
6.2.1 Utvandningsrute for PIT-merket ål i 2012 i forhold til vannføring	51
6.2.2 Utvandningsrute for PIT-merket ål i 2013 i forhold til vannføring	51
6.3 Ålens bruk av sideløpet i forhold til Qs/Qt	55
6.4 Bestandsestimat	56
7. Overvåking av oppvandrende gulål (ålefaringer) forbi Fosstveit kraftverk	58
7.1 Oppvandningsperiode	58
7.2 Lengdefordeling	58
8. Diskusjon	61
8.1 Tiltak for nedvandrende ål ved kraftverk	64
9. Referanser	69
Vedlegg A. Lengde-vekt fordeling for ål fanget 2010 til 2013	73
Vedlegg B. Deteksjon av ål på antenner nedenfor kraftverket	74
Vedlegg C. Tidspunkt ål ble registrert ut sideløpet	76
Vedlegg D. Vandringshastigheter (kl/s)	77
Vedlegg F. Datagrunnlag for å fastslå hvor ål passerte kraftverket	78
Vedlegg G. Soloppgang, solnedgang og månefase	79
Vedlegg H. Nasjonal overvåking av ål	81

Utvidet sammendrag

Bakgrunn

Som følge av en kraftig bestandsreduksjon siden 1970-tallet, er ål i dag definert som kritisk truet på den internasjonale og den norske rødlista (Nedreaas mfl., 2006). Ål er en katadrom fisk som gyter i Sargassohavet i Vest-Atlanteren, men har sitt oppvekstområde i elver og langs kysten i Europa. Åleyngel oppvandrer elvene som glass- eller gulål og vandrer tilbake til gyteområdene som blankål. Ål er panmiktisk og det finnes derfor kun en ålebestand i Europa. Fordi ål tilhører en felles Europeisk bestand, vil faktorer som påvirker ål utenfor Norge ha betydning for innvandring av ål til Norge og visa versa. Påvirkningsfaktorer innenfor det enkelte vassdraget har dermed liten betydning for innvandring av ål til vassdraget, men kan ha stor betydning for utvandring av ål fra vassdraget og vil således påvirke størrelse på gytebestanden. Status til ål vurderes som bekymringsfull internasjonalt (ICES, 2013).

Årsaken til redusert innvandring av åleyngel til Europa skyldes mest sannsynlig redusert antall gytende ål. Det er vanlig å knytte denne reduksjonen til overfiske, habitatødeleggelser, marine klimaendringer, miljøgifter, vannkjemi, introduksjon av ålens svømmeblæremark (*Anguillicoloides crassus*), kraftverk mm. Det er bekymringsfullt at man ikke vet hvilke påvirkningsfaktorer som har avgjørende betydning for ålens tilbakegang. Mangelen på kunnskap gjør også at det er vanskelig å iverksette effektive tiltak. Årsaken til reduksjonen i ålebestanden kan også være sammensatt av flere påvirkningsfaktorer, hvor sammensetning av faktorene kan variere fra vassdrag til vassdrag og fra region til region. EU-landene har vedtatt å iverksette tiltak som sikrer at 40 % av den voksne ålen overlever fra ferskvann og fram til havet (EC Council regulation No 11/2007). Det er i dag etablert tiltaksplaner for hver vannregion i EU, mens Norge ennå ikke har ratifisert denne åleforskriften.

Det har ikke vært noen tradisjon for å overvåke eller forske på ål i Norge (Thorstad mfl., 2011). Samtidig ble det årlig eksportert >200 tonn ål fra Norge til Sverige og Danmark på 1990-tallet (data fra årsoppgaver til Skagerak Fisk). Eksport av ål fra Sør-Norge var dermed betydelig større enn historisk fangst av laks. Ålefisket var omfattende og lokalt var det en viktig ressurs. Norge er i utkanten av ålens utbredelsesområde. Det er grunn til å anta at det vassdragsspesifikke trusselbildet kan være forskjellig i Norge fra det som ellers er vanlig i Europa. Ål kan derfor ha et refugium i Norge, men dagens kunnskap om ål er for begrenset til å evaluere dette.

Det foreligger to langtidsserier på ål fra Norge. Oppvandring av ål er dokumentert ved NINAs forskningsstasjon på Ims i Rogaland siden 1975. Forekomst av ål i kystområdene i Skagerrak er dokumentert i strandnotserien til Havforskningsinstituttet siden 1925 (ICES, 2013). Disse seriene illustrerer utviklingstrender i bestandsstatus, men angir ikke trusselbildet. Overvåkingsdataene viser at innvandring av ålelarver til Norge har blitt kraftig redusert på samme måte som ellers i Europa (ICES, 2013). Selv om innsiget er redusert med > 90 % er ikke utvandringen av blankål redusert med mer enn 30 %. Dette skyldes sannsynligvis at overlevelse innenfor oppvekstområdene har økt som følge av redusert konkurranse. Mens antall ål i strandnotkastene i Skagerrak varierte omkring 0,2 ål pr. trekk i perioden 1950 til 2000, har denne det siste 10-året blitt redusert til 0,05 ål pr trekk. Dette tyder på en 75 % reduksjon i tetthet, hvor reduksjonene i strandnotserien inntraff ca 10 år senere enn reduksjon i innsiget til Ims. Samlet viser disse seriene at bestandsstatus er negativt påvirket. Data er gitt i vedlegg H.

Utviklingen i forekomst av ål i Sørlandselver avviker fra utviklingen ellers i Europa (Larsen mfl., 2010). Forekomsten av ål i kalka elver har økt, dog med store variasjoner i utvikling mellom vassdragene. Denne positive utviklingen har skjedd til tross for redusert innsig av glassål. Økt tetthet av ål i kalka elver må derfor kunne tilskrives økt overlevelse innenfor vassdraget, hvor kalking er det

eneste igangsatte tiltaket som kan forklare denne utviklingen. Variasjon i respons på kalking mellom vassdrag kan skyldes ulike kalkingsstrategier og i hvilken grad sidebekkene/innsjøene er kalket.

Svært mange av de kalka elvene har elvekraftverk innenfor anadrom strekning av elva, og det er ofte disse som har hatt mest fokus på tiltak for vandrende fiskearter. Det er viktig å huske på at ålen i de fleste tilfeller kan vandre høyere opp i vassdragene en laks og sjøaure, og at kraftverk i disse høyereliggende områdene berører ål. Elvekraftverk vil hemme både opp- og nedvandring. Dødelighet av ål under nedvandring vil variere med turbintype og turbinkarakteristika samt ålens lengde. Erfaringsmessig kan det forventes at i gjennomsnitt >50 % av ålen som passerer en kraftverksturbin vil dø. Hvis det er flere elvekraftverk i et vassdrag, vil andelen ål som når havet fra det enkelte vassdraget bli lavt. Kraftverk kan således ha en kritisk effekt på ål og kan motvirke bestandsoppbygging.

Det er foreslått forvaltningstiltak for ål i Norge (DN, 2011). Her påpekes det behov for mer kunnskap om åleøkologi generelt og på effekter av kraftverk spesielt. NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) ønsket mer fokus på tiltak for ål ved kraftverk. Miljødirektoratet og NVE har sammen finansiert et forskningsprogram innenfor i Storelva i Holt, Tvedestrand, siden 2010. Aktiviteten her skulle bidra med generisk kunnskap på åleøkologi og kraftverk. I denne rapporten er resultat fra hele perioden syntetisert.

Det er ingen grunn til å anta at status til ål i Storelva avviker vesentlig fra status til ål i andre kystnære vassdrag i Sør-Norge, selv om trusselsfordelingen kan variere. Storelva ble valgt som forsøksvassdrag fordi påvirkningsfaktorene var godt kjent, det var ål i vassdraget og det var etablert en overvåkingsstruktur som kunne utvides til å inkludere ål. Til sammen foreligger det nå fire år med data fra tiltaksperioden.

Status for ål i Storelva:

- Ål er panmiktisk. Endringer i påvirkningsbildet internasjonalt vil påvirke ål også i Storelva.
- Det har vært en generell nedgang i oppvandring av glass/gulål i hele Europa. Denne reduksjonen har antas også å ha skjedd i Storelva.
- Dagens habitat for ål er sannsynligvis nokså likt historisk areal.
- Kraftverket som ble etablert ved Fosstveit i 2008 var tidligere ikke et opp- og utvandringshinder for ål.
- Fosstveit kraftverk hadde i starten ingen tiltak for nedvandrende ål.
- Ålens svømmeblæremark (*A. crassus*) ble innført til Norge på 1990-tallet. Parasitten påvises årlig i Storelva.
- Ål akkumulerer miljøgifter. Konsentrasjonene av DDT, PCB, dioksiner, bromerte flammehemmere (fettvev) samt PAH-metabolitter (galle) er svært høye i ål innenfor vassdraget, men som følge av datamangel vet vi ikke om nivåene er høyere her enn ellers i Norge.
- Ål er forsuringsfølsom. Storelva er plassert i randsonen i forhold til forsurening i Norge. Det må kunne antas at kalkingen har begunstiget overlevelse til ål i hovedelva, men at sidebekkene samtidig kan ha marginal vannkvalitet.

Oppvandring av ål

Det ble etablert en oppvandringsfelle for gulål ved Fosstveit kraftverk i 2011. Kraftverket er lokalisert ca 6 km ovenfor elvemunningen. Største års-fangst var i 2011 (n=1297). I 2012 ble det fanget 756 ål, mens det kun ble fanget 580 ål i 2013. Endringer i fangsttinningsats kan ikke forklare reduksjonen. Fangsttinningsatsen har heller økt enn å ha blitt redusert over tid. Nedgangen i fangst er sannsynligvis

tilfeldig og bør ikke brukes som en dokumentasjon på redusert innsig før det foreligger mer data på hva som styrer innvandring.

All ål ankommer kraftverket som gulål. Lengdefordelingen har variert noe over tid. Ca 25 % av ålen er < 20 cm, mens 75 % er < 30 cm. Fravær av typisk glassål kan skyldes at vi fanger ålen ca 6 km opp i vassdraget og ikke ved kysten.

Majoriteten av ål ankom kraftverket i juli og august. En spesifikk periode kan ikke angis da det har vært betydelig år til år variasjon i oppvandringsperiode. Oppvandringsperioden synes påvirket av vanntemperatur, men tre år med data er for lite til å forklare variasjonen. De første ålene ankommer kraftverket når temperaturen passerer ca 15 °C. Innvandringen var størst når temperaturen var i området 17 til 20 °C.

Fangsttiltaket viser at det er enkelt å etablere fungerende overvåkingsstasjoner. Den største utfordringen er å finne rett sted for fella. Fella må stå et sted ål naturlig søker etter alternative oppvandringsruter. Her vil lokalkunnskap være viktig. Konklusjonen er at overvåking av oppvandrende ål kan gjennomføres med små og enkle tiltak hvis den organiseres riktig.

Fangst av nedvandrende ål i Sagebekken

Det har "alltid" pågått ålefangst i Sagebekken, som er et sidevassdrag til Storelva. De siste 20 årene er det ført fangststatistikk, og den viser en svak nedadgående trend. Det ble fanget 45 ål i Sagebekken i 2013. Denne utviklingen kan ikke knyttes til fangsttinnings og reflekterer sannsynligvis redusert antall ål. Fangsten har avtatt med ca 40 % fra årene 1994-1998 til 2009-2013. Samtidig har middelvekta økt de senere årene. Det er ingen vesentlig lengdeforskjell mellom ål fanget i Sagebekken og ål fanget i hovedelva, men ålen fra Sagebekken er generelt brunere enn ål som fanges ved Fosstveit. Dette tyder på at det ikke kun vandrer blankål i Sagebekken. Det er rimelig grunnlag for å anta at ål som er "brun" først vil vandre ut av vassdraget ett eller flere år senere.

For å få data på vandring og overlevelse til ål fra Sagebekken fram til elvemunningen ca. 20 km nedstrøms, ble henholdsvis 10 og 33 ål merket med passive integrerte transpondere (PIT) i 2012 og 2013. Denne ålen må passere Fosstveit kraftverk (13,8 km oppstrøms Sagebekken) før den når havet. Ca halvparten av ålen som ble PIT-merket i 2012 og 2013 ble aldri påvist på noen PIT-antenne etter merking. Når tilnærmet all ål satt ut ved Fosstveit påvises etter merking må forskjellen i deteksjon kunne forklares. Vi antar forskjellen skyldes at hovedandelen av ålen fanget i Sagebekken ikke var utvandningsklar (blankål). Det er velkjent at ål kan vandre innenfor et vassdrag uten å være utvandningsklar.

Ål som ble merket i 2012 brukte 9,6 dager fra utsetting ved Sagebekken til fangst nedenfor kraftverket. I 2013 brukt ålen 23,0 dager på samme strekningen. Årsaken til denne variasjonen er ikke avklart. Det var forskjeller både i vanntemperatur og vannføring mellom årene uten at denne forskjellen heller forklarer variasjonen.

Fangst av nedvandrende ål ved Fosstveit kraftverk

Antall nedvandrende ål i Storelva i 2013 ble beregnet ut fra merke-gjenfangst og et Peterson estimat. Når det tas hensyn til at det også utvandret ål dagene før det ble satt ut PIT-merket ål, beregnes det en utvandring forbi Fosstveit på 2972 ål med 95 % konfidensintervall innenfor 2038 til 4310. I tillegg vil det ha utvandret ål i perioden før fella ble etablert (mai til august) samt ål fra områdene nedenfor kraftverket (ca 13 % av nedbørfeltet). Antall som faktisk utvandret var sannsynligvis godt over 3000 ål.

Nær 100 % av ålen som ble PIT-merket og satt ut nedenfor kraftverket ble påvist ut av vassdraget. På bakgrunn av dette konkluderer vi med at ålen var utvandrende, deteksjonen på antenna ved elvemunningen var god og predasjonen på utvandrende blankål er minimal. Majoriteten av den nedvandrende ålen passerte Fosstveit i september og oktober. Det var ingen opplagt enkeltvariabel som kunne forklare år-til-år forskjell i tidspunkt eller varighet av utvandningsperioden. Ål utvandret ofte ved økende vannføring og avtagende lufttrykk. Disse faktorene vil til en viss grad være autokorrelert (reduert trykk \Rightarrow sannsynligvis nedbør \Rightarrow økt vannføring). Andre ål utvandret ved avtagende vannføring og høyt lufttrykk (pent vær). Materialet gir derfor ingen entydig informasjon om vandringsmekanismer. Ettersom ål er panmiktisk er det rimelig å anta at ål ikke er selektert på lokale «utvandringstriggere» (zeitgebers), og at ål må kunne respondere på en lang rekke vandringstriggere. Disse kan variere fra vassdrag til vassdrag.

Døgnvariasjon i nedvandring til ål

I Storelva vandret ål tilnærmet kun om natta, hvor 94 % av alle deteksjoner var mellom klokka 19 og 05. I underkant av 60 % av alle deteksjoner var mellom klokka 19 og 23. Dagvandring var kun vanlig under høstens første flom. Vassdraget var da svært turbid. Internasjonalt rapporteres det om mer dagvandring enn det vi observerte. Forskjellen kan sannsynligvis knyttes til forskjeller i vannets farge, siktedyp og vassdragets dybde.

Hvordan passerte ålen Fosstveit kraftverk?

Ål vil kunne passere Fosstveit kraftverk med bruk av inntil tre ulike ruter. Hvilke ruter som er tilgjengelig vil avhenge av vannføringen i elva i forhold til kraftverkets slukeevne samt om kraftverket er i drift eller ikke. Når vannføringen er høyere enn slukeevnen går overskuddsvannet over damkrona. Med økende andel vann over damkrona vil denne utvandningsmuligheten bli økende tilgjengelig og attraktiv for ål. Damkrona vil også være tilgjengelig for ål når kraftverket stanser produksjon. Vannføringen kan da være alt fra lav til høy. Når vannføringen er lavere enn slukeevnen til kraftverket vil et etablert tiltak i forbindelse med slamluca (sideløp i dammen rett før varegrinda) representere eneste trygge utvandningsrute. Tredje utvandningsmulighet er turbinløpet. Turbinløpet er sperret av en varegrind (50 mm lysåpning; α -vinkel på 70° , vannhastighet foran inntaket $<0,5$ m/s). Ål kan passere denne varegrinda uhindret. Det er mulig at varegrinda fungerer som en svak atferdsbarriere.

Utvandringslokalitet	Tilgjengelighet
Turbinløp	når det er produksjon og ål ikke forhindres fra å innvandre
Sideløp	når det er åpnet og har egenskaper ål finner attraktive
Damkrona	når kraftverket står, eller når vannføringa overstiger slukeevnen.

Basert på en modellert sammenheng mellom vannføring, ålens størrelse og kraftverkskarakteristika forventes det at i størrelsesorden 75 ± 25 % av ålen som benytter turbinløpet vil dø. Variasjonen i dødelighet knyttes primært til vannføring i turbinløpet samt ålens lengde. Det var følgelig ønskelig å igangsette et tiltak. Tiltaket skulle ikke innebære ombygging av inntaksløsningen (varegrind mm). Tiltakene som ble igangsatt i 2010 besto derfor i å heve en eksisterende slamluke. Når denne åpnes dannes en fluktåpning (sideløp). Vannføring i sideløpet er variert innen og mellom år for å få kunnskap om når tiltaket fremsto som attraktivt for ål og når det var lite attraktivt.

Sideløpet står vinkelrett på varegrinda, men har sin inngang lavere enn varegrinda. Dette kan være gunstig ved at det etableres hydrauliske forhold omkring sideløpet som ikke konkurrerer med tilsvarende forhold omkring varegrinda. Inntaksområdet bak varegrinda ble opplyst med bruk av halogen flomlys i 2012, men ikke i 2013. Det synes som om flombelysning bidro til å hemme ålens passering av varegrinda i 2012.

Ålens bruk av sideløpet er knyttet til vannføring i sideløpet (Q_s) relativt til vannføring i turbinløpet (Q_t). Forholdet mellom de to uttrykkes som Q_s/Q_t . Når sideløpet ble tilført i størrelsesorden 4-5 % av

turbinvannføringen benyttet i størrelsesorden $> 80\%$ av ålen sideløpet. Andel av ålen som benyttet sideløpet er da basert på ål fanget ut av sideløpet i forhold til død ål funnet nedstrøms kraftverket. Vi må anta at vi ikke har påvist all død ål nedenfor kraftverket, men antar en påvisningsgrad på i størrelsesorden 60-80 % av den døde ålen. Prosentandel ål som benyttet sideløpet er følgelig satt for høyt.

Selv om tiltaket for ål fungerer, ble det i 2013 registrert 424 ål ut sideløpet mens det ble registrert 278 døde ål nedenfor kraftverket. Når Q_s/Q_t samtidig var på $6,5 \pm 3,5\%$ av turbinvannføringen var det forventet at andel ål ut sideløpet hadde vært høyere. Det ble ikke påvist død ål nedenfor kraftverket over 9 tidsperioder som representerer 76 dager utvandring. Over samme tidsperiode utvandret 280 ål sideløpet. Denne perioden var sideløpet mer attraktivt enn turbinløpet.

Det ble påvist 270 død ål over en tidsperiode som representerer 8 dager utvandring. Samtidig benyttet 138 ål sideløpet. Til sammen døde 66 % av den utvandrende ålen disse dagene. Dødeligheten var konsentrert til to tidsperioder. Det ble funnet død ål 20. til 23. september ($n=91$) og 25 til 27. oktober ($n=179$). Q_s/Q_t var lavere enn 4 % når ål døde og høyere enn 5 % når det ikke ble funnet død ål. Basert på dette synes sideløpet å fungere etter intensjonen når Q_s/Q_t var 5 % eller høyere.

I begge tidsperiodene med mye død ål ble Q_s/Q_t for lav som følge av at sideløpet ikke kunne tilføres nok vann. Død ål i september kan også skyldes at kraftverket hadde store driftsproblemer fram til 15. september. Ål kunne fram til da ha passert varegrinda mens kraftverket sto, for så å bli sugd med turbinvannet når kraftverket igjen startet produksjon. Vannføringen økte i samme periode forbi slukekapasiteten. Dermed var også vannhastighet inn mot varegrinda høy. Kraftverket hadde normal drift forut for og under dødelighetsepisoden i oktober. Vannføringen økte da også forbi slukekapasiteten til kraftverket. I den mellomliggende perioden var turbinvannføringen på ca 1/3 av slukeevnen. Høy vannhastighet inn mot varegrinda kan derfor også være en viktig medvirkende årsak til økt dødelighet. Når temperatur samtidig avtok fra første til andre periode med død ål vil ålens svømmekapasitet ha blitt redusert. Modellen Q_s/Q_t kan fungere som en grov modell, hvor modellens gyldighet må testes i forhold til vannhastigheter og temperatur, samt i forhold til lengde på ålen.

Dersom ål passerer varegrinda når kraftverket står kan det å sperre varegrinda med en tettsittende presenning eller finmasket not forhindre innvandring forbi varegrinda.

Til tross for at det døde mer ål i 2013 enn forventet, benyttet ca 60 % av ålen som utvandret i 2013 sideløpet. Sideløp kan derfor anbefales som et tiltak. Ålen benyttet sideløpet kun om natta. En nattestenging av kraftverket kunne ha bidratt til økt bruk av sideløpet, men det kan virke mot sin hensikt hvis ål passerer en varegrind når turbinen står. Vi vil ikke anbefale dette så lenge varegrinda er breispila og ål kan passere varegrinda uhindret. Man kan imidlertid vurdere å dagstenge sideløpet for å minimere vanntapet.

Selv om tiltaket fungerte, kan det ikke karakteriseres som optimalt. Det vil ha vært mer gunstig om varegrinda var satt mer på skrå ($<35^\circ$ vinkel) og at denne var bygd med ca 18-20 mm lysåpning, eller i tråd med internasjonale råd. Et eventuelt falltap vil kompenseres ved å øke arealet på varegrinda. I kraftverk hvor det ikke er mulig å etablere et velfungerende tiltak (kostnad eller konsesjonsfritak mm) kan likevel bruk av slamluka bidra til å øke overlevelse av ål forbi kraftverket.

Fangst av umerket ål i sideløp og nedenfor kraftverket angir ikke samlet utvandring. Vi startet derfor i 2012 et merkeprogram som hadde som formål å anslå andel av ålen som benyttet turbinløp i forhold til sideløp og damkroner. Ålen ble merket med bruk av individmerker (passive integrerte transpondere; PIT). Nedvandringrute ble fastslått ut fra gjenfangst av PIT-merket ål på PIT-antenn utplassert omkring kraftverket. I 2012 nedvandret ingen ål som var satt ut 350 m ovenfor kraftverket før flommen 25. september. Da kom all ål i løpet av timer. Av 54 ål påvist under og etter flommen benyttet 14 ål sideløpet, mens 40 ål benyttet damkrona som utvandringrute. Turbinløpet var stengt

som følge av driftsstans ved kraftverket. Fravær av vandringsvillighet etter utsetting kunne skyldes at ålen ble satt ut i et innsjølignende basseng. Utsettingsforsøket ble repetert i 2013, men ålen ble da satt ut 3,5 km ovenfor kraftverket og på en elvestrekning. Av 170 ål satt ut ovenfor kraftverket i 2013 mangler vi deteksjon på kun 17 ål. De fleste av ålene ankom kraftverket få dager etter utsetting. Resultatet tyder derfor på at det kan ha vært uheldig å sette ut ål i inntaksdammen til kraftverket.

I 2013 benyttet 20-23 % av ålen sideløpet, 41-46 % utvandret over damkrona mens 31-39 % utvandret turbinløpet. Omkring 11 % av ålen hadde ukjent utvandningsrute. Vi antar disse utvandret turbinløpet og døde.

Når det utvandret ca 3000 ål i 2013 vil mellom 920 og 1160 av ålen ha utvandret turbinløpet basert på PIT-merkedataene. Av disse døde i området 700 til 890 ål. Dette utgjør i størrelsesorden 24 til 30 % (95 % konfidensintervall på 16-33 %) av den nedvandrende bestanden. Dersom det ikke var igangsatt tiltak og hvis ingen ål hadde benyttet damkrona ville i størrelsesorden 80 % av ålen ha dødd.

Evaluering av tiltak ved kraftverket

Et velfungerende tiltak baserer seg på tre enkle prinsipper. Fiskens skal hindres fra å passere inn mot turbin, den skal ledes til en trygg fluktåpning og kunne vandre derfra trygt tilbake til elva.

Sideløpet fungerer etter hensikten, men var ikke tilfredsstillende som tiltak under alle forhold. Ål benyttet sideløpet så lenge dette ble tilført > 5 % av turbinvannføringen. Det døde mye ål når sideløpet ble tilført mindre enn 4 % av turbinvannføringen. Dødeligheten inntraff når vannføringen i elva oversteg slukeevnen til kraftverket og sideløpet fikk for lav kapasitet.

Ål utvandret også over damkrona. Mye ål benyttet damkrona når Q_d/Q_{tot} var > 80 %. Såfremt ål ikke skades av fallet fra damkrona representerer også dette en trygg utvandningsrute. Mye vann over damkrona kunne både skyldes at vannføringen i elva var høy, men også at kraftverket sto.

Det er tidkrevende å justere vannføring i sideløpet i forhold til vannføring i elva. Det vil være enklere å fysisk hindre ål fra å kunne passere varegrinda. Sannsynligvis vil bruken av sideløpet da i mindre grad være knyttet til Q_s/Q_t og mer ål vil berges med lavere vannforbruk.

Det anbefales derfor at varegrinder bygges i henhold til internasjonalt anerkjente normer. Lysåpningen bør reduseres fra 50 til 18-20 mm. Varegrinda bør ha en helning på 35°.

Sannsynligvis vil Q_s/Q_t kunne reduseres til nivåer godt under 5 % hvis varegrinda var en fysisk barriere.

I eksisterende kraftverk hvor det ikke vil være mulig å installere ny varegrind på kort sikt vil bruk av slamluker kunne bidra til å berge ål forbi kraftverket. Dersom vannføringen tillater det kan lysåpningen i varegrinda reduseres med enkle tiltak, hvor sperringene fjernes før vannføringen blir høy.

1. Innledning

Norsk kunnskap om ål ble sist oppsummert i Thorstad mfl. (2010, 2011). Det konkluderes her blant annet med at man utover en generell kunnskapsmangel, mangler data på opp- og nedvandningsperioder fra ulike typer vassdrag, om det er regionale eller lokale forskjeller i inn- og utvandningsmønstre og om det er lokale eller regionale forskjeller i vekst, overlevelse, eksponering for miljøgifter, parasitter samt økologisk status. Det er betydelig variasjon i disse faktorene innenfor Europa (Tesch & White, 2008). Det er rimelig å anta at det er tilsvarende variasjon innenfor Norge også.

Ål er i dag kritisk truet og står oppført i den internasjonale og den norske rødlista (Nedreaas mfl., 2006). Dette foranlediget utarbeidelse av forvaltningstiltak for ål i Norge (DN, 2011). Det er i tillegg utarbeidet forslag til en strategi for overvåking (Thorstad mfl., 2011). Her konkluderes det med at et nasjonalt overvåkingssystem bør omfatte både oppvandrende yngel og utvandrende blankål for å kunne avdekke endringer i rekrutteringen til vassdrag, samt endringer i oppvekstforhold og produksjon. Storelva ved Tvedestrand inngår her som en av overvåkingslokalitetene. Ål overvåkes i Storelva fordi man her hadde etablert overvåkingssystem for laks og sjøørret, samt at man hadde flere av de aktuelle påvirkningsfaktorene man ønsket kunnskap om. Overvåking av ål startet i 2008. I 2008 og 2009 var fokus på antall ål som ble drept av kraftverk. I 2010 startet forsøk med tiltak for å lede ål levende forbi kraftverket. Foruten tiltaksutvikling hadde prosjektet som mål å skaffe kunnskap om generell åleøkologi. De to hovedaktivitetene var forankret i at DN (Miljødirektoratet) ønsket mer kunnskap om ålens økologi og bestandsstatus (DN, 2011) og at NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) ønsket mer kunnskap om ålens vandring forbi kraftverk. Begge oppgavene kunne besvares med bruk av samme fisk.

Aktivitetene i Storelva er endret over tid som et resultat av en adaptiv kunnskapsoppbygging. Data fra tidligere år er gitt som årsrapporter. Etter sesongen i 2013 skulle resultatene fra alle år sammenstilles. Årets rapport sammenstiller data fra hele perioden. Data fra årene forut er gitt i Kroglund mfl., 2012a, 2012b og 2013 (nedenfor).

Kroglund, F. Güttrup, J., Hegland, P.V., Lund, E., Fjeld, E., Grung, M., Haraldstad, T. 2012a. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Årsrapport 2010, Storelva i Holt i Aust-Agder. NIVA. Rapport 1. nr OR-6331. 24 s.

Kroglund, F. Haraldstad, T., Güttrup, J., Hegland, P.V. 2012b. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Undersøkelser av opp- og nedvandrende ål i Storelva i Holt, Aust-Agder, 2011. NIVA. Rapport 1. nr OR-6332. 33 s.

Kroglund, F., Gjelland K.Ø., Güttrup, J., Haraldstad T., Hegland, P.V., Thorstad E.B. 2013. Overvåking av ål i Storelva og evaluering av tiltak for nedvandring forbi Fosstveit kraftverk. Resultater fra undersøkelser i 2012. NIVA. Rapport 1. nr OR-6491. 50 s

2. Områdebeskrivelse

2.1 Storelva i Holt

Storelva i Holt (vassdragsnummer 018) er fullkalka fra 1996. Innsjøen Vegår øverst i vassdraget har vært kalket siden 1985. Vannføring måles av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i Lundevatn (stasjon 18.4.0). Storelva er et typisk lavlandsvassdrag med relativt lite industriell aktivitet i nedbørfeltet. Det var tidligere en masovn ved Nes Verk og tresliperi ved Fosstveit. Storelvavassdraget oppstrøms Fosstveit har et nedbørfelt på 350 km² (**Tabell 1**). Spesifikk avrenning er på 24,4 l/sek/km². Nedstrøms Fosstveit kraftverk tilføres Storelva vann fra Skjerkafeltet (58 km²). Dette feltet har en spesifikk avrenning på 21,5 l/sek/km². Vannføringen ved Fosstveit er beregnet ut fra vannføring i Lundevatn, korrigert ut fra areal og spesifikk avrenning.

Tabell 1. Delfeltarealer og spesifikk avrenning og vannbidrag innenfor Storelvavassdraget. Spesifikk vannføring nedstrøms Fosstveit er marginalt høyere enn ovenfor.

Delområde	Areal km ²	Arealbidrag %	Vannføringsbidrag %
T.o.m. Fosstveit	350	86	87
Fosstveit til. Lundevatn	58	14	13
Sum Storelva inn Songevatn	408		

Undersøkelserprogrammet i Storelva innbefatter fangst av ål i Sagebekken og Fosstveit (**Figur 1**). Ål fanget i Sagebekken settes ut i innsjøen Niksjå. Ål fanget ved Fosstveit kraftverk ble satt ut ca 350 ovenfor kraftverket (oppstrøms) i 2012 og ved Nes Verk i 2013. Det ble i tillegg satt ut ål nedstrøms kraftverket begge årene. I 2012 og 2013 ble ål merket med bruk av passive integrerte transpondere (PIT-merker). Nedvandrende ål kan påvises på PIT-antennert utplassert ved Engkjerrfoss og i minstevannføringsløpet (kun 2013), Angelstad samt Strømmen (begge årene). Avstandene mellom lokalitetene er gitt i **Tabell 2**.



Figur 1. Lokalisering av de ulike aktivitetsområdene som inngår i åleprosjektet i Storelva. Ål fanges i Sagebekken og ved Fosstveit.

Tabell 2. Avstander mellom utsettingslokaliteter og ulike gjenfangstlokaliteter i Storelva.

Fra og til	km	Niksjå	Nes Verk	Oppstrøms kraftverk	Nedstrøms kraftverk
Niksjå utsetting - utløp Niksjå	1,74				
Niksjå utløp - Ubergsvatn	1,00				
Gjennom Ubergsvatn	3,77				
Ubergsvatn - Nes verk ²	3,30				
Nes verk – Engkjerrfoss ¹	3,51				
Engkjerrfoss – Fosstveit	0,45				
Samlet vandringsavstand til Fosstveit		13,8	4,0	0,35	
Fosstveit ² - Angelstad ¹	0,75				
Angelstad – Lundevatn	4,33				
Lundevatn - Strømmen ¹	1,16				
Samlet vandringsavstand til Strømmen		20,0	10,2	6,6	6,2

2.2 Beskrivelse av nedvandringsveiene til ål innenfor Storelva

Sagebekken til Nes Verk

Det har vært ålefangst på denne lokaliteten i mer enn 100 år. Det er ført dagbøker over fangst de siste 20 årene.

Sagebekken renner ut av Sandvatn (id: 9838; vannhøyde 147 moh.). I bekken er det etablert en fangstkiste for ål. Sagebekken renner inn i innsjøen Niksjå (id: 9819; vannhøyde 97 moh.), og videre til Ubergsvatn (id: 1257; vannhøyde 75 moh.). Derfra renner vannet forbi Nes Verk til Fosstveit kraftverk (Error! Reference source not found.). Det er ca. 14 km vannvei mellom Sagebekken og Fosstveit kraftverk. Ålen må passere innsjøene Niksjå og Ubergsvatn under utvandring.

Fisk som nedvandret fra Sagebekken/Niksjå passerte PIT-antenna ved Engkjerrfoss før de ankom kraftverket. Denne PIT-antenne angir når ål ankom Fosstveit.

Nes Verk til Fosstveit

Ål fanget ved Fosstveit ble satt ut like nedstrøms Nes Verk og nedstrøms Lilleelv (**Figur 1** Error! Reference source not found.). Elva skifter mellom å være meandrende og være preget av svake stryk ned til Fosstveit. Det er ingen åpenbare vandringshindre på strekningen. Fra Nes Verk til Fosstveit er det ca 4 km. Fisk som nedvandret fra Nes Verk passerte PIT-antenna ved Engkjerrfoss før de ankom kraftverket. Denne PIT-antenne angir når ålen ankom Fosstveit.

Utvandringsruter for ål ved Fosstveit kraftverk

Ål kan benytte tre ulike nedvandringsruter forbi Fosstveit kraftverk (**Figur 2**). Hvilke ruter som er tilgjengelig vil avhenge av vannføringen i elva og drift av kraftverket. Såfremt det ikke er igangsatt tiltak vil turbinløpet representere eneste utvandringsrute for ål inntil vannføringen overstiger slukekapasitet ved kraftverket. Ål kan da passere over damkrona.

Fisk som passerte kraftverket kunne påvises på PIT-antenner utplassert 700 m nedstrøms (Angelstad) og 6 km nedstrøms (i elvemunningen; Strømmen).

Fosstveit og ut Strømmen

Fra Fosstveit til Angelstad går elva i et svakt stryk. Elva er sakte meandrerende de siste 2 km oppstrøms Lundevatn (Error! Reference source not found.). Lundevatn (ID: 9726; 2 moh) er 0,38 km² i areal og er 1,1 km langt. Mellom Lundevatn og Songevatn er det en kort elvestubb på ca. 120 m før elva renner inn i Songevatn ved Strømmen. Songevatn og den utenforliggende Nævestadfjorden har svært varierende saltnivåer, med variasjoner fra nær null til over 15 promille.

2.3 Fosstveit kraftverket

2.3.1 Tekniske data Fosstveit kraftverk

Fosstveit kraftverk sto ferdig sommeren 2008. Kraftverket utnytter et fall på 14,5 m. Det er installert en kaplanturbin (

Tabell 3). Turbinen har en diameter på 1650 mm, har fire blader og går med en hastighet på 330 omdreininger per minutt. Slukeevnen er på 16 m³/s. Navdiameter er avlest fra tegninger. Kraftverksdammen har økt vannhøyden på bak demningen med ca 6 m. Som følge av dette er det et basseng på ca. 15 200 m² oppstrøms kraftverket. Fra innløp til dette bassenget og fram til vanninntaket til kraftverket er det ca. 430 m. Turbinrørgaten er på ca. 80 m.

Tabell 3. Karakteristika for vanninntak og turbin ved Fosstveit kraftverk. Navdiameter er estimert fra tegninger.

	Fosstveit kraftverk
Varegrinda lysåpning	50 mm
Varegrinda areal	25 m ²
Turbintype	Kaplan
Antall blad	4
Diameter	1,65m
Navdiameter	0,60 m
Omdreining	330 rpm
Slukeevne	16 m ³ /s
Fallhøyde	14,5 m

2.3.2 Tiltak kraftverk

Ål som ankommer Fosstveit kraftverk har tre utvandringsmuligheter. Ål kan utvandre over damkrona (kun mulig når vannføring > slukeevnen til kraftverket), via turbininntaket eller via et tiltak etablert vinkelrett på turbininnløpet (**Figur 2, Figur 3**). Disse omtales som damløp, turbinløp og sideløp.



Figur 2. Flyfoto over Fosstveit kraftverk (kilde: Norge i bilder). Plassering av de to utvandringsrutene ål kan benytte uten tiltak er vist med røde prikker. Tiltaket er vist med gul prikk. Øverste røde prikk

angir damløp (damkrona), nederste røde prikk inntaket til turbinen (turbinløp) mens gul prikk viser plassering av sideløpet.

Tiltak ble første gang igangsatt i 2010. dette var motivert ut fra at det i 2008 og 2009 ble funnet større mengder død ål nedstrøms kraftverket.

Det var ønskelig å undersøke om det var mulig å lede ål utenom turbinløpet. Det var ikke ønskelig å igangsette ombygging av vanninntaket ved kraftverket eller tilpasse kraftverket i henhold til internasjonale råd (Adam mfl., 2005; Calles mfl., 2013a; Environment, 2009; Travade mfl., 2006). Tiltak har derfor kun bestått i å etablere en alternativ utvandnings- eller fluktrute. Den alternative utvandningsruten ble etablert ved å åpne ei slamluke plassert vinkelrett på og i underkant av varegrinda. Når bunnluka heves, eller når en ventil vi satte inn i 2011 åpnes, vil ål kunne utvandre denne ruten. Slamluka omtales heretter som sideløp. Sideløpet for ål (**Figur 3**, gul sirkel) var plassert ca 6 m under sideløpet etablert for smolt (**Figur 3**, grønn sirkel).



Figur 3. Dammen ved Fosstveit kraftverk fotografert i april 2012, med vanninntak til turbinen (gul pil), sideløp for nedvandrende anadrom fisk (grønn sirkel), og sideløp gjennom bunnluka for nedvandrende blankål (gul sirkel). Ål vil også kunne utvandre over damkrona når vannføringen i elva > slukeevnen ved kraftverket. Avhengig av vannføringen vil større/mindre deler av damkrona være åpne for utvandring. Foto: F. Kroglund.

Sideløpet ble etablert i tilknytning til varegrinda. Denne plasseringen er motivert ut fra at fisk følger hovedvannstrømmen som vil være inn mot inntaket til turbinen så lenge vannføringen er lavere enn slukeevnen til kraftverket (Travade et al., 2006; Travade mfl., 2010).

Varegrinda ved Fosstveit har en lysåpning på 50 mm. Ål vil kunne passere denne varegrinda uhindret. Mens laksefisk hemmes av en varegrind når lysåpningen er ca 2,5 ganger kroppsbredden, hemmes ikke ål. En velfungerende varegrind for ål må derfor bygges som en fysisk sperre. Internasjonalt anbefales det at varegrinder har en lysåpning < 20 mm. Varegrinda ved Fosstveit følger klart ikke denne anbefalingen.

Vannhastigheten inn mot varegrinda er også kritisk. Hvis vannhastigheten er for høy vil kritisk svømmekapasitet for ål overskrides og ålen vil ufrivillig føres inn mot varegrinda. Hvis varegrinda er breispila vil ålen passere, hvis den er mer smalspila vil ål suges fast og dø. Høy vannhastighet foran inntaket er dermed uønsket. Vannhastigheten inn mot varegrinda bestemmes av varegrindas størrelse og mengde vann som går til drift av turbinen. Varegrinda ved Fosstveit er på 25 m² og har 50 mm lysåpning. Spilene er 10 mm brede. Varegrinda har en α -vinkel på 70°. Tverrsnittet på inntaksområdet (målt ca 1 m foran varegrinda) er på 32 m². Vannhastigheten i inntaksområdet vil variere med vannmengde brukt til kraftproduksjon opp til slukeevnen til kraftverket (16 m³/s). Så lenge kraftverket benytter < 16 m³/s vil vannhastigheten foran varegrinda være < 0,5 m/s (**Tabell 4**). Lokale forhold

som innvirker på de hydrauliske betingelsene ved varegrinda gjør at hastigheten på enkeltpunkt kan være høyere eller lavere enn dette.

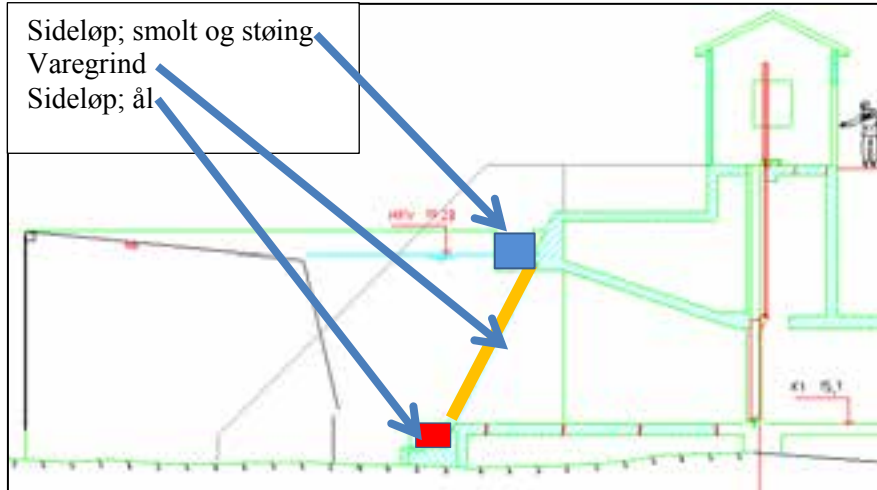
Vannføringen i elva må være minst 50 m³/s (ca 3 x slukeevnen) for at vannhastigheten i bassenget ovenfor demningen (tverrsnitt satt til 25 m lengde x 4 m dybde) skal overstige vannhastigheten inn mot varegrinda. Tverrsnittet oppstrøms damkrona er større enn dette, men areal er svært avhengig av hvor det måles. Kunnskapen om hvordan fisken navigerer i forhold til vannstrømmer og -hastigheter er fortsatt mangelfull og må utvikles for å lage mer generiske modeller (**Tabell 4**). Beregningene er her gjort for å illustrere mulige forskjeller som kan ha betydning for resultatet.

Tabell 4. Teoretiske vannhastigheter i inntaksbassenget og før damkrona/inntaket ved Fosstveit kraftverk i forhold til vannføringer i elva. Inntaket har et vertikalt areal på 32 m². Arealet for damkrona er ca 100 m². Arealet er usikkert fordi man ikke har dybdeprofil for hele området.

Vannføring i elv m ³ /s	Vannhastighet i inntaksbassenget m/s	Vannhastighet før inntaket m/s
2	0,06	0,02
4	0,13	0,04
6	0,19	0,06
8	0,25	0,08
10	0,31	0,1
16	0,50	0,16
32	0,50	0,32
64	0,50	0,64
128	0,50	1,28

Mens tiltak for utvandrende smolt er plassert i overflata, er tiltaket for ål plassert nær bunnen (**Figur 4**). Plasseringene er motivert ut fra den erfaring at smolt er overflateorientert, mens ål oftest rapporteres å være mer bunnorientert. Vi har observert at ål kan utvandre sideløpet for smolt. Begge sideløpene står vinkelrett på varegrinda. Mens tiltaket for ål er plassert lavere enn varegrinda, er tiltaket for anadrom fisk over varegrinda. Dette innebærer at det vil oppstå hydrauliske forhold i områdene omkring sideløpene som avviker fra vannstrømmene omkring selve varegrinda. Dette vurderes av oss å være en gunstig løsning, uten at vi har hatt mulighet for å dokumentere betydningen av dette. Området bak varegrinda ble opplyst i 2012. Dette ble ikke gjennomført i 2013 som følge av en misforståelse. Når lys ble satt på, ble kontakten tatt ut noen dager senere. Det var lys på slutten av utvandningsperioden. I praksis var ikke inntaket opplyst når ål vandret i 2013. Dette kan ha betydning for resultatet.


Sideløpet må tilføres vann for å fungere. Vannforbruk er derfor målt. Det å slippe vann ut sideløpene representerer en kostnad for regulant. Tiltak for ål igangsettes først når første sommerflom inntreffer, eller når det observeres død ål på elvebunnen. Tiltaket driftes så langt utover høsten som mulig og helst til vi har flere påfølgende uker uten fangst. Som følge av at slik daglig overvåking er ressurskrevende, vil tiltakene driftes over kortere tid enn selve utvandringen. Det var samtidig et mål å holde vannforbruket ut sideløpet så lavt som mulig.



Figur 4. Sideprofil av inntaksområdet til kraftverket. Sideløpet for smolt er fargelagt blått, sideløpet for ål er fargelagt rødt mens varegrinda er markert med oransje farge.

3. Fangst, merking og gjenfangstlokaliteter

3.1 Fangst, bedøvelse og merking

Blankål under nedvandring ble fanget for PIT-merking i Sagebekken og ved Fosstveit kraftverk. En andel av ålen fanget ved Sagebekken og Fosstveit kraftverk ble merket med passive integrerte transpondere (PIT)-merker . Hvert PIT-merke har en unik ID-kode. For å avgi sin unike kode må merket aktiveres. Merket kan aktiveres manuelt med bruk av en håndleser eller automatisk med bruk av en antenne/lyttestasjon. Når en fisk passerer en PIT-antenne aktiveres merket, en unik nummerkode sendes ut som sammen med passeringstidspunkt registreres på en logger. En PIT-antenne består av en leserenhet og én antennesløyfe samt logg/styringsenhet. Styringsenheten aktiverer antenna ca. 30 ganger/s. Når antenna er aktivert vil den kunne lese merker som er innenfor deteksjonsområdet. Merker som er utenfor påvises ikke. Når systemet alternerer mellom aktivering og lesing som her, klassifiseres systemet som "halv duplex". Utstyret ble levert fra Oregon Rfid. I tillegg knyttes gjenfangstdata til data innsamlet på merketidspunktet. Dermed er det mulig å fastslå hvem som passerte hvor og når. PIT-merking av ål startet i 2012 i Storelva.

Før merking ble ålen bedøvd med nellikolje. Dosen benyttet i 2013 var på 20 ml Aqui-S vet. til 10 l vann, avhengig av vanntemperatur. Ålen ble tatt ut fra bedøvelseskaret først når den var tilstrekkelig slapp til at den kunne håndteres. Bedøvelsestid økte med ålens lengde og avtagende temperatur. Det er avgjørende at ålen ikke har mulighet til å bryte vannflaten og snappe luft i bedøvelseskaret. Hvis ålen får hodet ut av bedøvelsen øker bedøvelsestiden merkbart.

For å merke ålen ble det skåret et lite snitt med skalpell gjennom huden ved ryggfinnen (**Figur 5**). PIT-merket ble ført ca. 4 cm inn mellom huden og muskelen. Såret ble limt med histoacryl (Aesculap, Tyskland). Etter merking ble ålen lengdemålt og veid før den ble satt til restituering. Ålen hadde normale bevegelser 3-5 min etter merking. Den ble holdt til observasjon før utsetting i ca. ett døgn. Det var ingen dødelighet etter merking. Ål som ikke ble merket ble kun veid. Det ble ikke påvist gjenfanget ål med merkesnitt uten PIT-merke. Vi antar derfor at merketapet var lavt.



Figur 5. Bedøvelseskar med plexiglasslokk (venstre foto.) og PIT-merket ål, der merket er halvveis inne (høyre foto). Foto: F. Kroglund

Ål kunne holdes i kar over flere døgn før merking. Utsettingsdatoer er dermed ikke lik fangst dato. Det tas hensyn til dette i all vandringsrelaterte estimat, hvor utsettingstidspunkt benyttes for $t = 0$ (starttidspunkt). For hastigheter innenfor elv beregnes hastighet fra PIT- til PIT antenne (sikkert estimat) eller fra utsetting til PIT-antenne (grovt estimat). Estimater her vil være grovt fordi vi ikke vet

når ålen gjenopptok vandring etter merking. Til sammen ble 260 ål merket ved Fosstveit kraftverk i 2013. De ble satt ut henholdsvis ovenfor kraftverket (n=178) eller nedenfor kraftverket (n=82).

3.2 Fangst- PIT-merking og utsettingslokaliteter, blankål

3.2.1 Fangstlokalitet, Sagebekken

Ål ble fanget i fangstkiste i Sagebekken (**Figur 6**). I 2013 ble fangstkista satt i drift 21. juni og driftet fram til 27. oktober. Ål fanget ved denne lokaliteten ble talt, veid og sluppet ut i den nedenforliggende innsjøen Niksjå. Fangstperioden var noe kortere i 2013 på grunn av lav vannføring om sommeren og lav temperatur om høsten. Det er ikke ønskelig å drifte fangstfella utover perioder man har en sannsynlighet for å få ål på grunn av faren for å fange mink samt bever. Hvis fella åpnes for tidlig får man også mye passer. Disse tiltrekker seg mink, men økt fare for at minken tar ålen.

Tilsammen ble 33 ål PIT-merket i 2013. Disse ble satt ut i Niksjå 19. og 30. september samt 7. oktober 2013 (**Tabell 5**). I 2012 ble 10 ål merket og satt ut 5. oktober.

I 2013 var det graving i og langs bekken for å bygge ny skogsbilvei. Det antas at denne gravingen ikke skapte problem for nedvandring.



Figur 6. Venstre: plastrør plassert i bekken som leder ål inn i transportkanal og fram til fangstkista. Høyre: Fangstkiste for fangst av nedvandrende ål i Sagebekken. Foto: F. Kroglund

3.2.2 Fangstlokalitet, Fosstveit

Sideløpet og fangstfella ble først gang utprøvd i 2010. Tiltaket og fangstanlegget er senere modifisert årlig. Fangstsystemet ble ombygd i 2013 for å øke mulighetene for å fange ål under flom. Ål som benyttet sideløpet ble ledet til en vannavskilleren plassert mellom bassenget og fangstkammeret (**Figur 7 venstre**). Det henvises til tidligere årsrapporter for detaljer vedrørende det enkelte året.



Figur 7. Fangstinnretning for ål ved Fosstveit kraftverk. Fangstkassa er innenfor rød sirkel i venstre bilde. Bunnluke kan skimtes under gul sirkel høyre bilde. Foto: F. Kroglund

3.2.3 PIT-merking av ål i 2013

Til sammen 170 ål PIT-merket ål og satt ut ved Nes verk i 2013. Utsettingene var fordelt på 5 datoer mellom 3. september og 11. oktober i 2013 (**Tabell 5**). I 2012 ble ål satt ut 6 ganger, men da kun 350 m ovenfor kraftverket (Kroglund, mfl., 2013).

Til sammen 90 ål ble satt ut nedenfor kraftverket. Disse var kontroll i forhold til ål satt ut oppstrøms kraftverket. I 2013 ble utsettingene fordelt mellom lokalitet nedstrøms turbinutløpet og minstevannføringa (MVF). I deler av databehandlingen (vandringshastigheter) evalueres dette som to separate utsettingslokaliteter. Som følge av at det ikke var forskjeller mellom gruppene, samles dataene til et endelig datasett.

Tabell 5. Datoer PIT-merket ål ble satt ut i Niksjå, oppstrøms kraftverket (Nes Verk) og nedenfor kraftverket. Det var to utsettingslokaliteter nedenfor. Den ene var i minstevannføringsløpet, den andre nedstrøms turbinutløpet. Disse er markert med grå skravur i tabellen, hvor summen av de to er angitt som nedstrøms.

2013	Niksjå	Nes Verk	Nedstrøms	MVF	Ned. k.verk
03.sep.		10	10		10
16. sep.		60	18		18
18. sep.		45	9		9
19. sep.	9				
30. sep.	4				
01.okt.		25	23	12	11
07. okt.	20				
11. okt.		30	30	30	
Sum	33	170	90	42	48

3.3 Gjenfangstlokaliteter

3.3.1 PIT-Engkjerrfossen

Ål satt ut i Niksjå, samt ål satt ut ved Nes Verk vil kunne påvises første gang på PIT-antenna plassert i Engkjerrfossen, 450 m oppstrøms Fosstveit (**Figur 8**). Denne ålen måtte deretter passere kraftverket før de på nytt kunne gjenfanges.

PIT-antenna var bygd som en liggende antenne, Denne vil i hovedsak kun påvise fisk som passerer mellom bunnen og ca 40 cm opp i vannsøyla. Når vannstanden blir for høy i forhold til antenneplasseringene vil ål som vandrer høyt i vannsøyla ikke påvises.



Figur 8. Flyfoto over området Enkjerrfoss til Fosstveit kraftverk (kilde: Norge i bilder). Kraftverket er vist med gul sirkel. Automatisk registrering av nedvandrende PIT-merket ål gjøres med bruk av PIT-antenne (gul strek) ved Engkjerrfoss.

3.3.2 PIT-Sideløp, Bru samt manuell gjenfangst av ål i fangstkassa

Ål som passerte kraftverket gjennom sideløpet ble gjenfanget i en fangstkasse plassert på utløpet samt i en PIT-antenne plassert foran inngangen til fangstkassa (**Figur 7**). Ål som unnslopp fangst, eller som utvandret over damkrona, kunne påvises i en PIT-antenne plassert i minstevannføringsløpet. Antenna i minstevannføringsløpet ble bygd som en stående antenne. Når vannføringen i minstevannføringsløpet var høy, ble denne likevel dykket og mistet deteksjon.

3.3.3 PIT-Angelstad

Første gang ål kunne påvises etter kraftverket var ved Angelstad (**Figur 9**). PIT-antenna ble bygd som en liggende antenne og vil i hovedsak kun påvise fisk som passerer mellom bunnen og ca 40 cm opp i vannsøyla. Under flom vil ål kunne passere uten deteksjon.



Figur 9. Flyfoto over Storelva fra Fosstveit til Angelstad (kilde: Norge i bilder). Kraftverket er vist med gul sirkel. Automatisk registrering av nedvandrende PIT-merket ål gjøres med bruk av PIT-antenne (gul strek) ved Angelstad. Se innskutt bilde for detaljfoto av PIT-stasjonen.

3.3.4 PIT—1870 (Strømmen)

Etter Angelstad vil ål kunne påvises i Strømmen (utløp Lundevatn) eller ca 5,5 km nedstrøms Angelstad (**Figur 10**). Denne stasjonen er plassert ca 120 m ovenfor elvemunningen. PIT-antenna her er utformet som en gjennomstrømmingsantenne. Såfremt vannføringen ikke er vesentlig høyere enn 10 m³/s, må ål passere gjennom antennesløyfa.



Figur 10. Flyfoto over nedre deler av Storelva, fra E-18 til utløpet av Lundevatn (kilde: Norge i bilder). Se innskutt bilde for detaljfoto av PIT-stasjon 1870. Strømmen (elvemunning) er ca 120 m nedstrøms PIT-stasjonen.

3.3.5 Innsamling død ål nedstrøms kraftverk

Ål som blir drept av turbinen blir erfaringsmessig liggende på bunnen av elva i området fra turbinutløpet og et par hundre meter nedstrøms, avhengig av vannføring. Død ål observeres relativt enkelt fra elvebredden da den hvite buken ofte blir liggende opp. Innsamling av død ål gjennomføres ved at det speides etter ål fra elvebredden og ved snorkling i selve elva. Snorkling kan kun gjennomføres når vannføringen er tilstrekkelig lav.

Erfaringsmessig påviser vi flere haler enn framparter av ål. Dette skyldes at framparten kan bevege seg langt, mens halen i større grad synker. Mens haler dominerer nærmest kraftverket, kan hoder dominere 1 km nedenfor kraftverket. All død ål ble sjekket for PIT-merker. Haleløs ål vil kunne passere PIT antenna ved Angelstad. Vi tror ikke haleløs ål kan passere Lundevatn (ca 6 km nedstrøms) og dermed påvises ved Strømmen.

3.4 Beregning av vandringshastigheter

Vandringshastigheter kan beregnes ut fra tid mellom to PIT-stasjoner, eller som tid fra utsetting til påvist på en PIT-stasjon eller håndleser. Tid mellom to PIT-antenner gir en nøyaktig tid. Mens tidsforbruk kan beregnes fra utsetting til gjenfangst, angir ikke denne vandringshastighet hvis ålen ikke gjenopptar vandring umiddelbart etter utsetting. Vandringshastighet er angitt som tid forbrukt mellom to punkt (meter) og oppgis som m/min. Vandringshastighet er også beregnet som kroppslengde/s for å ta bort en eventuell størrelseskomponent.

3.5 Vandringsatferd til PIT-merket ål

PIT-merket ål kan påvises når den ankommer og passerer en antenne. Tidspunktet en ål passerer en antenne tolkes her som at fisken var på vandring. Passeringstidspunktet sier ikke isolert noe om når vandringen ble påbegynt, eller hvor mange timer pr dag fisken var vandringsaktiv. Når data sammenstilles fra mange ål antyder passeringstidspunktene hvilke deler av døgnet ålen var under vandring.

I 2012 kunne ål passere tre PIT-antennestasjoner, mens de kunne passere fire i 2013. Vandringstidspunkt er angitt som klokkeslettet en ål passerte en PIT-antenne. Samme ål kan passere flere antenner. Avstanden mellom antennene gjør at man kan se på hver passering som en uavhengig begivenhet.

Tidspunkt for når ål utvandret sideløpet kan være påvirket av kraftverket, men klokkeslettet de ble detektert på kan også være påvirket av hvor raskt ål beveget seg fra sideløp til fangstkassa. Tidspunkt for passering på de andre stasjonene burde representere "uhindret" elveavsnitt. Ål hadde vandret 3.5 km før den ankom Engkjerrfoss (kun brukt i 2013). Ål påvist ved Angelstad hadde vandret 0,75 km etter kraftverket, mens ål påvist ved Strømmen hadde vandret 6,2 km før passering.

3.6 Beregning av vannføring til de ulike vannløpene forbi Fosstveit

Vannføringen i Storelva måles ved Lundevatn (id: 18.4.0), lokalisert ca 6 km nedstrøms Fosstveit. Vannføringsbidraget fra områdene mellom kraftverket og Lundevatn er på ca 13 %. Det benyttes arealkorrigert vannføring (Q_{tot}) når ålens bruk av de ulike utvandringløpene evalueres. Endringer i vannføring vil registreres seinere ved Lundevatn enn tidspunktet de inntreffer på ved Fosstveit. Det er ikke korrigert for denne tidsforsinkelsen.

Vann kan passere kraftverket på fire steder; turbin, sideløp, damkrona og laksetrappa. Laksetrappa (Ql) tilføres ca 350 l/s kontinuerlig. Vannføringen i sideløpet (Qs) ble variert innen sesong og mellom år. Vannføringen tilgjengelig for turbindrift vil da være Q_{tot} minus (Qs+Ql). Når kraftverket står, eller når vannføringen i elva medfører at slukekapasiteten til kraftverket (16 m³/s) overskrides, vil alt overskytende vann gå over damkrona (Qd). De ulike beregningsmetodene er gitt i **Tabell 6**.

Vi antar at ålens bruk av de ulike utvandringmulighetene vil være knyttet til hvilke andeler av vannet som går hvor. Andel vann ut sideløpet i forhold til turbinvannføring beregnes som Q_s/Q_t . Andel vann

over damkrona i forhold til totalvannføringen beregnes som Q_d/Q_{tot} . Når andel vann over damkrona knyttes til turbinvannføringen beregnes Q_d/Q_t . Når kraftverket står beregnes også Q_s/Q_d .

Tabell 6. Beregningsmetoder for ratio (%) vann over damkrona (Q_d) og sideløp (Q_s) i forhold til turbinløp (Q_t). Det er i beregningene tatt hensyn til vann sluppet ut laksetrappa (Q_l).

Enhet	Gjelder for	Beregningsgrunnlag
Q_{tot}	Vannføringen i elva	Arealjustert vannføring fra Lundevatn
Q_l	laksetrappa	350 l/s
Q_t	Vannføring inn i turbin	= Q_{tot} minus (Q_s+Q_l) når vannføringen < 16m ³ /s =16 m ³ /s når vannføringen > 16 m ³ /s
Q_s	Vannføring sideløp	Beregnet vannføring ut fra størrelse på åpning
Q_d	Vannføring over damkrona	= Q_{tot} minus ($Q_s+Q_t+Q_l$) når KV er i drift = Q_{tot} minus (Q_s+Q_l) når KV står

3.7 Bestandsestimat

Petersen estimat

Ut fra merke-gjenfangst er det også mulig å beregne størrelse på den utvandrende bestanden med et Peterson estimat. Dette kan gjøres for bestanden ovenfor Fosstveit. Ricker (1975) har diskutert de grunnleggende elementene i merke gjenfangstestimer. Bruk av merke gjenfangst til å angi effektivitet og bestandsstørrelse har noen forutsetninger. Disse er omtalt fylldig i Ugedal mfl. (2013).

I et Peterson estimat kan fangst og gjenfangst av ål ut sideløpet summert over hele perioden benyttes i estimatet. Estimatet må korrigeres for ål som utvandret før det var PIT-merket ål i systemet (Schwarz &Seber, 1999; Schwarz &Taylor, 1998). Størrelse på den utvandrende bestanden kan da beregnes ut fra gjenfangst av PIT-merket ål satt ut ovenfor kraftverket og fangst av umerket ål ut sideløpet. Metoder er også benyttet på gjenfangst av død PIT-merket ål nedstrøms kraftverket i forhold til samlet fangst av død ål.

Hvis vi antar at fangstsannsynligheten er konstant gjennom hele perioden, kan bestandsstørrelse ovenfor Fosstveit estimeres med Petersens metode:

$$N = \frac{(M+1)(C+1)}{R+1} \quad (1)$$

$$\text{Variansen til } N = \frac{(M+1)^2(C+1)(C-R)}{(C+1)^2(R+2)} \quad (2)$$

$$\text{Standard error} = \sqrt{\text{Variance til } N} \quad (3)$$

C= total fangst av fisk ved andre fangsttidspunkt

M=antall fiske fanget, merket og sluppet på tidspunkt én

N=bestandsestimat

R=antall gjenfangster i andre fangsttidspunkt

t=Student t for C-1 frihetsgrader

Metoden forutsetter at merket ål blander seg med umerket ål, at det ikke er forskjeller i overlevelse og at det ikke er merketap. Bestanden skal også være lukka. Når metoden benyttes på fisk under vandring, og når det er flere utsetninger, kan man ikke anta at alle forutsetningene er oppfylt. Estimatet antyder likevel et nivå. Ål som ble fanget ut sideløpet før det var PIT-merket ål i systemet inkluderes

ikke i estimatet, men inkluderes deretter i beregningene av samlet utvandring. Det tas følgelig hensyn til disse i totalestimatet. Her antas det at disse hadde samme fangstsannsynlighet som de påfølgende PIT-merkede ålene hadde

3.8 Fangst av oppvandrende gulål (ålefaringer) forbi Fosstveit kraftverk

Det er utviklet en rekke metoder for å lede oppvandrende ål forbi demninger og kraftverksturbiner (Porcher, 2002). I 2011 testet vi en enkel felle (**Figur 11**). Fella får vann fra laksetrappa. Vannet ledes ned til et oppvandringsrør samt til et fangstkammer. Dette sikrer at ålen har vann å svømme og krype oppover i, samt at ål som er fanget får friskt vann. Oppvandringsrøret besto av et 3 m langt 110 mm PVC-drensrør som var fylt med enkammat (**Figur 11**). Inntaket for ålefella var plassert på land og ca. 5 m fra vannkanten. Oppvandringsfella for ål er driftet årlig siden 2011. Oppvandringsfella ble ettersett og tømt ca. hver tredje dag av Torleif Gidly Berge. Ålen ble talt og delt inn i lengdeklasser. All ål fanget ble satt ut oppstrøms Fosstveit kraftverk. Driftsperiodene er angitt nedenfor (**Tabell 7**).

Tabell 7. Perioder oppgangsfella ved Fosstveit ble driftet årene 2011 til 2013.

År	Start	Slutt
2011	29. juni	7. nov
2012	9. mai	19. sep
2013	23. mai	6. okt



Figur 11. Oppvandringsfelle for ål plassert ved inngangen til nedre laksetrapp ved Fosstveit kraftverk (venstre foto). Enkammat (vevde plasttråder, høyre foto) ble lagt inn i røret for å hjelpe ålen med å vandre opp i fella. Foto: F. Kroglund

3.9 Fysio-kjemiske forhold

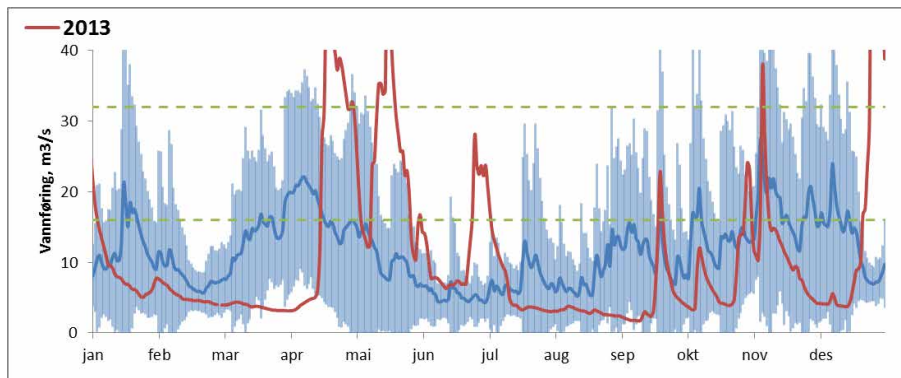
Vannføring logges som timesverdier ved NVE-stasjon 18.4.0 Lundevatn (sanntidsstasjon). Verdiene som kan lastes ned derifra er ukorrigerede, og kan avvike fra verdier som hentes fra NVE-basen HYDRA i ettertid. Ettersom dette normalt vil innebære ett års tidsforsinkelse i analyser benytter vi her kontrollerte data fram til sommeren 2013 og ukontrollerte data deretter.

Basert på areal vil vannføringen målt ved Lundevatn være i overkant 10 % høyere enn det som passerer ved Fosstveit. Vi har her valgt å ikke korrigere vannføringen ut fra areal, ettersom vi ikke kjenner daglig vannbidrag fra sidefeltet Skjerka, samt hvordan vannmagasinene i Vegår og Ubergsvatn driftes. Feilen vil normalt være ubetydelig, men kan øke i perioder med mye lokal kystnær nedbør eller i perioder hvor magasinene ovenfor Fosstveit tappes/fylles. Data fra årene 2010 til 2012 er tidligere rapportert. Her er fokus på 2013 spesielt, og samtlige år generelt.

4. Miljøforhold, 2010-2013

4.1 Vannføring, 2013

Fra tidlig juli og fram til 16. september 2013 var vannføringen lav ($3,0 \pm 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) (**Figur 12**). Den 16. september var det en liten flom som varte i 4 dager, hvorpå vannføringen gradvis avtok, men forble på et nivå $>5 \text{ m}^3/\text{s}$ fram til 6. og 7. oktober. Det var da en ny liten flom. Neste flom kom 23. oktober. Slukeevnen til kraftverket var overskredet 28. og 29. oktober samt 3. til 7. november. Resten av perioden var vannføringen lavere enn slukeevnene til kraftverket. Disse dagene var det vann over damkrona som følge av høy vannføring.



Figur 12. Daglig vannføring ved Lundevatn i 2013 (rød strek). Middelverdien ($\pm 1 \text{ SD}$) for årene 2003 til 2012 er inkludert som blå strek. Vannføringsnivåene 1 og 2 ganger slukeevnen til kraftverket er vist med grønne stiplede linjer. Når vannføringen er $> 16 \text{ m}^3/\text{s}$ (+ 10 % som arealkorrigeringsfaktor) vil det gå vann over damkrona.

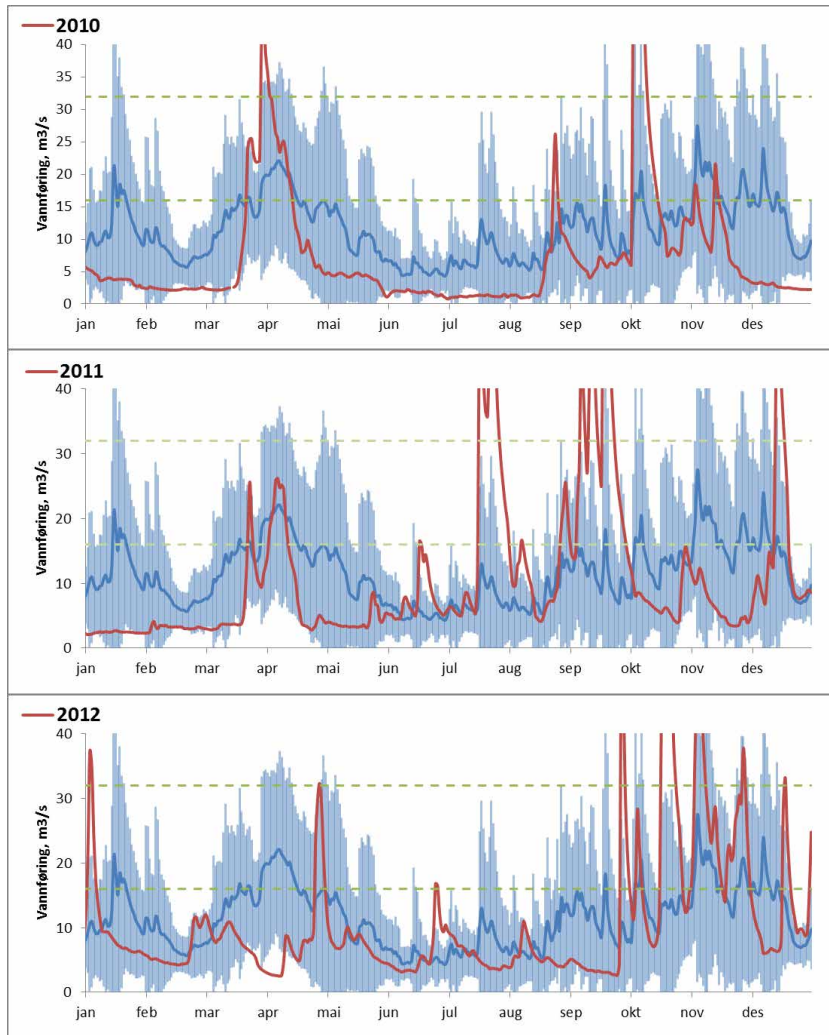
4.2 Vannføring, 2010-12

Vannføring over damkrona har hatt like fokus i tidligere rapporter. I 2010 og 2011 vil det ikke ha vært mulig å registrere ål som utvandret denne veien ettersom ål ikke ble merket med PIT. I 2012 utvandret det ål over damkrona, men første seint i sesongen (fra 27. september). Kraftverket stanset produksjon samme dag. Dermed var turbinløpet utilgjengelig. I 2013 var vannføring og drift ved kraftverket mer komplekst sammensatt. Dermed ble det svært nødvendig å øke fokus på bruk av damkrona.

Vannføringen i Storelva kan overskride slukeevnen til kraftverket alle måneder, men dette skjer primært fra september (**Figur 13**). Samtidig har det vært stor år til år variasjon i antall dager, eller i prosentandel av dagene med høy vannføring (**Tabell 8**). Forskjellen mellom årene kan antas å påvirke nedvandringstryknet til vandrende ål. Høy vannføring om våren og forsommeren kan hemme oppvandring av ål. Høy vannføring om høsten gjør damkrona tilgjengelig som utvandringrute.

Tabell 8. Antall dager vannføringen målt ved Lundevatn oversteg kraftverkets slukeevne på $16 \text{ m}^3/\text{s}$ årene 2010 til 2013.

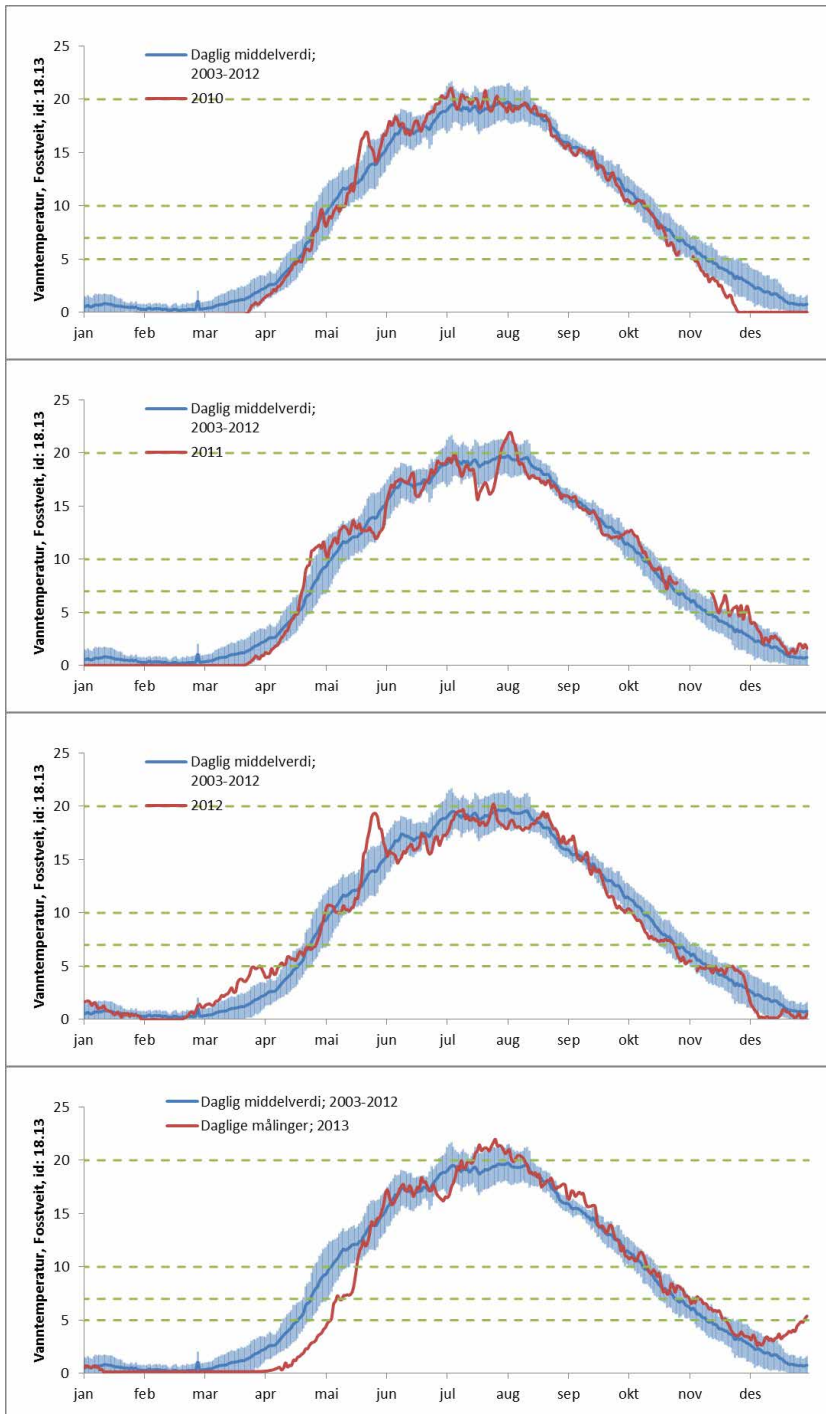
	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Antall	%-andel
2010	0	0	3	0	13	4	20	11
2011	2	14	6	26	0	0	48	26
2012	2	0	0	5	14	28	49	27
2013	7	3	0	2	4	5	21	12
Sum	11	17	9	33	31	37	138	19



Figur 13. Daglig vannføring ved Lundevatn i 2010-2012 (rød strek). Middelerdien (± 1 SD) for årene 2003 til 2012 er inkludert som blå strek. Vannføringsnivåene 1 og 2 ganger slukeevnen til kraftverket er vist med grønne stiplede linjer. Når vannføringen er $> 16 \text{ m}^3/\text{s}$ (+ 10 % som arealkorrigering) vil det gå vann over damkrona.

4.2.1 Vanntemperatur; 2012-2013

Vanntemperatur måles ved Fosstveit av NVE. Temperaturutvikling for årene 2010 til 2013 er vist i **Figur 14**. Temperaturen passerte 5°C i perioden mellom 10. april og 6. mai. Maksimumstemperatur ble notert i perioden mellom 4. og 22. juli. Temperaturen sank under 15°C i september og under 5°C i november. Det var stor år til år variasjon i når de ulike temperaturrensene ble passert.



Figur 14. Daglige temperaturmålinger ved Fosstveit 2010-2013. Data er hentet fra NVE-basen HYDRA. Der målinger mangler, er data supplert fra driftskontroll for kalking.

Tabell 9. Datoer ulike temperaturgrenser ble passert årene 2010 til 2013. Grensene er satt med 5°C inkremitter. Dato for maksimaltemperatur er angitt.

	>5	>10	>15	Maks	<15	<10	<5
2010	22.apr.	9. mai	20. mai	5. juli	4. sep	11. okt.	4. nov
2011	20.apr.	26.apr.	11. juni	4. juli	7. sep	12. okt.	26. nov
2012	10.apr.	3. mai	22. mai	9. juli	8. sep	4. okt.	5. nov
2013	6. mai	19. mai	8. juni	22. juli	16. sep	11. okt.	20. nov

4.3 Utvandningsruter tilgjengelig for ål; 2010-2013

Ål kunne passere Fosstveit tre steder:

Utvandningslokalitet	Tilgjengelighet
Turbinløp	når det er produksjon og ål ikke forhindres fra å innvandre
Sideløp	når det er åpnet og har egenskaper ål finner attraktive
Damkrona	når kraftverket står, eller når vannføringa overstiger slukeevnen.

Antall utvandrende umerket ål er basert på fangst av ål i sideløpet samt ved å samle inn død ål (haler) nedenfor kraftverket. Bruk av damkrona kan ikke dokumenteres for umerket ål ettersom det ikke er etablert noe fangstsystem her. For å få et mål for hvilken andel av ålen som benyttet damkrona i forhold til sideløp og turbinløp, ble PIT-merket ål satt ut ovenfor kraftverket. Ål påvist på PIT-antenna i minstevannføringsløpet og som ikke ble påvist ut sideløpet antas å ha utvandret over damkrona. All ål som ble samlet inn død nedenfor kraftverket ble undersøkt for PIT merker med håndleser. Død ål med PIT-merke har benyttet turbinløpet.

I 2012 og 2013 ble satt ut PIT-merket ål ovenfor kraftverket. I 2012 nedvandret ingen av disse ålene før om kvelden 25. september 2012 (**Tabell 10**). Ål benyttet også damkrona som utvandningsrute i 2013. Det konkluderes allerede her med at damkrona er en viktig utvandningsrute, en rute som ikke ble undersøkt i 2010 og 2011. Bruk av damkrona vil være nært knyttet til vannføring over damkrona. Ål kan ha benytte damkrona for utvandring samtlige år. Damkrona var tilgjengelig som følge av høy vannføring i 16 dager i 2010, 36 dager i 2011, 25 dager i 2012 og 12 dager i 2013. Damkrona var tilgjengelig som følge av driftsstans null dager i 2010, 19 dager i 2011 og 2012 og i 30 dager i 2013 (**Tabell 10**).

Utvandningsruten var ukjent for noen ål. Kraftverket hadde kjølevannsproblemer og var ut av drift flere ganger høsten 2013 (**Tabell 10**, **Tabell 11**). Alt vann gikk da i minstevannføringsløpet og PIT-antenna i minstevannføringsløpet ble da stående på dypt vann. Vi erfarte også i 2012 at deteksjon på liggende PIT-antennene var lav når vannføring var høy. Deteksjon på stående antenner var derimot normal. Vi tolker dette til å bety at vandrende ål går høyt i vannsøyla og dermed unngår deteksjon når vannstanden øker > 40 cm over antennekabelen (deteksjonsarealet). Ål som vi ikke kjente utvandningsruta til ble normalt påvist nedstrøms kraftverket. Når vi kjenner vandringshastigheten til ål var det mulig å anslå når den hadde passert kraftverket. Basert på dette samt kunnskap om når kraftverket hadde/ikke hadde produksjon var det rimelig enkelt å sannsynliggjøre hvor ålen hadde utvandret.

Tilnærmet all ål satt ut nedstrøms kraftverket ble påvist både på PIT-antennene plassert på Angelstad og i Strømmen. Det vanlige var at ål som utvandret sideløp eller damkrona også ble påvist på begge antennene. En andel av ålen som ble satt ut ovenfor kraftverket og som mest sannsynlig utvandret turbinløpet, ble kun påvist på Angelstad. Det antas at denne var død, hvor "hodet" med PIT-merket passerte antenna og gav deteksjon, mens halen (kriterium for antall som utvandret turbinløpet) normalt ble funnet mellom kraftverket og Angelstad. Følgende kriterier er lagt til grunn for å bestemme utvandningsrute:

Utvandningslokalitet	Kriterier
Sideløp	Påvist på PIT-antenne ved fangstkassa eller fanget i fangstkassa
Turbinløp	Påvist død Påvist på PIT-antenne nedstrøms kraftverket hvor: - dato tyder på turbinløp; påvist Angelstad, men ikke Strømmen = død - dato tyder på turbinløp; påvist Angelstad og Strømmen = levende
Dam	Påvist på PIT-antenne: - dato tilsier utvandring når kraftverket var ut av drift - PIT antenne i minstevannføringa, men ikke sideløp

Vi antar her at død ål ikke kan svømme 5 km i elv samt 1 km i innsjø hvis den mangler hale. Levende ål brukte ca 4 døgn på å tilbakelegge denne strekningen. Hvis ål uten hale kan svømme hele strekningen vil vi ha underestimert dødelighet, men ikke utvandningsrute.

Tabell 10. Perioder åleutvandringen er overvåket, perioder vannføringen i elva har overskredet slukeevnen til kraftverket ($>16 \text{ m}^3/\text{s}$) og perioder kraftverket har stått som følge av driftsstanser årene 2010 til 2013.

År	Periode utvandring er dokumentert over			Vannføring	Antall	Driftsstans	Antall
	Start	Slutt	Dager	$> 16 \text{ m}^3/\text{s}$	Dager	ved kraftverk	Dager
2010	22. aug.	20. sep.	29	24-26 aug. 3.-15. okt.	3 13	Nei	0
2011	18. jun.	07. nov.	84	27. aug. til 1. okt.	36	27. juli-15. august	19
2012	28. aug.	14. okt.	47	25. sep. til 7. okt. 15. okt. til 30. nov.	12 13	Fra 25. sep til 15. okt.	19
2013	16. aug.	10. nov.	86	17.-20. sep. 27.-30. okt. 5.-8. okt.	4 4 4	2 lengre perioder flere korte perioder Se tabell 10	17+13

Tabell 11. Perioder kraftverket hadde produksjon (På) eller var stanset (Av) i 2013. Antall timer På/Av er angitt.

Start periode	Slutt periode	Drift kraftverk	Timer	Turbinløp	Sideløp	Vann over damkrona
17/7 10:00	30/7 23:00	Av	325	Nei	Nei	Ja
30/7 23:00	29/8 12:00	På	709	Ja	Nei	Nei
29/8 12:00	14/9 19:00	Av	391		Ja	Ja
14/9 19:00	15/9 00:10	På	5	Ja	Ja	Nei
15/9 00:10	15/9 12:00	Av	12		Ja	Ja
15/9 12:00	18/9 04:00	På	64	Ja	Ja	Ja
18/9 04:00	18/9 16:00	Av	12		Ja	Ja
18/9 16:00	26/9 13:00	På	189	Ja	Ja	Ja 2 dager
26/9 13:00	26/9 20:00	Av	7		Ja	Ja
26/9 20:00	30/9 11:30	På	87	Ja	Ja	Nei
30/9 11:30	11/10 16:30	Av	269		Ja	Ja
11/10 16:30	Resten av perioden	På	>>	Ja	Ja	Ja 7 dager

4.3.1 Vannforbruk i sideløpet; 2010 til 2013

Fra 2010 til 2012 ble vannføringen i sideløpet holdt konstant over lengre perioder (**Tabell 12**). Hypotesen var at ål benyttet sideløpet som funksjon av vannføring. Analyser av utvandningsdata fra 2010 til 2012 antydde at en modell basert på vannføring i sideløpet/vannføring (Q_s/Q_t) i turbinløpet gav en bedre prediksjon. Q_s/Q_t vil variere med vannforbruket i sideløpet samt vannføringen i elva. Det ble i 2012 konkludert med at %-andel av ålen som benyttet sideløpet fremfor turbinløpet var knyttet til vannføringen ut av sideløpet (Kroglund mfl., 2013). Når sideløpet ble tilført minst 4 % av turbinvannføringen (Q_s/Q_t), benyttet >70 % av ålen denne utvandningsruten. Denne konklusjonen var basert på fangst av umerket ål, hvor ål som utvandret over damkrona ikke inngikk i estimatene.

I 2013 var det et mål å holde en vannføring ut av sideløpet så nært 4-5 % av turbinvannføringen som praktisk mulig. Sideløpet var tilgjengelig for utvandring hele utvandningsperioden (**Tabell 13**). Med unntak av perioden 15. til 17. september var vannføringen ut av sideløpet betydelig høyere enn 4 % av turbinvannføringen i 2013. Når det gikk vann over damkrona, passerte i størrelsesorden 70 til 85 % av totalvannføringen denne veien. Basert på drift av kraftverket og hvilke vannveier som var tilgjengelig,

ble det identifisert 8 tidsperioder i 2013. Hver periode hadde sin unike kombinasjon mellom turbinvannføring, vannføring i sideløp og over damkrona (**Tabell 13**).

Tabell 12. Tidsperioder sideløpet var tilgjengelig for ål ved Fosstveit kraftverk i perioden 2010 til 2013. Det er oppgitt på hvilken måte sideløpet var etablert (heve bunnluke/bruk av slange) dimensjoner åpningen til sideløpet samt vannmengde (l/s) ut av sideløpet.

År	Metode	Dimensjon sideløp	Periode	Vannføring sideløp l/s
2010	Bunnluke heva	10,0x20 cm	10. aug. – 17. sep.	180
		14,5x20 cm	17. sep. – 03. okt.	260
2011	Sideløp m/slange	150 mm diameter	18. jun. – 11. okt.	100
		200 mm diameter	11. okt. – 07. nov.	170
2012	Sideløp u/slange	200 mm diameter	29.aug. – 14. okt.	264
2013	Sideløp u/slange	200 mm diameter	16. aug. – 29.aug.	200
	Bunnluke heva	8,5 cm	29.aug. – 15.sep.	470
	Sideløp u/slange	200 mm diameter	15.sep. – 18. sep.	200
	Bunnluke heva	8,5 cm	18.sep. – 27.okt.	470
	Bunnluke heva	14,5 cm	27. okt. ut perioden	800

Tabell 13. Perioder det var drift ved kraftverket (KV), vannføring (m³/s) innenfor periodene og vannforbruk i sideløpet (l/s) høsten 2013. "BL" angir bruk av bunnluka, hvor tallverdien angir hvor høyt denne ble åpnet.

	KV Drift	Dimensjon sideløp	Vannføring i perioden m ³ /s	Vannføring sideløp l/s
16.aug. til 28. aug.	Ja	20 cm ventil	2,5±0,2	200
28.aug. til 15. sep.	Nei	BL 8,5	1,9±0,4	490
15. sep. til 17. sep.	Ja	20 cm ventil	3,4±2,1	200
17. sep. til 20. sep.	Ja/Nei	BL 8,5	13,8±5,9	490
20. sep. til 27. sep.	Ja	BL 8,5	8,2±3,9	490
27. sep. til 30. sep.	Ja	BL 14,5	4,2±0,3	840
30. sep. til 14. okt.	Nei	BL 14,5	5,9±2,7	840
Fra 14. okt.	Ja	BL 14,5	11,6±7,5	840

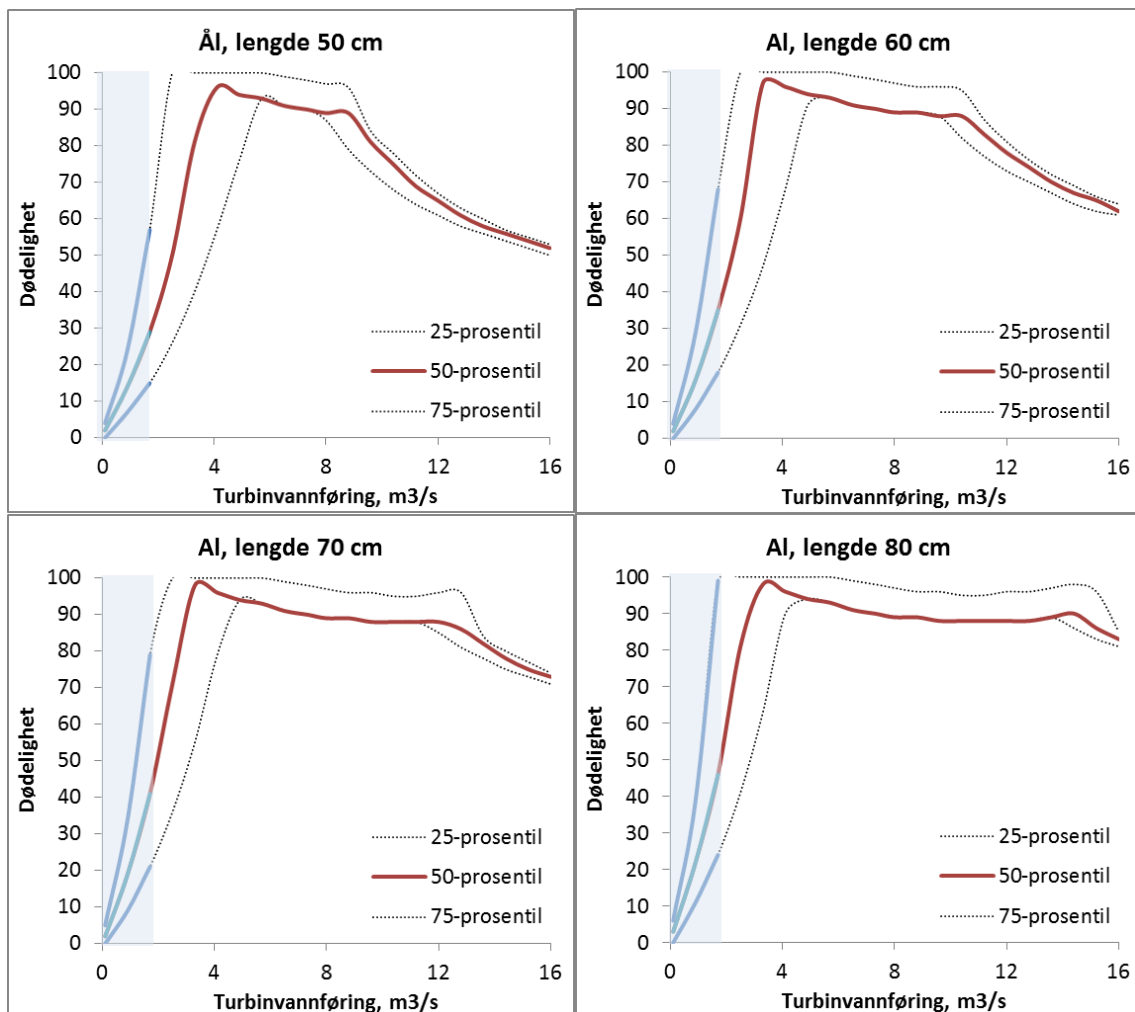
4.4 Modellert overlevelse til ål forbi kraftverksturbin

Det finnes flere modeller for å estimere sannsynlighet for at fisk dør ved passasje gjennom turbiner. Gomes og Larinier (2008) sammenstilte resultat fra 71 forsøk med ålepasseringer gjennom kraftverksturbiner og utviklet tre prediktive modeller for dødelighet. Selve beregningsgrunnlaget ble gitt i årsrapport for 2012 og repeteres ikke her (Kroglund mfl. 2013). Når medianlengden til ål i Storelva er omkring 67 cm, forventes dødelighet å være mellom 55 og 65 %; noe lavere for kort ål og betydelig høyere for lang ål.

Kjell Leonardsson ved Sveriges landbruksuniversitet (SLU) har utviklet en turbinslagmodell innenfor prosjektet "Krafttag ål". Modellen bygger på modelltilpasninger og parameterisering av data fra Monténs arbeider (Montén, 1985), samt data fra en rekke modeller for treffsannsynlighet av fisk (Leonardsson, 2012). Modellen kan anvendes for å gi et bilde av mulig dødelighetsnivå og for å identifisere forhold hvor man kan forvente lav versus høy dødelighet. I modellen inngår turbintype, turbinens maksimale kapasitet (m³/s), turbin- og navdiameter, rotasjonshastighet (rpm) samt antall blader. Data som inngår i modellen er fiskelengder samt karakteristika for turbinen (**Tabell 3**). Det understrekes at dette er modellresultater, og for å oppnå pålitelige tall for dødelighet gjennom kraftverket må dette undersøkes spesifikt ved hvert kraftverk. Foruten død knyttet til turbintreff, kan ål

også dø som følge av forhold knyttet til inntaket, varegrinda og til avløpet. Dette er faktorer som ikke inngår i modellen. Faktisk død vil dermed kunne bli høyere enn estimert.

Sannsynlighet for at ål dør øker med økende vannføring opp til ca 1/3 av slukeevnen, for å avta når vannføringen passerer 2/3 slukeevne. Økningen i dødelighet skyldes økende vannhastighet forbi turbinen. Avtagende dødelighet ved vannføringer høyere enn 2/3 av slukeevnen skyldes at turbinblader og ledehjul har mer gunstige vinkler. Sannsynlighet for å dø øker også med fiskens lengde. I Storelva vil vannføringer mellom ca 3 og 10 m³/s være mest skadelig for ål (**Figur 15** *Error! Reference source not found.*).



Figur 15. Modellert turbindødelighet basert på turbin karakteristika ved Fosstveit kraftverk. Modellen er utviklet av Kjell Leonardsson ved Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

5. Resultater og diskusjon

5.1 Nedvandring av ål i Sagebekken

5.1.1 Antall og størrelse

Samlet ble det i 2013 fanget 45 ål i fangstkassa i Sagebekken (**Tabell 14; Figur 16**). Antall ål fanget var lavest i 2012, mens antall i 2013 var nest laveste registrert siden ålefangsten begynte i 1994. Dette kan gjenspeile den generelle nedgangen observert i hele Europa. Dette kan også skyldes vannføring i forhold til ideelt nedvandringstidspunkt. Dersom dette er tilfelle så er det ål som står igjen og som vil komme som fangst neste år og seinere fangstsesonger. Det kan også være en lokal forklaring som faller sammen med at det er ca. 10 år siden den nye Hammerdammen ble bygd på Nes Verk. Denne har gjort det vanskeligere for gulålen å komme lenger opp i vassdraget. Hammerdammen eksisterte også den gang det var stor fangst av ål ut av Vegår, så betydningen av Hammerdammen som oppvandringshinder er klart usikker.

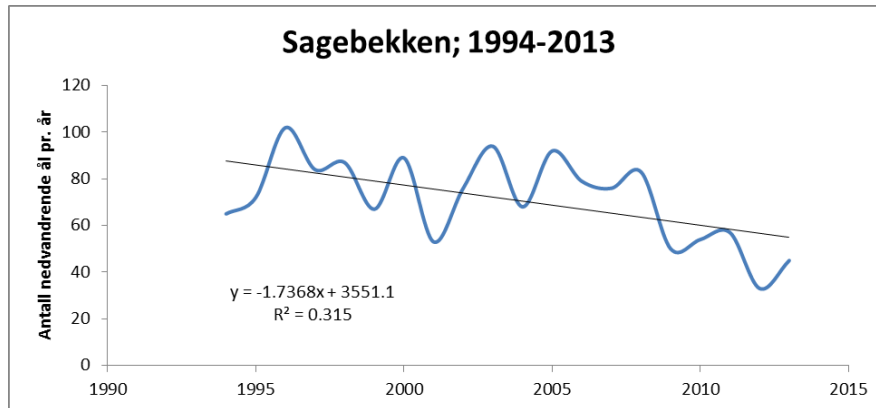
Ål fanget i Sagebekken som ble PIT-merket i 2013 var 67 ± 6 cm og veide $0,56 \pm 0,13$ kg. Snittvekt på ål fanget ($n=45$) i 2013 var på 0,62 kg (**Tabell 15**). Snittvekta har vært økende de siste årene. Ål som fanges i Sagebekken har stort sett hatt utseende som blankål, men en andel av ålen er brunere enn den som fanges ved Fosstveit. Grad av "blankhet" er ikke bestemt ut fra ulike morfometriske målinger. Forskjellene i blank/brunhet kan tyde på at ikke all vandrende ål fanget i Sagebekken er utvandrende.

Tabell 14. Daglig fangst av ål i 2013. Alle vektene er oppgitt som kilo.

Dato	Vekt (kg)	Antall
24. juni		0,5
25. juni		0,64; 0,30
30. juni		0,48 ; 0,53
4. juli		0,67
16. sept	0,7; 0,51; 0,42; 0,49; 0,57; 0,55; 0,40; 0,58; 0,61	9
23. sept		0,60
25. sept		0,50
28. sept		0,54
29. sept		0,49
1. okt		0,75
5. okt	0,84; 1,42; 0,59; 0,65; 0,49; 0,72; 0,59; 0,52; 0,66 0,68; 0,51; 0,75; 0,54; 0,67; 1,41; 0,85	16
6. okt		0,54; 0,56; 0,51
9. okt		0,42; 0,44; 0,51
24. okt		0,71
25. okt		0,67; 0,59
Antall		27,67

Tabell 15. Antall ål samt gjennomsnittsvekt og total fangst i kilo for årene 2010 til 2013.

	Antall	Gj.vekt	Total kg fangst
2010	52	0,536	27,86
2011	54	0,608	32,85
2012	33	0,567	18,71
2013	45	0,615	27,67



Figur 16. Årlig fangst av ål i Sagebekken siden 1994 ($y = -1,74x + 3551$; $p = 0,32$).

5.1.2 Overlevelse til ål fra Sagebekken under nedvandring

I 2012 ble det merket 10 ål fra Sagebekken. Av disse ble fem påvist forbi kraftverket og tre ut av vassdraget. I 2013 ble det merket 33 ål fra Sagebekken. Av disse ble 15 påvist forbi kraftverket mens 8 ble påvist ut av vassdraget. Basert på dette påviser vi kun halvparten av ålen satt ut i Niksjå etter utsetting. Den lave overlevelsen avviker fra det som erfares for ål satt ut nedstrøms Fosstveit kraftverk (se senere).

5.1.3 Vandringshastighet

Ål merket og sluppet i Niksjå brukte 231 timer fra utsetting til de passerte kraftverket i 2012 (Tabell 16). I 2013 brukte ålen 553 timer på samme strekning. Dette gir vandringshastigheter på henholdsvis 1,0 og 0,4 m/min. Ålen vandret dermed ca 2,5 ganger raskere i 2012 enn 2013. Forskjellene her kan skyldes forskjeller i vannføring og temperatur, men også tidspunkt for utsetting.

Ålen brukte ca 2 dager på å passere kraftverket (tid fra Engkjær foss til utvandret sideløp) i 2013. Denne type data foreligger ikke fra 2012. Etter kraftverket vandret ål med hastigheter på 0,7 m/min i 2013, mens den vandret med en hastighet på 0,4 m/min ovenfor kraftverket. Tid brukt på å passere kraftverket (ca 2 dager) forklarer ikke forskjellene i vandringshastighet ovenfor og nedenfor kraftverket.

Tabell 16. Tidsforbruk (timer) mellom utsetting i Niksjå til ålen passerte kraftverket (KV) og tidsforbruk målt mellom PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen. Mellom utsettingslokalitet og kraftverket er det 13,8 km, mens det er 5,5 km mellom de to PIT-antennene. Median vandringshastighet (m/min) er beregnet ut fra dette.

		2012	2013	2012	2013
		Niksjå til KV		Angelstad til Strømmen	
Antall (n=)		5	15	3	8
25-prosentil	Timer	226	444	2,4	23,3
Median	"	231	553	2,6	36,5
75-prosentil	"	277	716	73,3	50,7
Median hastighet	m/min	1,00	0,42	9,93	0,73

5.2 Nedvandring ål ved Fosstveit, 2013

5.2.1 Fangst av umerket ål ved Fosstveit, 2013

Våren 2013

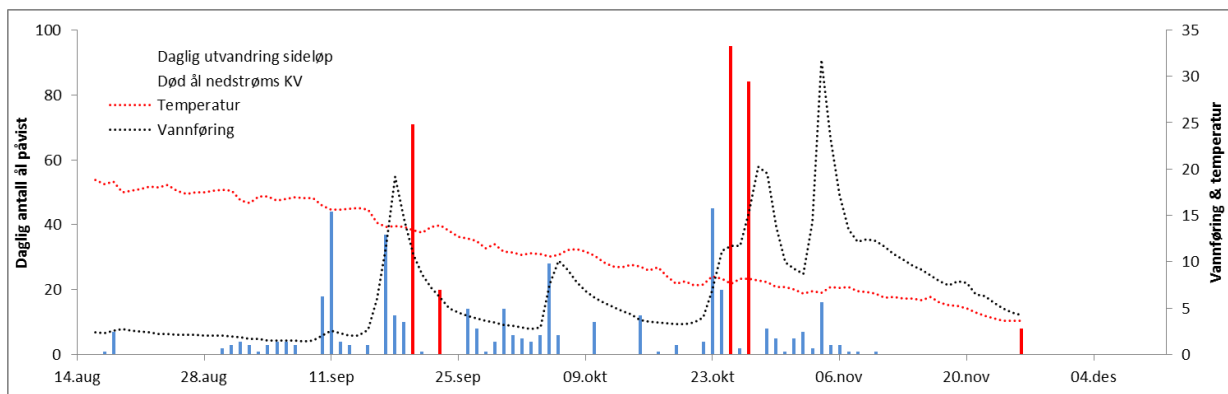
Det ble kun sett en ål våren 2013. Denne utvandret overflatetiltaket for smolt. Få ål våren 2013 skyldes at det ikke foregikk smoltfangst nedenfor kraftverket. Samtidig var det stor flom i elva. Antall påvist er derfor mest sannsynlig klart underestimert.

Høsten 2013

Sideløpet ble åpnet 16. august. Det var lite ål i fangstkammeret før i september (**Figur 17**). De første ålene utvandret sideløpet på avtagende vannføring. Første store fangst kom sammen med en liten vannføringsøkning 10. september. Neste store dagfangst kom 16. september, når vannføringen økte fra 2,7 til 6,1 m³/s. Siste periode med høy fangst var 23. og 24. oktober. Vannføringen økte da fra ca 3 til i overkant av 11 m³/s.

Det var tilsammen 13 dager med >10 ål/dag. Disse dagene kom 66 % av all ål. Hele utvandningsperioden varte minst 90 dager, hvor faktisk utvandningsvarighet kan ha vart lenger enn perioden vi røktet sideløpet. Til sammen ble det fanget 424 ål ut av sideløpet.

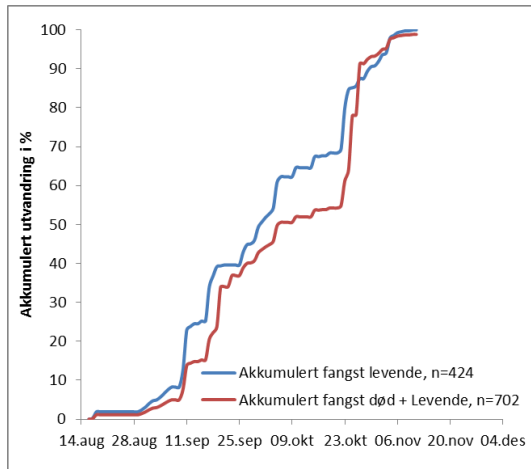
Det ble ikke påvist død ål nedstrøms kraftverket før etter flommen som startet ca 16. september. Første innsamling av død ål ble gjennomført 20. september (n = 71). Det ble funnet ytterligere 20 ål 3 dager senere. Vi antar at all død ål påvist denne perioden utvandret innenfor dagene 16. til 19. september, eller samtidig med at det gikk mye ål ut sideløpet (n=59). Det ble også funne betydelige mengder død ål i perioden i perioden 25. til 27. oktober (n=179). Dette var i forbindelse med en ny "liten" flom som startet 22/23. oktober. Disse dagene var det også økt utvandring i sideløpet (n=73). Det ble også funnet 8 døde ål 26. november. Til sammen ble det funnet 274 ålehaler nedenfor kraftverket. De fleste ble funnet <300 m fra kraftverket. Få haler ble funnet nedenfor Angelstad (700 m fra kraftverket). Vi kan ikke utelukke at antall ål som døde var høyere enn det vi her påviste slik at antallet er et minimumsestimat.



Figur 17. Antall ål som daglig vandret gjennom sideløpet (blå søyler) og antall død ål funnet nedstrøms kraftverket (røde søyler) i 2013. Død ål hadde sannsynligvis utvandret noen dager før de ble funnet. Vannføring (stiplet sort strek) og vanntemperatur (stiplet rød strek) er inkludert.

All utvandring skjedde på avtagende vanntemperatur (**Figur 17**). Temperaturen var 18 °C når de første ålene ble påvist og avtok gradvis til 6 °C i starten av november. Halvparten av ålen hadde utvandret innen 5. oktober (levende + død), eller 30. september (kun levende). Dato for 25- og 75-prosentilene for samlet fangst var henholdsvis 19. september og 25. oktober (**Figur 18**).

I ettertid ble vi fortalt at det også døde mye ål sommeren 2013. Vi har ingen mulighet til å anslå hvor mange dette var, ei heller når de ble observert. Den døde ålen medførte at man ikke ønsket å bade i elva nedstrøms Fosstveit. Det angir likevel ikke hvor mange det var.



Figur 18. Akkumulert fangst av ål i sideløpet (blå strek) og samlet fangst (sideløp + turbindød) i 2013.

Samlet ble det i 2013 påvist 702 ål som enten hadde utvandret sideløpet eller som ble funnet som død ål nedenfor kraftverket. Av disse utvandret 60 % sideløpet. Mesteparten av den døde ålen ble innsamlet dagene omkring 20.-23. september og omkring 25.-27. oktober. Ålen døde sannsynligvis noen dager før vi samlet den inn. Ofte vil det være uforsvarlig å snorkle etter ål de dagene ålen dør. Dermed er datoer med død ål noen dager forsinket i forhold til selve drapet.

Fravær av død ål til tross for at ål ble fanget ut sideløpet mesteparten av fangstperioden antyder at sideløpet fungerte, men at det ikke fungerte i 2 perioder. Første periode med høy andel død ål kom etter driftsstanser ved kraftverket. Vi antar ål da hadde passert varegrinda og ble med forbi turbinen når kraftverket startet produksjon. Dette kan ikke forklare dødeligheten i oktober.

Tabell 17. Fangst av umerket ål ut av sideløpet eller som død ål nedstrøms kraftverket i 2013 i forhold til arealkorrigert vannføring (Q_{tot}) og andel av vannet i sideløp (Q_s/Q_t). Q_s/Q_t er angitt som "∞" dager turbinvannføringen var null som følge av driftsstans. Periodene er gruppert i forhold til datoperioder hvor kraftverket hadde produksjon (På), var avslått (Av) eller hvor vannføringen hele eller store deler av perioden var høyere enn slukeevnen til kraftverket (Dam).

Utv. lok	16/8 29/8	30/8 14/9	14/9 15/9	15/9 18/9	18/9 21/9	21/9 30/9	30/9 11/10	11/10 26/10	26/10 31/10	31/10 2/11	2/11 8/11	etter 8/11	Sum ål
På	På	Av	På	På	På	På	Av	På	På	På	På	På	
Dam		Dam		Dam	Dam		Dam		Dam		Dam		
Sideløp	8	96	3	37	24	41	65	89	22	12	27	0	424
Død	0	0	0	0	**91	0	0	0	179	0	0	8	278
Sum	8	96	3	37	115	41	65	89	201	12	27	8	702
%-død	0	0	0	0	79	0	0	0	89	0	0	>>	
VF i m ³ /s													
Vannføring	2,5	1,7	2,0	6,6	14,3	5,2	5,2	4,6	15,2	10,6	17,5	7,3	
Sideløp	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	
Turbinløp	1,9	0,0	1,3	5,9	13,5	4,3	0,0	3,5	14,0	9,4	16,3	7,0	
Qs/Qt	10,5	∞	28,1	6,1	3,9	16,8	∞	29,6	6,4	9,3	6,3	0	

**Død ål er tilordnet den perioden den mest sannsynlig utvandret innenfor. Innsamling av død ål er mulig første etter at vannføring er lav nok til at området kan undersøkes med snorkling. Ål kan ha dødd over et lengre tidsintervall enn det periodiseringen angir.

5.3 Fangst av umerket ål ved Fosstveit, 2010-2013

5.3.1 Vårvandring

Det fanges årlig et lavt antall nedvandrende ål i smoltfellene om våren (**Tabell 18**). Årlig fangst har vært på ca 9 ål. Ålen som fanges ser ut som blankål, men stadium er aldri fastlagt med målinger. I forhold til antall ål registrert under høstvandringen utgjør vårfangsten fra 3 til 8 % av samlet årsfangst. Fangstmetoden benyttet om våren er ikke optimal for å registrere antall utvandrende ål. Vi antar derfor at faktisk vandring av ål om våren er betydelig større enn det vi registrerer, uten at vi kan angi hvor mye større.

Det ble kun påvist død ål nedenfor kraftverket i 2010 og 2011. Dette kan være tilfeldig, men kan også skyldes drift av sideløpet for smolt. I 2012 ble det tilsammen fanget 9 ål ut sideløpet for smolt. Ål kunne også ha benytte sideløpet i 2010 og 2011, uten av vi så at det ble benyttet. Ål vil de årene ha kunnet flykte ut av fangstkammeret for smolt. I 2013 var fangstforholdene dårlige og verdiene derfor meget usikre.

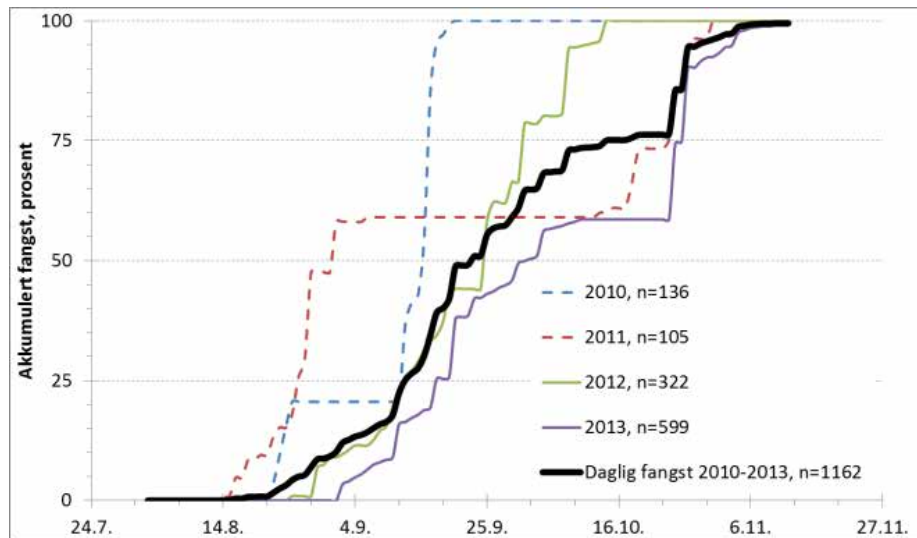
Tabell 18. Antall ål påvist om våren i Storelva for årene 2010 til 2013. Fangst vil være med bruk av smolthjul, eller ut av sideløp for smolt eller som død ål nedenfor kraftverket.

	2010	2011	2012	2013	Sum
April	1		1		2
Mai	8	1	8	1	18
Juni		5			5
Juli		3			3
Sum	9	9	9	1	28
Andel død	0,2	0,6	0	0	

5.3.2 Sommer-høstvandningsperiode

Årene fra 2010 til 2013 er det tilsammen fanget 1162 ål (levende og død). Basert på akkumulert fangst på dagbasis for denne perioden er dato for 50 % fangst 23. september, hvor dato for 50 % fangst har variert fra 1. september til 6. oktober (**Tabell 19**). Samlet over alle år ble 25-prosentilen passert 14. september, 50-prosentilen 25. september og 75-prosentilen 23. oktober. Det ble påvist utvandrende ål i >50 dager hvert år. Færre dager i 2010 skyldes kort innsamlingsperiode. Noe av spredningen mellom år kan være reell og skyldes miljøforhold innenfor vassdraget, mens noe vil skyldes hvilke perioder fangstsystemet ble driftet (**Tabell 20**). Drift av sideløpet startet de fleste årene når de første døde ålene ble observert nedenfor kraftverket. Vi har ikke nødvendigvis observert eller fått høre om ål som nedvandret om sommeren, eller som utvandret over damkrona under flom. Død ål er en usikker indikator på start av ålevandringen. Død ål er likevel en sikker indikator på at ål er under vandring.

Under visse forhold kan det tenkes at ål hemmes av kraftverket og forblir i inntaksområdet inntil forholdene endres. Når tiltak igangsettes ut fra funn av død ål kan dette være for "seint" i forhold til naturlig utvandningsperiode. Gitt disse usikkerhetene, fire år med data antyder at utvandningsperioden er i september og oktober, hvor perioden forlenges med ca 1 måned i hver retning hvis man skal inkludere variasjonen. Hvis det er ønskelig å begrense tiltaksperioden kan en pragmatisk regel være at tiltaket skal driftes fra midten av august og fram til november.



Figur 19. Akkumulert daglig fangst (som prosent) for årene 2010 til 2013 samt for hele perioden samlet.

Tabell 19. Dato for 25-, 50- og 75-% fangst av utvandrende ål i perioden 2010 til 2013. Temperatur målt samme dag er gitt i parentes.

	25-prosentil	50-prosentil	75-prosentil	Dager fra første til siste ål ble fanget	Dager mellom 25 og 75 kvartiler
2010	12. sept. (15,1)	15. sept. (14,2)	16. sept. (13,5)	29	4
2011	26. aug. (16,8)	1. sept. (16,0)	24. okt. (7,8)	78	59
2012	12. sept. (14,2)	25. sept. (10,8)	1. okt. (10,3)	53	19
2013	19. sept. (13,8)	6. okt. (10,7)	25. okt. (7,6)	86	36
Samlet	14. sept.	25. sept.	23. okt.		39

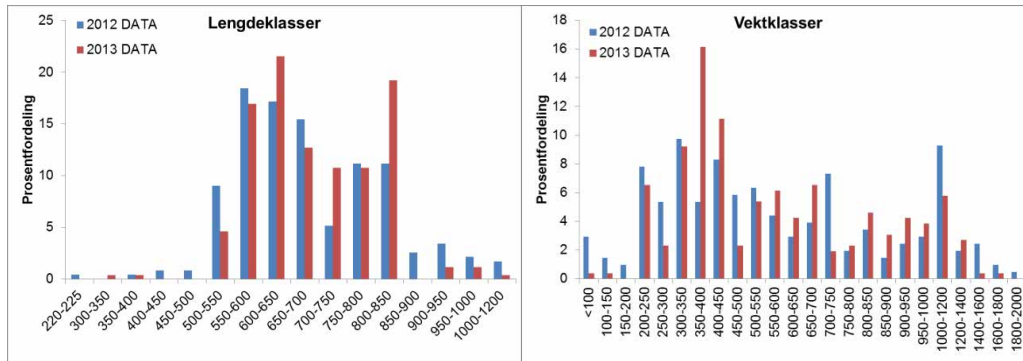
Tabell 20. Datoer hvor sideløpet ble driftet for årene 2010 til 2013. Det er gitt en begrunnelse for start og stoppdato.

	Start	Stopp	Begrunnelse for periode start	Begrunnelse for periode slutt
2010	11. sept.	20. sept.	Død ål observert 23. aug. Tok tid å få etablert fella.	Fella ødelagt
2011	18. jun.	07. nov.	Død ål observert 15. jun.	Lav temperatur
2012	28. aug.	14. okt.	Død ål observert 28. aug.	Redusert fangst
2013	16. aug.	10. nov.	Nedbør antyder start på vandring	Lav temperatur

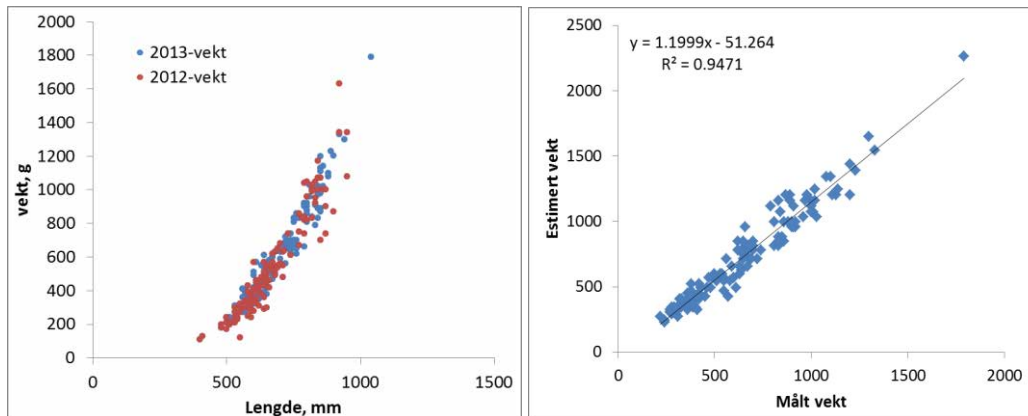
5.3.3 Lengde og vekt

Ål fanget i 2012 og i 2013 hadde en to-toppet vektcurve (**Figur 20**). Den ene toppen var mellom 200 og 700 g mens den andre var mellom 700 og 1800 g. Dette tilsvarer ål med lengder 50 til 75 cm og 75 til 100 cm (**Figur 21**). Medianlengde til ål fanget 2010-2013 var 67 cm. Quartilene var på 59 og 78 cm. Disse ålene hadde vekter på henholdsvis 520, 360 og 830 gram. Det har ikke vært noen tydelig endring i størrelse over de fire årene (Vedlegg A).

I 2013 ble det kjønnsbestemt død ål innsamlet nedenfor kraftverket årene 2009 til 2012. Av 29 ål var det 1 hann. Denne var 43 cm. Det var 17 hunner < 75 cm og 11 > 75 cm. Lengde kan ikke benyttes alene til å antyde kjønnsfordeling i Storelva.



Figur 20. Størrelsesfordeling (venstre figur vekt, g; høyre figur lengde, cm) til ål fanget i 2012 og 2013. Her inngår ikke død ål da vi ikke har veid disse.



Figur 21. Sammenheng mellom ålens lengde og vekt i 2012 og 2013 (n = 318). Basert på 17586 individuelle målinger av ål i Flandern er det etablert en vekt-lengde relasjon $V=0,0022 L^{3,13}$. Sammenhengen mellom en estimert vekt (relasjon L/V fra Flandern) og målt vekt i Storelva er vist i høyre panel.

5.3.4 Svømmeblæremark

Svømmeblæremark ble påvist første gang ål fra Storelva ble undersøkt i 2010. I 29 ål sendt HI for aldersanalyse i 2012 (innsamlet nedstrøms kraftverket årene 2009 til 2012) hadde 86,2 % parasitten. Av disse hadde 48 % mange parasitter, uten at antall er talt opp for hvert individ.

Tabell 21. Forekomst av ålens svømmeblæremark (*A. crassus*) i død ål innsamlet årene 2009 til 2012 nedstrøms Fosstveit kraftverk.

	Ingen	Få (1-3)	Mange	Antall ål infisert	Antall ål uten parasitt
Antall ål	4	11	14	25	4
Prosentandel	13,8	37,9	48,3	86,2	13,8

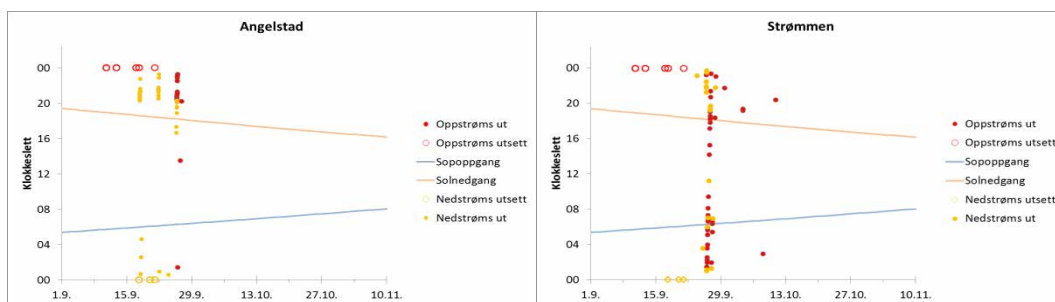
5.4 Døgnvariasjon i vandring til PIT-merket ål

5.4.1 Døgnvariasjon i vandring, 2012

All ål påvist ut av sideløpet i 2012 kom i starten av flommen 25. september, og da innenfor klokkeintervallet 14 til 22 (**Tabell 22**). Etter dette tidspunktet var vannføringen stor og det gikk $>50 \text{ m}^3/\text{s}$ over damkrona samtidig som kraftverket stanset produksjon. Det antas at all ål som de påfølgende dagene ble påvist nedenfor kraftverket utvandret over damkrona ettersom de ikke ble fanget ut sideløpet og ikke kunne utvandre turbinløpet.

I overkant av 74 % av all ål passerte Angelstad innenfor klokkeintervallet 19-23. Andel av ålen som passerte Strømmen innenfor samme tidsintervall var lavere (ca. 31 %). Mer ål utvandret etter midnatt ved Strømmen enn ved Angelstad (**Tabell 22**). Forskjellene kan skyldes at vandringstidspunkt forbi Angelstad var påvirket av når ålen passerte kraftverket mens passeringstidspunktet i Strømmen var påvirket av Lundeavatn.

I 2012 var 17,6 % av alle registreringene på dagtid. Dagvandrende ål var kun vanlig 25. og 26. september 2012 (**Figur 22**). Vannføringen i Lundeavatn økte 25. september kl. 14 fra $3 \text{ m}^3/\text{s}$ til $60 \text{ m}^3/\text{s}$ neste formiddag. Denne økningen vil ha inntruffet noen timer tidligere ved Fosstveit. Dagvandring knyttes til denne flommen.



Figur 22. Tidspunkt ål passerte PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen i 2012. Utsettingstidspunkter ovenfor kraftverket er angitt med åpne røde sirkler (Kl 24), mens ål satt ut nedstrøms er angitt med åpne gule sirkler (Kl:00). De heltrukne linjene angir soloppgang og –nedgang.

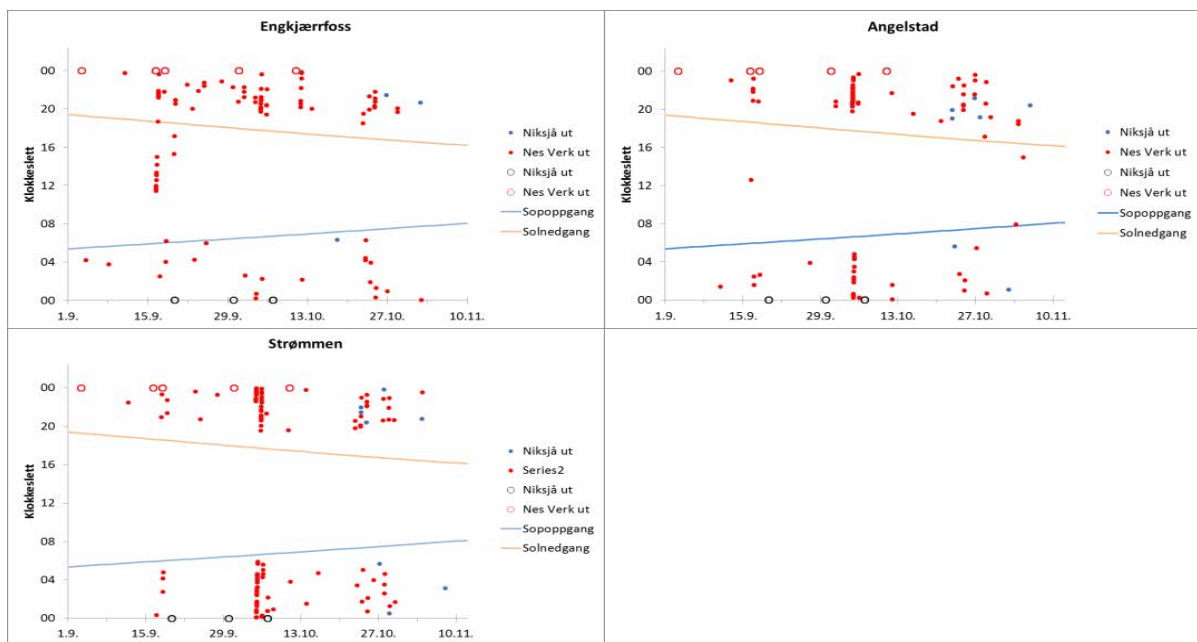
Tabell 22. Prosentandel av ålene påvist innenfor tidsintervall på 2 timer i 2012. Dagvandrende ål Kl:07-17 i perioden 25.-27. september er ekskludert. Ål som utvandret på dagtid 25. og 26. september er ekskludert. Disse utgjør 17,6 % av alle registreringer (n=119).

Klokkeslett	Sideløp	Angelstad	Strømmen	%-fordeling all ål
01-03	0,0	4,3	20,4	12,2
03-05	0,0	2,1	6,1	4,1
05-07	0,0	0,0	20,4	0,0
07-09				
09-11				
11-13				
13-15				
15-17				
17-19	16,7	4,3	10,2	9,2
19-21	58,3	40,4	16,3	34,7
21-23	25,0	34,0	14,3	26,5
23-01	0,0	14,9	12,2	13,3
Antall ål	12	47	49	98
Perioder				
19-23 (4 timer)	83,3	74,5	30,6	61,2
19-01 (6 timer)	83,3	89,4	42,9	74,5
19-05 (10 timer)	83,3	95,7	69,4	90,8

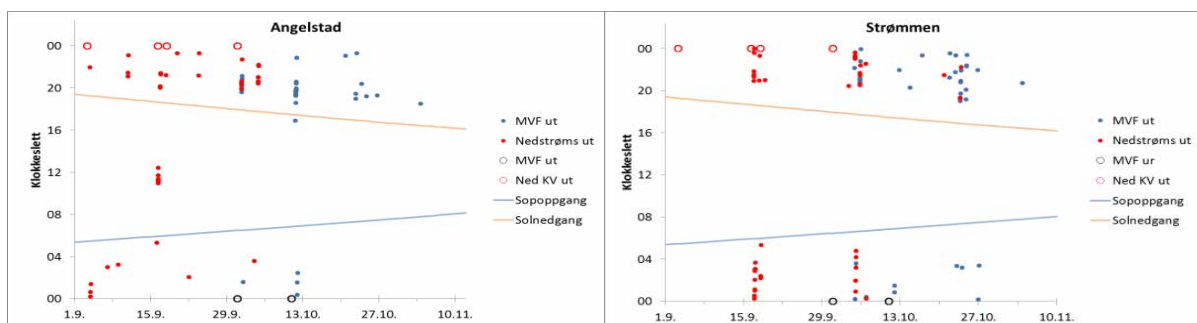
5.4.2 Døgnvariasjon i vandring, 2013

Tilnærmet samtlige ål som enten var satt ut ovenfor eller nedenfor kraftverket passerte de ulike PIT-stasjonene innenfor klokkeintervallet 19-05 (**Figur 23, Figur 24**). Ål passerte sideløpet noen få timer senere på natta enn på de andre PIT-antennene. Dette kan skyldes at ål brukte en eller noen flere timer fra å passere fluktåpningen til å bli detektert på PIT-antenna. Færre ål passerte Strømmen tidlig på natta enn på de andre stasjonene. Dette kan skyldes at stasjonen her er på utløpet av Lundevatn. Hvis all utvandningsdata aggregeres, utvandret ca 58 % av all ål mellom klokka 19 og 23 (Tabell 23).

I 2013 dagvandret 12 % av ålen. Dagvandring var avgrenset til dagene 16.-18. september (**Figur 24**). Vannføringen i Lundevatn økte formiddagen 16. september fra 4 m³/s til 23 m³/s formiddagen 18. september. Fordi dagvandring var avgrenset til enkeltdager er dagvandrende ål ekskludert fra (**Tabell 22**).



Figur 23. Tidspunkt ål satt ut ovenfor kraftverket passerte PIT-antennene ved Engkjærrfoss, Angelstad og Strømmen i 2013. Utsettingstidspunkter ovenfor kraftverket er angitt med åpne røde sirkler (Kl 24), mens ål satt ut ved Niksjå er angitt med åpne sorte sirkler (Kl:00). De heltrukne linjene angir soloppgang og –nedgang.



Figur 24. Tidspunkt ål satt ut nedstrøms kraftverket passerte PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen i 2013. Utsettingstidspunkter nedenfor kraftverket er angitt med åpne røde sirkler (Kl 24), mens ål satt ut i minstevannføringsløpet er angitt med åpne sorte sirkler (Kl:00). De heltrukne linjene angir soloppgang og –nedgang.

Tabell 23. Prosentandel av ålene påvist innenfor 2 timers tidsintervall i 2013. Det er her ikke skilt på utsettingslokalitet. Ål som utvandret på dagtid 16 til 18. september er ekskludert. Disse utgjør 12 % av alle registreringer (n=516).

Klokkeslett	Engkjerrfoss	Sideløp	Angelstad	Strømmen	Samla
01-03	6,6	3,4	11,7	14,6	11,3
03-05	8,8	10,3	4,3	17,5	10,6
05-07	4,4	0,0	1,9	4,1	3,1
07-09					
09-11					
11-13					
13-15					
15-17					
17-19	3,3	3,4	4,3	0,0	2,4
19-21	30,8	20,7	35,8	23,4	29,1
21-23	34,1	34,5	25,3	27,5	28,5
23-01	12,1	27,6	16,7	12,9	15,0
Antall ål	91	29	162	171	453
Perioder					
19-23 (4 timer)	64,8	55,2	60,7	50,9	57,5
19-01 (6 timer)	76,9	82,8	77,3	63,7	72,5
19-05 (10 timer)	92,3	96,6	93,3	95,9	94,3

5.4.3 Konklusjon; døgnvariasjon i vandring

Basert på klokkeslettene ål ble påvist på en PIT-stasjon konkluderes det med at ålen var nattaktiv. Tilnærmet all ål passerte de ulike PIT-stasjonene innenfor klokkeintervallet 19 og 05 begge årene. Forskjellen i passeringklokkeslett mellom stasjonene kan skyldes at passeringstidspunkt ved Angelstad var påvirket av kraftverket mens passeringstidspunkt Strømmen var påvirket av Lundevatn. Forskjellene var så små at de mer peker på mulige nyanser enn at de viser forskjeller som har vesentlig betydning.

Dagvandring var kun vanlig under høstens første flom. Vannet er da turbin og brunt. Så lenge dagvandring kan knyttes til spesielle hydrologiske forhold og var avgrenset i tid til noen få dager, representerer disse ålene et unntak i forhold til det generelle bildet.

5.5 Vandringshastighet til ål satt ut nedstrøms kraftverket (m/min)

Få vandrende ål på dagtid har betydning for hastighetsestimatene. Vandringshastighet er målt som tid ålen brukte mellom adskilte geografiske to punkt. Når ål er inaktiv på dagtid vil denne metoden underestimere reell vandringshastighet. Dette vil særlig være tilfellet der hastighet måles over punkt adskilt med flere km. Tidsforbruk kan likevel beregnes mellom to punkter.

Fra ål ble satt ut til de ble påvist på PIT-antenna ved Angelstad medgikk det som medianverdi 17 timer i 2012. Dette tilsvarer en hastighet på 0,76 m/min. Mellom Angelstad og Strømmen vandret ål med en hastighet på 0,63 m/min og brukte ca 145 timer på strekningen (**Tabell 24**).

Det var ingen signifikant forskjell ($p=0,1362$; Wilcoxon) i tidsbruk fra utsetting til Angelstad eller til Strømmen ($p=0,8302$) for ål satt ut i MVF eller nedstrøms kraftverket i 2013 (Vedlegg D). Det var heller ingen signifikant forskjell i tidsforbruket mellom Angelstad og Strømmen ($p=0,2231$) for de to gruppene selv om median verdiene var ulike. De to utsettingsgruppene er derfor slått sammen. I 2013 vandret ål med en hastighet på 0,61 m/min fra utsetting til Angelstad og på 0,95 m/min fra Angelstad til Strømmen (**Tabell 24**).

Tabell 24. Vandringshastigheter (m/min) i 2012 og 2013 for ål satt ut nedstrøms kraftverket. Hastighetene for prosentilene -25, -50 og -75 er gitt. Hastighet er beregnet som tid (timer) brukt fra utsetting til ål ble registrert ved henholdsvis Angelstad eller Strømmen, eller tid brukt mellom PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen i forhold til avstand (m). Antall meter ålen hadde tilbakelagt er angitt. Antall ål som inngår i estimatene er gitt som "n=".

2012	Timer			Meter/min		
	Utsetting til Angelstad	Utsetting til Strømmen	PIT-antennene Angelstad til Strømmen	Utsetting til Angelstad (750 m)	Utsetting til Strømmen (6240 m)	PIT til PIT Hastighet (5490 m)
N=	36	20	19			
25-prosentil	6,2	137	103	0,23	0,52	0,47
Median	17,1	158	145	0,76	0,66	0,63
75-prosentil	59,3	200	195	2,02	0,76	0,89
2013						
N=	83	83	82			
25-prosentil	17,7	95	20	0,13	0,31	0,32
Median	20,4	287	97	0,61	0,36	0,95
75-prosentil	93,0	335	289	0,71	1,09	4,65

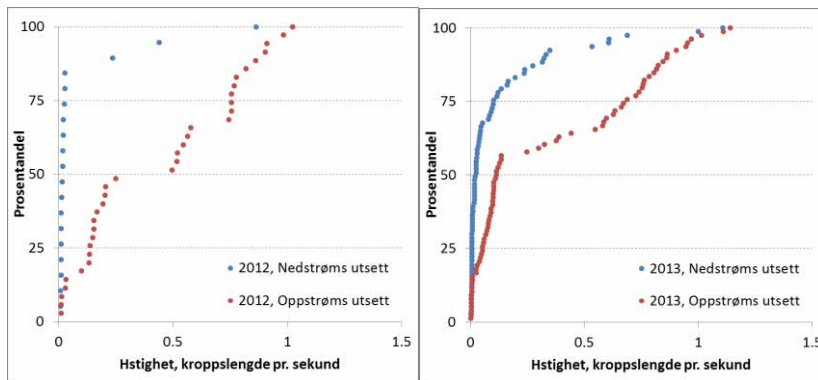
5.5.1 Vandringshastighet som kroppslengde/s

Vandringshastigheter oppgis ofte som kroppslengde/s (kl/s) for å ta bort lengdekomponenten til ål. Det antas at lang ål vandrer raskere enn kort fisk. Medianlengden til ål satt ut i 2012 var på 61 cm, mens den var på 67 cm i 2013. Ålens lengde kan derfor bidra til å skjule forskjeller i hastighet. Vandringshastighet vil også påvirkes av hvor raskt en ål gjenopptar vandring etter merking og utsetting. For ål satt ut ovenfor kraftverket kan passering av kraftverket bidra til å senke vandringshastighet. Det er nedenfor beregnet vandringshastigheter fra utsetting til første PIT-antenne, og deretter mellom PIT-antennene. Det er kun vandring over strekningen mellom Angelstad og Strømmen som kan antas å være helt upåvirket. Hovedvekt legges derfor på denne strekningen. Alle hastigheter er gitt i vedlegg D.

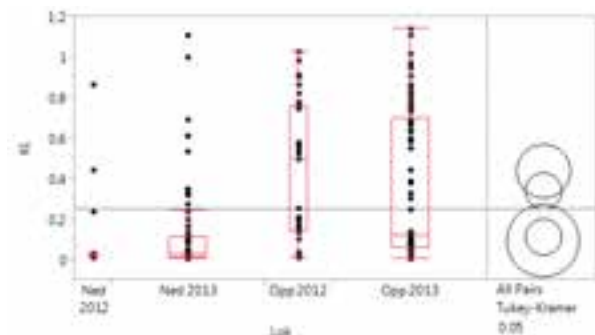
Ål satt ut oppstrøms kraftverket vandret med en medianverdi mellom Angelstad og Strømmen på 0,5 kl/s i 2012, mens ål satt ut nedenfor kraftverket hadde en hastighet på 0,02 kl/s. I 2013 vandret ål satt ut ovenfor kraftverket med en medianhastighet på 0,12 kl/s, mens ål satt ut nedenfor kraftverket vandret med en hastighet på 0,02 kl/s (**Figur 25, Tabell 25**). Selv om var forskjeller i hastighet for ål satt ut ovenfor kraftverket mellom de to årene, var ikke denne forskjellen signifikant (**Figur 26**). Det var signifikante forskjeller i forhold til utsettingslokalitet begge årene.

Tabell 25. Hastigheter angitt som kroppslengde/s målt mellom PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen i 2012 og 2013.

		25-prosentil	Median	75-prosentil	Minimum	Maksimum	Antall
Nedstrøms KV	Lengde (m)	0,57	0,61	0,65	0,20	0,92	37
	Ang til Strømmen	0,01	0,02	0,03	0,01	0,86	19
Oppstrøms	Lengde (m)	0,58	0,64	0,71	0,40	0,95	65
	Ang til Strømmen	0,14	0,50	0,76	0,01	1,02	35
Nedstrøms KV	Lengde (m)	0,60	0,65	0,75	0,39	0,99	83
	Ang til Strømmen	0,01	0,02	0,10	0,00	1,11	77
Nes verk	Lengde (m)	0,61	0,68	0,79	0,51	1,04	132
	Ang til Strømmen	0,06	0,12	0,69	0,00	1,14	77



Figur 25. Vandringshastigheter angitt som kroppslengde/s for ål satt ut ovenfor eller nedenfor kraftverket i henholdsvis 2012 og 2013.



Figur 26. Box&Whiskers-plot for vandringshastigheter (kl/s) målt fra målt mellom PIT-antennene ved Angelstad og Strømmen for ål merket i 2012 og 2013 og satt ut henholdsvis ovenfor og nedenfor kraftverket.

5.5.2 Konklusjon; vandringshastighet

Forskjellene i vandringshastighet i forhold til utsettingslokalitet og år kan ikke tilskrives forskjeller i vannføring eller temperatur ettersom all utvandring foregikk innenfor samme tidsintervall. En vesentlig forskjell som kan forklare det observerte er at antall dager mellom utsetting og når målingene ble foretatt var større for ål satt ut ovenfor enn nedenfor kraftverket. Ål satt ut nedenfor kraftverket vil ankomme Angelstad etter få timer mens ål satt ut ovenfor kraftverket først vil ankomme etter dager. Ål satt ut ovenfor kraftverket kan dermed være mer restituert etter merkingen enn ål satt ut nedstrøms. Selv om begge gruppene ble bedøvd likt, var restitueringstiden fra utsetting til deteksjon forskjellig. Det skal ikke utelukkes at forskjellene i hastighet skyldes bedøvelsen. Dette har liten praktisk betydning for andre konklusjoner i rapporten, men bør avklares da det har praktisk betydning i andre prosjekt hvor vandringshastigheter er et mer vesentlig tema.

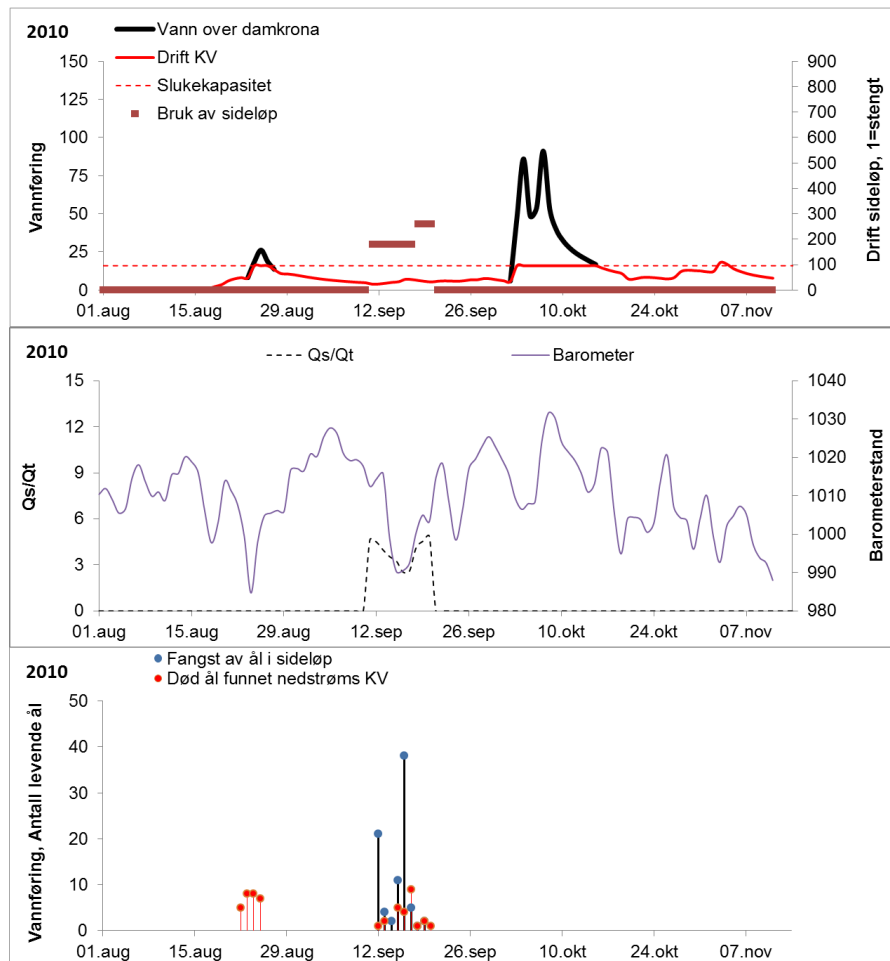
Høyere vandringshastighet i 2012 enn i 2013 for ål satt ut nedenfor kraftverket kan også skyldes forskjeller i vannføring, hvor flommen i 2012 var betydelig større enn flommene i 2013.

6. Utvandningsruter forbi kraftverket

6.1 Utvandring av ål i forhold til kraftverksdrift årene: 2010 til 2013

2010

I 2010 ble det observert død ål 22. august (**Figur 27**). Fella ble røktet fram til 20. september. Den ble da stengt pga økende problem med lauv som tettet fangstsystemet samt få ål. Fangsten ble avsluttet for tidlig i forhold til utvandningsperioden for ål. Det fanget til sammen 137 ål, hvorav 84 benyttet sideløpet. Det kan ha utvandret ål over damkrona 5 dager i august og under flommen 2. til 15. oktober. Fangsten angir følgelig ikke utvandningsnivået. Mens utvandringen i august kan knyttes til økende vannføring, kan ikke utvandringene i september knyttes like klart til vannføring. Begge utvandringene skjedde når barometertrykket var lavt. Ca halvparten av all død ål som ble funnet i 2010 ble innsamlet etter flommen 23-27. august (**Figur 27**). Sideløpet var ikke åpent for ål denne perioden. Dersom man tar bort ål som døde før tiltaket ble igangsatt benyttet ca 77 % av ålen sideløpet basert på fordeling av levende ($n=84$) og død ål ($n=25$). I denne perioden var (Q_s/Q_t) på $3,8 \pm 0,8$ (**Tabell 28**). Dette innebærer at sideløpet ble tilført ca 4 % av turbinvannføringen.



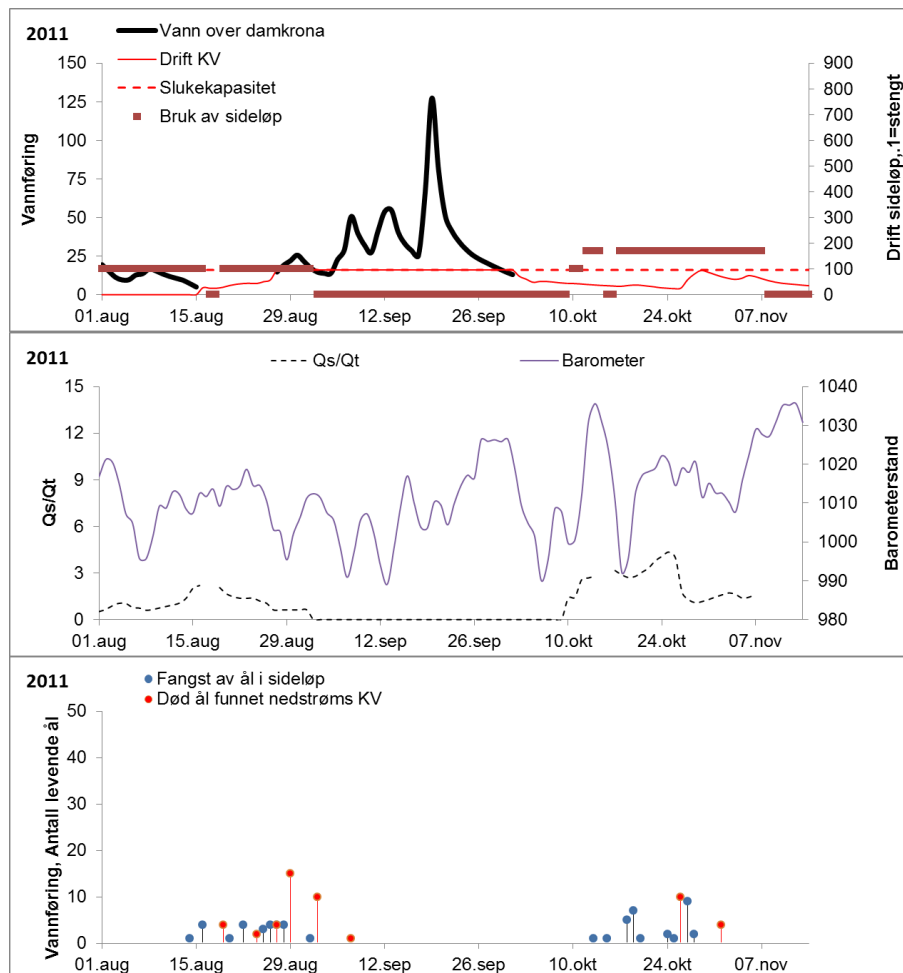
Figur 27. Data på vannføring, barometerstand, og fangst av ål i 2010. Øverste panel; vannføring i elva, perioder sideløpet var åpnet (brun strek) samt dager hvor det var vannføring over damkrona (sort strek). Midtre panel; daglig måling av barometerstand (hel strek) og andel vann i sideløpet i forhold til turbinløpet (Q_s/Q_t i prosent). Nederste panel; fangst av levende ål ut sideløpet (blå søyle) og død ål nedenfor kraftverket (rød søyle) ved Fosstveit.

2011

Sideløpet for ål ble åpnet tidlig i 2011 på grunn av at det ble observert død ål allerede 15. juni (**Figur 28**). Det var likevel få ål som utvandret før midten av august. Fella ble røktet fram til 7. november. Den ble da stengt pga lav vanntemperatur. Det ble fanget til sammen 113 ål, hvorav 58 benyttet sideløpet. Det var høy vannføring fra 27. august til 1. oktober. Sideløpet var ut av drift fra 2. september til 10. oktober på grunn av flommen. Samtidig gikk det mye vann over damkrona. Denne perioden var innenfor den viktigste utvandningsperioden for ål. Fangsten i 2011 er derfor et minimumsestimat.

Fra august ble samlet fanget 58 levende ål ut sideløpet samtidig som det ble funnet 55 døde ål nedenfor turbinløpet. Av de ålene vi håndterte, benyttet 43 % sideløpet før flommen og 66 % etter flommen. Q_s/Q_t var i snitt på $1,0 \pm 0,5$ % før flommen og på $2,3 \pm 1,0$ etter flommen (**Tabell 28**).

Mens utvandringen i august kan knyttes til en svak økning i vannføring, var det ingen like opplagt reduksjon i barometertrykk. Fangsten i oktober inntraff på avtagende vannføring. Det var ikke her heller noen tydelig signal knyttet til barometerstand.



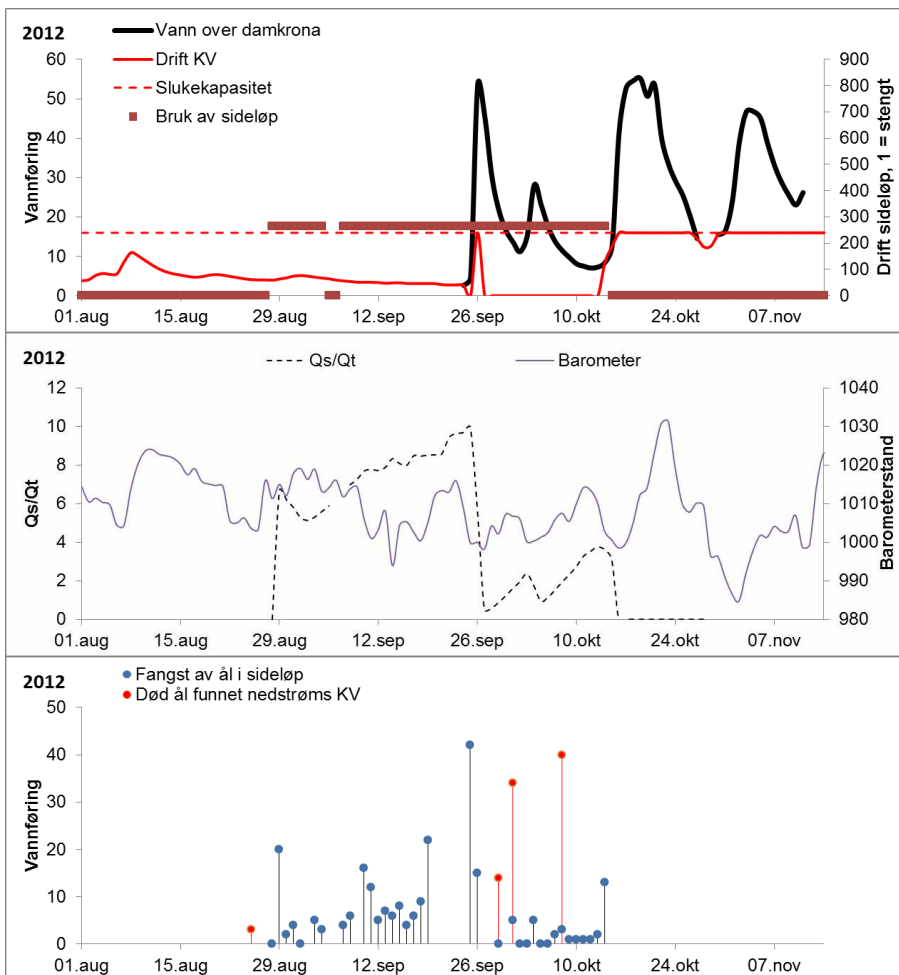
Figur 28. Data på vannføring, barometerstand, og fangst av ål i 2011. Øverste panel; vannføring i elva, perioder sideløpet var åpnet (brun strek) samt dager hvor det var vannføring over damkrona (sort strek). Midtre panel; daglig måling av barometerstand (hel strek) og andel vann i sideløpet i forhold til turbinløpet (Q_s/Q_t i prosent). Nederste panel; fangst av levende ål ut sideløpet (blå søyle) og død ål nedenfor kraftverket (rød søyle) ved Fosstveit.

2012

Sideløpet for ål ble åpnet 28. august på grunn av død ål funnet samme dag (**Figur 29**). Fella ble røktet fram til 14. oktober. Den ble da stengt pga stor flom og lav vanntemperatur. Det var en kortvarig flom fra 25. september. Kraftverket stanset produksjon i starten av flommen og startet produksjon igjen først 13. oktober. Det utvandret 196 ål sideløpet før 25. september og 34 ål etter denne datoen. Det døde 3 ål før 25. september og 88 ål etter denne datoen. Før 25. september var Q_s/Q_t på $7,5 \pm 1,4$ % for å avta til $1,4 \pm 0,6$ % (Tabell 28).

Det var høy vannføring fra 25. september til 14. november. Stor vannføring over damkrona skyldes vannføringen i elva samt at kraftverket falt ut av produksjon i perioden 25. september til 13. oktober. Når vannføringen over damkrona var stor fra 25. september må vi anta at det også utvandret mye ål her. Fangsten i 2012 er derfor et minimumsestimert.

Utvandring fram til flommen 25. september foregikk på avtagende vannføring samt på gradvis avtagende barometerstand.

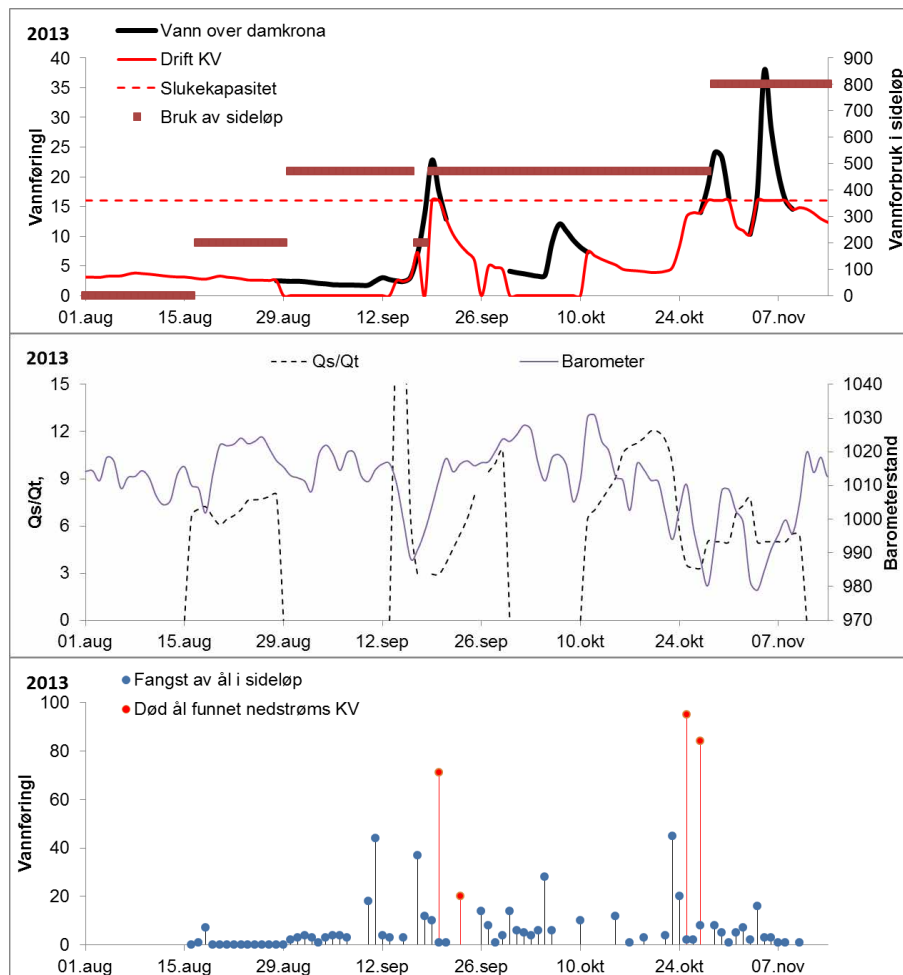


Figur 29. Data på vannføring, barometerstand, og fangst av ål i 2012. Øverste panel; vannføring i elva, perioder sideløpet var åpnet (brun strek) samt dager hvor det var vannføring over damkrona (sort strek). Midtre panel; daglig måling av barometerstand (hel strek) og andel vann i sideløpet i forhold til turbinløpet (Q_s/Q_t i prosent). Nederste panel; fangst av levende ål ut sideløpet (blå søyle) og død ål nedenfor kraftverket (rød søyle) ved Fosstveit..

2013

Sideløpet for ål ble åpnet 16. august og røktet fram til 26. november. Den ble da stengt pga lav vanntemperatur og lite ål. Vannforbruket i sideløpet ble variert fra ca 200 til 400 til 800 l/s for å holde en Q_s/Q_t på minst 4 % (**Figur 30**). Det ble fanget til sammen 702 ål, hvorav 424 benyttet sideløpet. Utvandring fram til flommen 10. september foregikk på avtagende vannføring. Det var stor utvandring 10. og 11. september. Det var samtidig en liten økning i vannføring. Neste store utvandringsperiode kom 16. september. Da økte vannføringen og barometertrykket avtok kraftig. Utvandring de påfølgende dagene kan ikke uten videre knyttes til endringer i vannføring eller barometertrykk. Det var på ny stor utvandring 23. og 24. oktober. I denne perioden var det økende vannføringen og avtagende barometertrykket

Damkrona var tilgjengelig for utvandring når vannføringen oversteg slukeevnen til kraftverket eller når kraftverket var uten produksjon. Vannføringen var høyere enn slukeevnen ved kraftverket 19. til 20. september, 28. til 31. oktober og 4. til 8. november (**Figur 30**). Det vil også gå vann over damkrona når kraftverket står. Vannføringen i turbinløpet vil da være null, og hele vannføringen (minus det som ble benyttet i sideløpet) vil gå over damkrona. Dette skjedde flere ganger i 2013 (**Figur 30**, **Tabell 11** for detaljer).



Figur 30. Data på vannføring, barometerstand, og fangst av ål i 2013. Øverste panel; vannføring i elva, perioder sideløpet var åpnet (brun strek) samt dager hvor det var vannføring over damkrona (sort strek). Midtre panel; daglig måling av barometerstand (hel strek) og andel vann i sideløpet i forhold til turbinløpet (Q_s/Q_t i prosent). Nederste panel; fangst av levende ål ut sideløpet (blå søyle) og død ål nedenfor kraftverket (rød søyle) ved Fosstveit.

Utvandringsperioden i 2013 kan deles inn i 6 tidsperioder (**Tabell 28**). Det ble kun funnet død ål i to av disse. Når Q_s/Q_t var $>5\%$ var de nær fravær av død ål. Det døde ål under den første flommen i september. Ål kan ha svømt forbi varegrinda dagene forut (når kraftverket sto) som å bli sugd med turbinvannet når driften bel gjenopptatt. Andre gang det døde mye ål var vannhastigheten foran varegrinda høy, samtidig som Q_s/Q_t var på 3 %.

Det utvandret mest ål de to periodene barometerstanden var lav. Samtidig økte vannføringen så det er ikke mulig å skille de to faktorene. Det utvandret til dels mye ål også mens vannføringen var lav og jamn og barometertrykket var høyt.

6.2 Utvandring basert på PIT merket ål

For å undersøke om ål vandret over damkrona ble PIT-merket ål satt ut oppstrøms kraftverket i 2012 og 2013. Utsetningslokaliteten ble flyttet i 2013 fordi man i 2012 erfarte at ål satt ut ovenfor kraftverket ikke gjenopptok vandringen like raskt som ål satt ut nedenfor kraftverket. Det ble antatt at dette skyldes at utsetningslokaliteten var "innsjølignende" og at ålen derfor ikke fikk noe vandringsstimuli før flommen 25. september 2012. I 2013 ble ål derfor satt ut ved Nes Verk, i et område med klar elvekarakter og ca 4 km ovenfor kraftverket. For å fastslå om og når denne ålen ankom kraftverket ble det etablert en PIT-deteksjonsstasjon ved Engkjærfossen ca 450 m ovenfor kraftverket. Denne antenna angir når ål ankom kraftverket. En tilsvarende stasjon 750 m nedenfor kraftverket (Angelstad) angir når ål har forlatt kraftverksområdet.

6.2.1 Utvandringsrute for PIT-merket ål i 2012 i forhold til vannføring

I 2012 ble ålen satt ut ca 350 m oppstrøms kraftverket. I 2012 utvandret ål sideløpet i starten av flommen 25. september, mens resten utvandret over damkrona samme kveld/natt. Turbinløpet var ikke tilgjengelig for utvandring under flommen ettersom kraftverket hadde stanset. Av 54 ål påvist under og etter flommen benyttet 30 % sideløpet, mens resten utvandret over damkrona. Turbinløpet var ikke tilgjengelig ettersom kraftverket sto. Vannføringen økte fra ca $5 \text{ m}^3/\text{s}$ til $>50 \text{ m}^3/\text{s}$ under flommen. Selv om materialet ikke er egnet til å angi prosentfordeling i bruk av de tre utvandringsmulighetene, viser resultatet på at damkrona var en viktig utvandringsrute når det gikk mye vann over damkrona.

6.2.2 Utvandringsrute for PIT-merket ål i 2013 i forhold til vannføring

I motsetning til i 2012 ankom ålen inntaksområdet etter få dager i 2013. Forskjellen mellom 2012 og 2013 kan tyde på at utsetningslokalitet er vesentlig for resultatet og at ål som settes ut direkte i inntaksmagasinet mister vandringsvillighet.

I 2013 benyttet ål alle tre utvandringsmulighetene. I materialet inngår ål satt ut ved Nes verk ($n=170$) samt ål satt ut i Niksjå og som ble gjenfanget minst en gang ($n=16$) etter utsetting. Det legges mest vekt på dataene fra Nes Verk.

Utvandringsruten var kjent for ål som benyttet sideløpet eller som ble påvist på PIT antenna i minstevannførløpet ($n=34$) eller som ble påvist død nedenfor kraftverket ($n=21$). Tilsammen 55 ål ble påvist både ved Engkjærfoss (oppstrøms KV) og Angelstad (nedstrøms KV). For disse var det mulig å angi dato for passering av kraftverket med en rimelig høy sikkerhet (timer). For 66 ål har vi kun dato for når de enten passerte Engkjærfoss ($n=33$) eller passerte Angelstad ($n=33$). Når man vet hvor lang tid ål brukte fra Engkjærfoss til Angelstad kan passeringstidspunkt anslås med rimelig sikkerhet også for disse. For 8,2 % ($n=14$) av ålen har vi kun data på når de passerte Strømmen. Her er usikkerheten med hensyn til når de passerte kraftverket større. Tidspunkt for utvandring forbi kraftverket er for disse fastlagt ut fra median vandringshastighet mellom Angelstad og Strømmen hvor man tar hensyn til avstand. Grunnlagsdata for estimatene er i vedlegg F.

Ål satt ut nedstrøms kraftverket, eller som hadde kjent utvandringsrute forbi kraftverket ble normalt påvist både ved Angelstad og Strømmen (Vedlegg B). Basert på dette utgjør ål som ble satt ut oppstrøms kraftverket, men som vi ikke har deteksjon av nedenfor kraftverket en "uvanlig" gruppe. Denne besto av 13 ål. I tillegg ble 6 ål påvist inn mot kraftverket (Engkjerrfoss), men ikke forbi. Basert på at deteksjonseffektivitet på PIT-antennene nedenfor kraftverket var høy (nær 100 %) er det rimelig sannsynlig at disse ålene ikke hadde passert Angelstad eller Strømmen. Det er da to sannsynlige forklaringer; de vandret ikke forbi kraftverket eller de utvandret turbinløpet og døde. Ettersom vi normalt hadde god deteksjon på ål som utvandret en trygg rute (sideløp, damkrona eller ble satt ut nedstrøms kraftverket) anser vi det som mindre sannsynlig at ålen vi ikke påviste forbi kraftverket hadde utvandret med bruk av sideløp eller damkrona. Det er heller ingen opplagt grunn til at man skulle ha "ikke vandrende" ål ovenfor kartverket, når >99 % av all ål satt ut nedenfor kraftverket vandret. Den mest rimelige tolkingen er da at de 19 ålene utvandret turbinløpet og døde, men at vi ikke gjenfant merkene. Ål med ukjent passering tilordnes derfor turbinløpet og inngår som død ål.

Basert på dag til dag variasjon i vannføring og drift ved kraftverket ble det tilsammen identifisert 13 påfølgende perioder. De ble registrert få PIT-merket ål forbi kraftverket de fleste av disse periodene. Dette skyldes mer sannsynlig at det ikke var ål i området enn at det var en respons på vannføring de tre utvandringsrutene. Det var tre perioder det utvandret > 25 PIT-merka ål forbi kraftverket (**Tabell 26**). To av disse var mens kraftverket sto. Disse tre periodene vurderes mer i detalj nedenfor.

Tabell 26. Periodisert fangst av PIT-merket ål i forhold til vannføring, andel av vannet i sideløp (Qs/Qt), andel av vannet over damkrona (Qd/Qtot) og andel i sideløp i forhold til damkrona (Qs/Qd) i forhold til datoperioder hvor kraftverket hadde produksjon (På), var avslått (Av) eller hvor vannføringen var høyere enn slukeevnen til kraftverket (Dam). I gruppe turbinpassert er det her inkludert 6 ål vi vet passerte Engkjerrfoss, men som ikke ble påvist deretter. Disse hadde mest sannsynlig brukt turbinløpet og dødd.

Utv. lok	Utv. lok	16/8 29/8	30/8 14/9	14/9 15/9	15/9 18/9	18/9 21/9	21/9 30/9	30/9 11/10	11/10 26/10	26/10 31/10	31/10 2/11	2/11 8/11	Sum ål
		På	Av Dam	På	Av Dam	På Dam	På	Av Dam	På	På Dam	På	På Dam	
PIT- ål	PIT- ål												
	Sideløp	0	1	0	10	1	3	7	12	3	2	2	41
	Dam	0	2	0	8	2	0	57	0	2	0	1	72
	Turbinløp	0	0	1	10	3	2	0	31	9	3	0	59
	Hvorav død				7	3			8	3			21
	Ikke påvist												11
	Sum	0	3	1	28	6	5	64	43	14	5	3	172
UM-ål	Sum	8	96	3	37	115	41	65	268	22	12	35	
	%-død	0	0	0	0	79	0	0	0	89	0	0	
	Sideløp%	100	100	100	100	21	100	100	100	11	100	77	
Vannføring	m ³ /s	2,5	1,7	2,0	6,6	14,3	5,2	5,2	4,6	15,2	10,6	17,5	
Sideløp	"	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Dam	"	0,0	1,5	0,0	5,9	2,0	0,0	4,1	0,0	1,6	0,5	3,9	
Turbinløp	"	1,9	0,0	1,3	5,9	13,5	4,3	0,0	3,5	14,0	9,4	16,3	
Qs/Qt		10,5	∞	28,1	6,1	3,9	16,8	∞	22,8	6,4	9,3	6,3	
Qd/Qt					100	14,2				9,7	5,5	16,6	
Qs/Qd			35,7		6,1	29,9		15,4		112	168	10,9	
Qd/Qtot			82,9		87,2	13,3		79,0		9,0	4,9	15,7	

15. til 18. september

Kraftverket sto de fleste timene i perioden 15. til 18. september. Hyppig variasjon i drift ved kraftverket denne gjør materialet usikkert. Samlet utvandret 10 ål turbinløpet, 8 ål benyttet sideløpet og 10 ål nedvandret over damkrona. Som en midlere verdi for perioden var Qs/Qt på 6,1 % mens

Qd/Qtot (mengde vann over damkrona i forhold til totalvannføring i elva) var på 87 % (**Tabell 26**). Dette betyr at både sideløp og damkrona var tilgjengelig for utvandring. Tilsammen benyttet 64 % av ålen en trygg rute. Alle tre rutene var like "attraktive". Det kan her være mulig at ål som benyttet turbinløpet innvandret forbi varegrinda perioder kraftverket sto.

30. september til 11. oktober

I perioden 30. september til 11. oktober var kraftverket avslått. Tilsammen 64 PIT-merka ål passerte kraftverket denne perioden. Mens ca 11 % av disse benyttet sideløpet, utvandret 89 % over damkrona. Vannføringen i elva var moderat lav (5,2 m³/s) og vannføringen ut sideløpet var relativt høyt i forhold til totalvannføringen. Mens Qd/Qtot var da på ca 71 %, var Qs/Qd på 15 % (**Tabell 26**). Det gikk både mer vann og mer ål over damkrona denne perioden enn ut sideløpet. Damkrona var således mest attraktiv.

11-26. oktober

I perioden fra 11-26. oktober var damkrona utilgjengelig for utvandring fordi kraftverket startet produksjon. Vannføringen i elva var lav (4,6 m³/s). Til sammen 43 ål utvandret denne perioden. Av disse benyttet ca 28 % sideløpet, mens 72 % utvandret turbinløpet. Qs/Qt var på 17 % (**Tabell 26**). Til tross for at det denne perioden utvandret mye ål via turbinløpet, ble det ikke funnet død ål nedenfor kraftverket. Basert på modellert dødelighet, var det ikke forventet høy dødelighet, dog ikke fravær av død ål (**Figur 15**). Turbinløpet var mest attraktivt.

Samlet over sesongen benyttet 20,0 % av ålen sideløpet, 41,2 % utvandret over damkrona og 38,8 % turbinløpet (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**). Dersom vi antar at ål som benyttet sideløpet ville ha utvandret turbinløpet hvis andre fluktåpninger ikke forelå vil ca 59 % av ålen ha utvandret en trygg rute i 2013. Når sideløpet var etablert benyttet 61 % en trygg utvandningsrute i 2013.

Tabell 27. Prosentandeler av PIT-merket ål som utvandret med bruk av sideløp, over damkrona eller turbinløpet. Andelen ål ikke påvist er gitt som egen gruppe, men inkludert i gruppen turbindød ål i kolonnene til høyre da disse mest sannsynligvis utvandret her, men at vi ikke påviste dem.

Utvandringslokalitet	Antall Niksja	Antall Nes Verk	%-fordeling Nes Verk	Utvandringslokalitet	%-fordeling
Sideløp	7	34	20,0	Sideløp	20,0
Damkrona	2	70	41,2	Damkrona	41,2
Turbinløp	6	47	27,6		
Påvist før KV	1	6	3,5	Turbinløp+ påvist før KV (n=53)	31,2
Ikke påvist	0	13	7,6	Turbinløp+ all ikke påvist forbi (n=66)	38,8
Sum	16	170	100		
Turbinløp; lever	2	14		Turbinløp; lever(n=12)	21
Turbinløp; død	4	52		Turbinløp; død (n=47+6)	79

Av 66 ål som utvandret turbinløpet ble 14 påvist forbi Strømmen. Vi ser det som rimelig sannsynlig at en død ål ikke kan bevege seg 5 km i elv og deretter 1,2 km gjennom en innsjø. Vi antar derfor at ål som passerte Strømmen var levende, samtidig som at ål som passerte Angelstad ikke nødvendigvis var i live. Gitt denne forutsetningen overlevde 21 % av ålen turbinpasseringen. Turbindødelighet var da på 79 %. Dette er et nivå rimelig likt med den modellerte dødeligheten (**Figur 15**). Modellen gir samtidig rom for stor variasjon i dødelighet knyttet til turbinvannføring. Vi har ikke her tatt hensyn til slikt, men påpeker at vi ikke alltid fant død ål nedenfor kraftverket når turbinvannføringen var lav.

Hvis 66 ål utvandret turbinløpet og 79 % døde, burde vi ha funnet 52 død PIT-merka ål nedstrøms kraftverket. Vi fant 21 døde PIT-merka ål. Dette gir en funneffektivitet på ca 40 %. Vi finner normalt minst 50 % flere ålehaler enn ålehoder. Dette skyldes at den fremre delen (med PIT-merket) kan svømme langt. Dette stemmer med at vi finner mest haler nært kraftverket og mer hoder lengre vekk fra kraftverket. Hvis vi korrigerer en funneffektivitet på 40 % (PIT-merker) med fordeling hale/hode finner vi i størrelsesorden 60 % av den døde ålen når vi teller haler. Ål vi ikke finner kan ligge mellom steinene, eller ha drevet forbi det området vi gjennom søker. Søket vil heller ikke være like effektivt hver gang, hvor funn vil avhenge av vannføring i elva, turbiditet og hvor mye tid som ble brukt til å lete etter død ål.

Hyppig variasjon i drift ved kraftverket gjorde analysene for vandringsruter i 2013 vanskelig og til dels usikre. Samlet over hele året synes følgende likevel å representere utvandringsrutene:

- Det utvandret ål over damkrona når vannføringen her var høy (Q_d/Q_{tot}) > 80 %.
- Ål benyttet sideløpet når vannføringen her var høy (Q_s/Q_t).
- Ål benyttet turbinløpet når vannføringen (Q_s/Q_t) var lav. Bruk av turbinløpet kan også knyttes til vannhastighet i inntaksområdet samt vanntemperatur. Vi trur at mer ål benyttet turbinløpet når vannhastigheten var høy og/eller når vanntemperaturen var lav.

6.3 Ålens bruk av sideløpet i forhold til Qs/Qt

De første årene av prosjektet ble mengde ål som benyttet sideløpet kun knyttet til vannføringen ut sideløpet. Dette gav ingen modell som kunne forklare prosentfordeling mellom bruk av sideløp i forhold til turbinløp.

Det ble i 2010 publisert data som viste at det var en sammenheng mellom ålens lengde og vannfordeling mellom flomlukene og turbinløpet og andel av ålens om utvandret andre steder enn turbinløpet (Travade et al., 2010). Vi valgte derfor å fokusere på ålens bruk av sideløpet i forhold til andeler vann ut sideløpet (Qs/Qt).

Hvert år har det inntruffet variasjon i Qs/Qt, dels som følge av endringer i vannføring i elva, dels som følge av vår manipulering av vannslipp i sideløpet. Driftsbetingelsene er gitt i **Tabell 12** og **Tabell 13**. Variasjonen innenfor det enkelte året vil ha vært større enn det som fremkommer i tabellene. Daglig variasjon i Qs/Qt er gitt i **figur 27 til 30**. Usikkerheten i den følgende vurderingen er knyttet til når den døde ålen vi fant nedenfor kraftverket passerte kraftverket. Vi fant ofte død ål etter "flommer". Under selve flommen er det ikke mulig å gjennomsoke området på grunn av høy vannhastighet. Det er rimelige å anta at ålen døde under flommen og ikke når vi fant den. Død ål er derfor tilordnet perioder med flom. Periodiseringen benyttet her avviker fra den som ble benyttet i 2012-årsrapporten. Dette skyldes at vi her har benyttet strengere definering av periodene. I 2013 klarte vi også å estimere funneffektivitet av død ål til å være ca 60 %. Vi har ikke estimert funneffektivitet de andre årene, men nivået var sannsynligvis rimelig likt. Grunnlagstallene er gitt i **Tabell 28**.

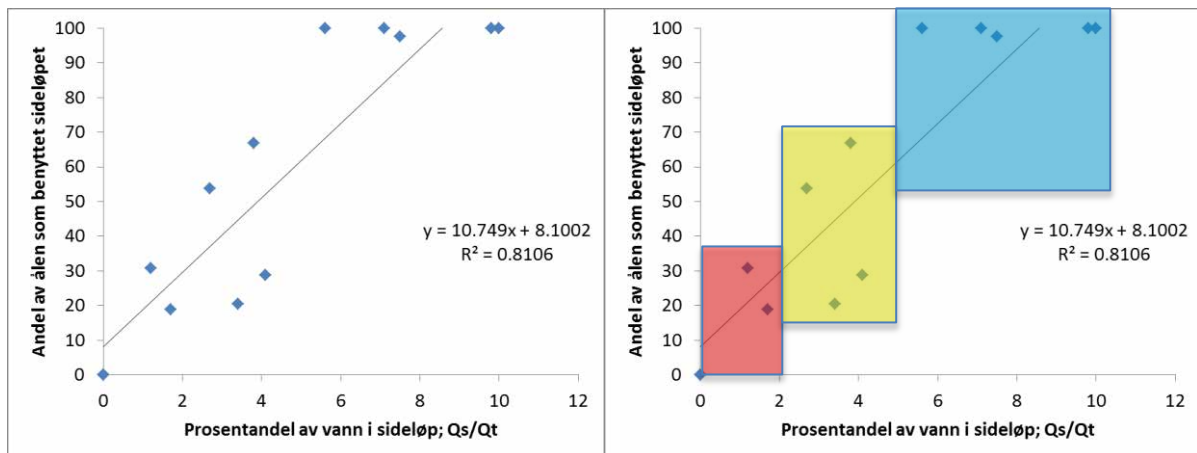
Ca 81 % av ålens bruk av sideløpet kan forklares ut fra Qs/Qt (**Figur 31**). Når minst 5 % av vannføringen i turbinløpet medgikk til å drifte sideløpet benyttet nær all ål denne utvandningsruten. Selv om modellen er rimelig robust, vet vi erfaringsmessig at vi kan påvise død ål etter flommer selv om midlere Qs/Qt for en periode var >5%. Under flommen vil Qs/Qt normalt avta som følge av økt turbinvannføring. Etter hvert som turbinvannføringen øker vil vannhastigheten inn mot varegrinda også øke. Ål som vil ha benyttet sideløpet når turbinvannføringen var lavere, kan da bli dratt med turbinvannet, alternativt at ålen fant turbinløpet mest attraktivt når vannføringen økte. Vi har også observert at dødelighet ofte var høyere seint i sesongen, eller når vanntemperaturen sank. Både lav temperatur og økt vannhastighet medfører at ålens svømmekapasitet overskrides. Sannsynligheten for at ål går med turbinvannet vil da øke.

Tabell 28. Periodisering basert på fangst av ål i henholdsvis sideløp og turbinløp siden 2010 i forhold til vannmengde i sideløpet og ratio vann sideløp/turbinløp (Qs/Qt). Antall ål i turbinløpet er korrigert ut fra en antatt funneffektivitet på 60 %.

År	Periode	Sideløp Vannmengde l/s	Qs/Qt %	Qd/Qtot	Ant ål sideløp	Ant ål turbinløp (korr for 60 % funneffektivitet)
2010	22. aug. – 26. aug.	180-260		22,6±14,2	Ikke i drift	47
2010	12. sep. – 20. sep.	180-260	3,8±0,8		84	42
2011	16. aug. – 26. aug.	100	1,2±0,5		25	58
	26. aug. – 12. okt 13. okt – 28. okt	170	2,7±1,0	100% 2,8±0,9	Ikke i drift 29	0 25
2012	28. aug. – 26. sep.	264	7,5±1,4		196	5
	29. sep. – 14. okt	264	1,4±0,6		34	147
2013	16. aug. – 28. aug.	200	7,1±0,6	7,1±0,9	8	0
	29. aug – 13. sep.	470	∞	100 %	99	0
	14. sep. – 23. sep	470	4,1±1,4		61	152
	26. sep. – 23. okt	470	9,8±1,8		126	0
	23. okt – 27. okt 27. okt. – 8. nov	470 800	3,4±0,1 5,6±1,0	5-30% 20-50%	77 53	298 0

Selv om vi har erfart at sideløpet i Storelva normalt vil benyttes som fluktåpning når det tilføres minst 5 % av turbinvannføringen, vil ikke 5 % alltid være tilfredsstillende. En Q_s/Q_t på 0,05 vil være stedsspesifikt og vil variere fra kraftverk til kraftverk ut fra hydraulikk og fysisk utforming av inntaksområdet. Vi finner det samtidig sannsynlig at mer ål benytter sideløpet når ratio øker.

Det er ikke laget noen tilsvarende modell for ålens bruk av damkrona. Utvandring over damkrona var høy når kraftverket sto. Da gikk alt vann minus det vannet som gikk sideløpet over damkrona.



Figur 31. Prosentandel av ålen som benytter sideløpet i forhold til %-andel vann benyttet i sideløpet i forhold til turbinvannføringen. Data fra 2010 til 2013. I figuren til høyre er det antydnet kombinasjoner mellom Q_s/Q_t som gir lav måloppnåelse, stor spredning i oppnåelse og god måloppnåelse.

6.4 Bestandsestimat

Basert på merke-gjenfangst kan størrelsen på en bestand beregnes. Estimatenes nedenfor er basert på fangst og merking av ål ved Fosstveit, hvor ålen ble sluppet ca 4 km ovenfor merkestedet. Det er laget estimater basert på gjenfangster ut sideløpet samt på bakgrunn av død ål nedenfor kraftverket.

Petersen estimatet basert på gjenfangst av ål i sideløpet angir at det utvandret 2775 (95 % - konfidensintervall på 1903 og 4026) ål forbi Fosstveit i 2013. Antall ål økes til ca 2972 (95 % - konfidensintervall på 2038 og 4210) når det tas hensyn til at det utvandret ål før det var gjenfangster av PIT-merket ål (**Tabell 29**).

Et tilsvarende estimat basert på funn av død PIT-merket ål i forhold til umerket død ål antyder 2270 ål med 95 % -konfidensintervall på 1508 og 3391 ål (**Tabell 29**). Her har vi ikke tatt hensyn til utvandring før det var PIT-merket ål i området så nivået her vil være mest sammenlignbart med ukorrigert fangst ut sideløpet. Når de to estimatene var rimelig like antar vi de reflekterer nivået på utvandrende bestand riktig. Vi vet ikke at alle forutsetningene knyttet til et Petersen estimat er oppfylt, men antar det angir nivået på bestanden selv om absolutt mengde kan være feil.

Basert på kunnskap om antall ål som nedvandret forbi Fosstveit og overlevelse gjennom turbinen kan det lages estimater for antall ål som vil ha ankommet fjorden gitt ulike scenarier. Dersom det ikke var noe kraftverk ålen måtte passere hadde 100 % nådd fjorden (**Tabell 30**). Det er beregnet at 76 % av ålen nådde fjorden gitt driftsforholdene i 2013. Dersom sideløpet ikke hadde vært tilgjengelig ville kun 58 % ha nådd fjorden. Dersom all fisk måtte passere kraftverket ville kun 19 % ha overlevd.

Tabell 29. Størrelse på nedvandrende bestand basert på fangst og merke-gjenfangst av levende ål i sideløpet. Bestandsestimatet er basert på fangst fra 6. september. Korrigert antall tar hensyn til ål som utvandret sideløpet før det var PIT-merka ål i området. En tilsvarende beregning er gjennomført med funn av død PIT-merket ål i forhold til umerket død ål nedenfor kraftverket.

	Merket t=0	UM-fangst	GF	Sum fangst t=1	Estimert bestand	95-konf intervall	95-konf intervall
Fangst/gjenfangst sideløp	170	317	25	421	2775	1903	4026
Korrigert antall		396+25=421			2972	2038	4310
Umerka/merka død	170	270	21	291	2270	1508	3391

Tabell 30. Estimat over antall ål som ville passere Fosstveit levende gitt ulike scenarier for hvor ål kan vandre forbi kraftverket. Beregningene er utført gitt et antall ål på 2975.

Scenario	Utvandret turbinløp	Dødelighet i turbin 81 %	Overlevelse forbi Fosstveit antall	Overlevelse forbi Fosstveit %
Ingen kraftverk	0	0	2975	100
Dagens situasjon	880	713	2262	76
Ingen sideløp	1530	1239	1736	58
Ingen sideløp eller damkrone	2975	1410	565	19

I vassdraget vil det også være produksjon av ål nedstrøms Fosstveit. Hvis produksjon kan knyttes til areal, vil produksjonen i elva være ca 10 % høyere enn estimatet ved Fosstveit.

Når medianvekta til ål i 2013 var på 520 gram, utvandret det ca 1,5 tonn ål forbi Fosstveit i 2013. Det utvandret i 2013 ca like mange kilo ål som det innvandret av laks. Vi vet ikke hva historisk bestandsnivå til ål har vært i Storelva, men det opplyses lokalt at det i tidligere tider ble eksportert mange tonn ål fra vassdraget. Dagens bestandsstørrelse må være lav i forhold til historisk bestandsstørrelse. Samtidig er det mye ål i elva.

7. Overvåking av oppvandrende gulål (ålefaringer) forbi Fosstveit kraftverk

7.1 Oppvandringsperiode

Oppvandring av ål er registrert hvert år siden 2011. Første året kom fangstfella seint ut (29. juni). Ål som oppvandret i mai og juni vil dermed ikke ha blitt registrert det året. Dataene fra 2011 må derfor brukes med forsiktighet.

I 2012 og 2013 ble fellene satt ut tidlig i mai. Basert på samlet fangst for årene 2011 til 2013 oppvandret størst prosentandel av ålen i juli og august (range: 50-90 %). Oppvandringen i 2012 avviker fra 2013 ved at mye ål oppvandret i mai 2012 (23,9 %), mens det ikke ble påvist ål i mai 2013 (**Tabell 31**). I 2013 oppvandret det mer ål i august (35,2 %) enn i 2012 (13,6 %). Denne forskjellen kan tilskrives temperatur. Våren 2012 var varm, våren 2013 var kald.

Samlet tyder dataene på at oppvandring primært skjer i sommermånedene, men med betydelig sprik mellom årene. Denne forskjellen kan ikke forklares med at fellene kom seint ut i 2011. Dersom fangst summeres fra 1. juli hvert år, er det fortsatt stor forskjell i fangst mellom årene.

Samlet over alle år var juli og august de viktigste månedene. Samlet over hele perioden var 25 % av oppvandringen innen 4. juli, 50 % innen 21. juli og 8. august (**Tabell 32, Figur 32**).

Tabell 31. Prosentandel av ålen fanget pr. måned for årene 2011 til 2013. I kolonnene til høyre er fangst kun summert fra 1. juli for å ta bort at fella ble utplassert seint i 2011. Perioder det ikke var fangst er markert med IF

	Hele sesongen				Fra Juli			
	2011	2012	2013	Samlet	2011	2012	2013	Samlet
Mai	IF	23,9	0,0	6,9				
Juni	IF	28,0	20,7	12,6				
Juli	33,2	40,3	62,2	41,6	33,1	84,0	78	51,7
August	60,8	7,7	13,6	35,2	60,9	16,0	17	43,7
September	5,5	0,0	3,4	3,5	5,5	0,0	4	4,3
Oktober	0,5	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0	0,3
Antall	1297	756	580	2633				

Tabell 32. Dato for 25-, 50- og 75- % fangst av oppvandrende ål i 2010 til 2013. Data fra 2011 er ikke nødvendigvis representative fordi felle ble satt ut for seint.

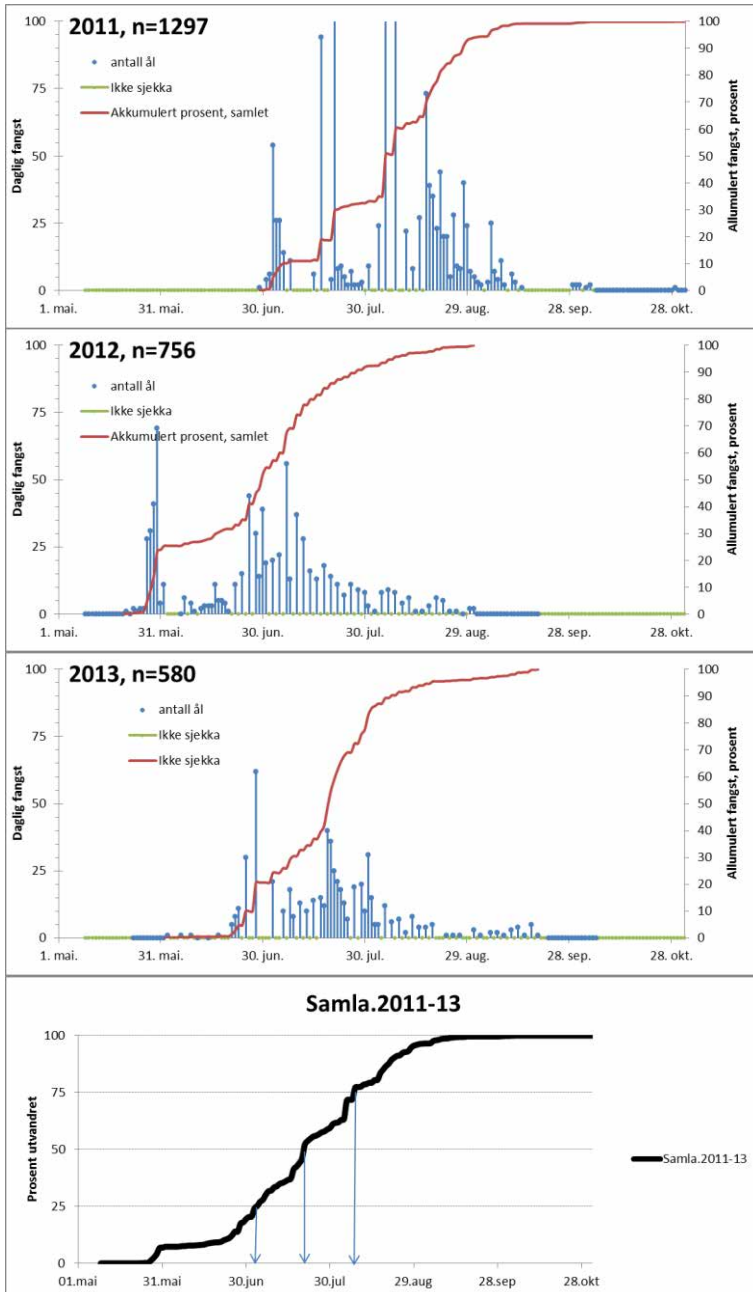
	25- prosentil	Temp °C	50- prosentil	Temp °C	75- prosentil	Temp °C
2011	21.jul	16,7	05.aug	21,1	19.aug	17,2
2012	01.jun	16,7	30.jun	16,8	12.jul	19,9
2013	06.jul	17,8	20.jul	20,9	29.jul	21,4

7.2 Lengdefordeling

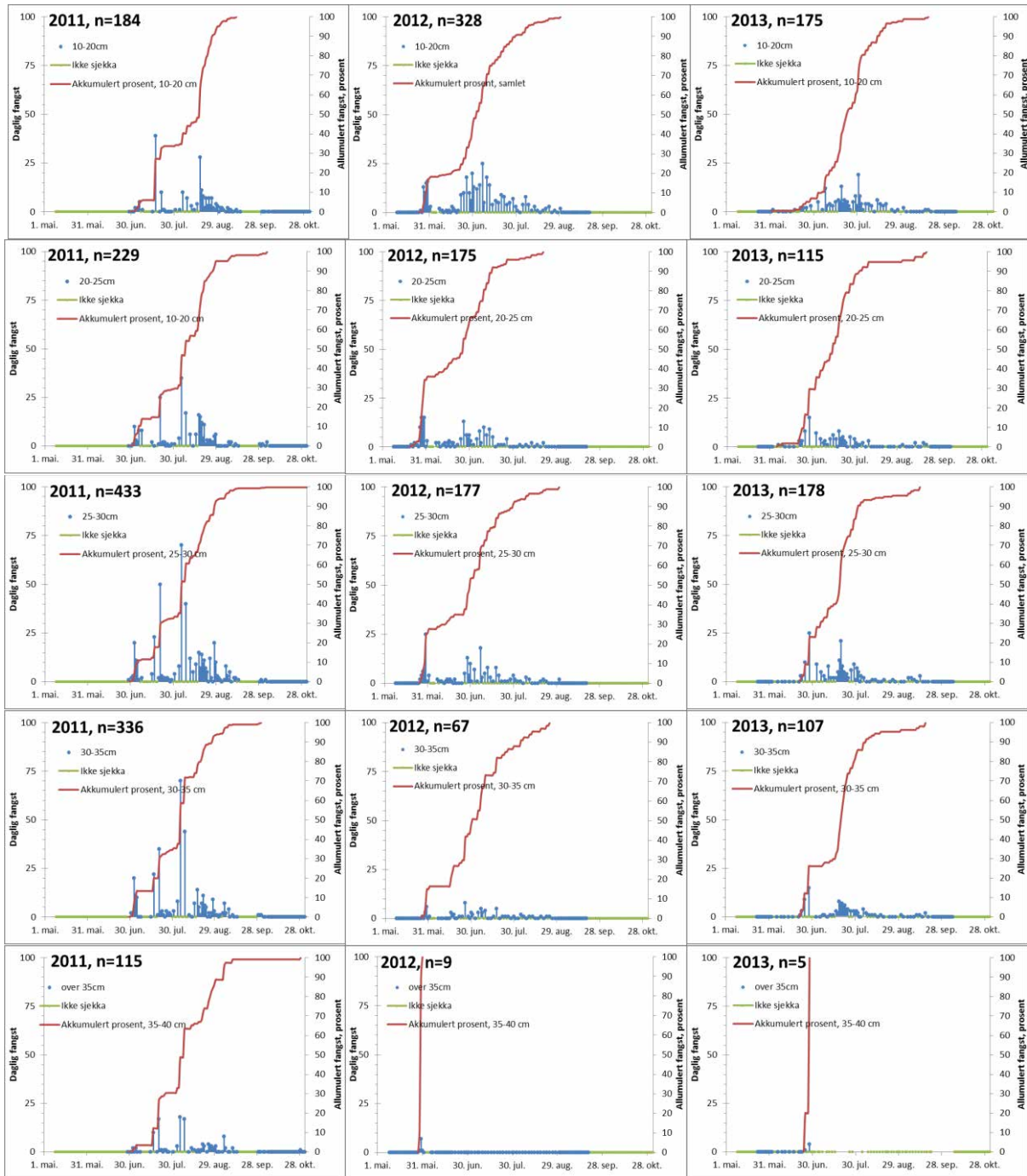
Ålens lengde er tilordnet 5 lengdekategorier (**Tabell 33**). Majoriteten av ålen var mellom 10 til 30 cm lang. Ca 25 % av ålen var lengre enn 30 cm. Det ble ikke observert eller fanget typiske glassål. Ålen var generelt mer brun og hadde sannsynligvis ankommet vassdraget i god tid før den passerte Fosstveit. Det er ikke gjort aldersanalyser av denne ålen. Det bør gjøres hvis overvåkingen skal fortsette. Det var ingen entydig forskjell i oppvandringstidspunkt for stor/små ål (**Figur 33**).

Tabell 33. Prosentfordeling av ål tilhørende ulike lengdegrupper samt årlig totalfangst.

Lengdegruppe	2011	2012	2013	Samlet
10-20	14	43	30	26
20-25	18	23	20	20
25-30	33	23	31	30
30-35	26	9	18	19
>35	9	1	1	5
n=	1297	756	580	2633



Figur 32. Daglig fangst av oppvandrende ål (antall) i fella ved Fosstveit kraftverk årene 2011 til 2013. I nederste figur er samlet fangst for alle årene vist.



Figur 33. Daglig fangst av oppvandrende ål (antall i ulike størrelseskategorier) i fella ved Fosstveit kraftverk.

8. Diskusjon

Bestand

Bestandsstørrelsen til nedvandrende ål i Storelva ble beregnet ut fra merke-gjenfangst og et Peterson estimat i 2013. Når det tas hensyn til at det også utvandret ål før det ble PIT-merket ål, beregnes det en utvandring forbi Fosstveit på 2972 ål med 95 % konfidensintervall innenfor 2038 til 4310. Et tilsvarende estimat ble gjennomført basert på funn av død PIT-merket ål i forhold til død umerket ål nedenfor kraftverket. Det beregnes her ca 700 færre ål enn det som beregnet ut fra antall ål som benyttet sideløpet. Begge estimatene er like sannsynlige, men estimatet basert på ål fanget i sideløpet vurderes som mest robust.

Det er oppvekstmuligheter for ål også nedenfor Fosstveit. Arealkorrigeres antallet som passerte Fosstveit utvandret det i størrelsesorden 3300 ål fra Storelva i 2013.

Vi vet ikke hvor stor historisk produksjon av ål var innenfor Storelva, men det opplyses lokalt om salg av flere tonn ål til Skagerak fisk og årlig fangst på ca 1 tonn i enkelte ålekister. Historisk produksjon må ha vært betydelig større enn det vi påviste i 2013. Det er ingen grunn til å anta at ål i Storelva har utviklet seg forskjellig fra ål ellers i Europa de siste 40 årene. Innvandring av glassål og påfølgende utvandring av blankål har avtatt i Imsa som ellers i Europa (ICES, 2013). Mengde blankål ut av Imsa har avtatt med ca 25 % siden 1975. Vi kan ikke fastslå om reduksjonen har vært like stor i Storelva.

Selv om det har vært et jevnt avtak i innvandring av ål i Imsa over tid, har det samtidig vært stor år til år variasjon i antall oppvandrende ål (ICES, 2013). Data fra fire vestkystelver i Sverige viser også stor år til år variasjon i fangst av glassål, hvor år til år variasjonen ikke var synkron mellom elvene (Dekker, 2012). Dette kan indikere at det ikke er noen enkel sammenheng mellom en generell nedgang i innvandrende ål til Europa og en reduksjon i oppvandring av ål i det enkelte vassdraget. År til år i reduksjonen av oppvandrende ål vi observerte i Storelva fra 2011 til 2013 kan derfor være tilfeldig. Utviklingen i forekomst av ål bør derfor overvåkes i flere vassdrag. Dette kan gjøres med enkle midler og det finnes flere eksempler på gode løsninger. Mens det å etablere oppgangsfeller er enkelt, er utfordringen heller å sikre god røkting av fellene.

Fangst av ål i Sagebekken har avtatt gradvis siden fangstregistrering ble påbegynt i 1994. Utvandring i perioden 2009 til 2013 var på ca 60 % av utvandringen i perioden 1994 til 1998. De siste fire årene har middelvekta økt. Reduksjonen i årlig fangst kan skyldes den generelle nedgangen i ålebestanden, men kan også være tilfeldig. Når middelvekte samtidig økte, er det nærliggende å anta at dette er en respons på redusert tetthet av ål. Redusert tetthet vil i så fall både kunne knyttes til den generelle nedgangen i ål i Europa, man kan også skyldes Hammerdammen ved Nes jernverk.

Dersom man antar at innvandring av åleunger og nedvandring av blankål i Storelva i hovedsak har avtatt proporsjonalt med nedgangen i inn/utvandring av ål ved Ims, kan det ha nedvandret i størrelsesorden 5 tusen blankål i Storelva på 1970-tallet. Dette anslaget vil være usikkert, men kan representere et nivå inntil det foreligger bedre kunnskap.

Antall nedvandrende blankål vil ikke avta proporsjonalt med nedgang i innvandrende ål fordi overlevelse vil øke som følge av redusert konkurranse (Vøllestad & Jonsson, 1988). Når ål samtidig er panmiktisk, vil innvandring av ål til Norge avhenge mer av bestandsutviklingen til ål ellers i Europa enn i Norge. Tiltak som iverksettes i Norge kan imidlertid bidra til å øke gytebestanden av ål. Et eksempel her vil være tiltak ved kraftverk. Når det estimeres at kun 19 % av ålen overlevde en turbinpassering ved Fosstveit kraftverk i 2013, vil antall ål som benytter turbinløpet som utvandningsrute ha avgjørende betydning for antall ål som når havet og kan vandre til gyteområdene. Tiltak ved kraftverk kan således ha stor betydning for å kunne reetablere sterke ålebestander.

Ål i Storelva påvirkes ikke kun av kraftverket. Ål i vassdraget har høye konsentrasjoner av miljøgifter (Kroglund, mfl. 2012a) samt at den er infisert av svømmeblæremark. Enkelte sidebekker er forsuret. Mens surt vann vil påvirke overlevelse innenfor vassdraget kan miljøgifter og parasitter også påvirke antall ål som når gyteområdene. Miljøgifter vil frigjøres fra fettvevet under gytevandringen i havet og kan hemme blant annet reproduksjon. Svømmeblæremark hemmer ålens evne til å dykke. Alle faktorene kan således ha bestandseffekter. Dersom ål skal "berges" må tiltaksfokus ikke kun være på kraftverk, men være helhetlig i forståelse av hva som påvirker ål.

Oppvandring av ål i Storelva

Det ble fanget oppvandrende ål ved Fosstveit i perioden 2011-13. Det fanges primært gulål innenfor størrelsesintervallet 20-30 cm. Få små ål skyldes sannsynlig at fangstlokaliteten er ca 6 km ovenfor elvemunningen og at ål som fanges derfor kan være noen få år gammel (Vøllestad &Jonsson, 1988).

Tidspunktet for oppvandring har variert mellom årene. Samlet over alle år var 25 % av oppvandringen innen 4. juli, 50 % innen 21. juli og 75 % innen 8. august. Elvetemperaturen var da på henholdsvis 16-18°C, 17-21°C og 17-21°C. Antall ål fanget/år har avtatt over tid. Dette avtaket kan være mer tilfeldig og trenger ikke gjenspeile den generelle reduksjonen i innsiget av ål. Flest ål ble fanget i 2011, eller det året fella ble satt ut for seint i forhold til starten av oppvandringen. Dataserien er pr. i dag for kort til å kunne sammenlignes med utviklingen i Imsa, men vil kunne benyttes til å validere fangstutviklingen i Imsa og bidra til bedre overvåking av oppgangen i Norge hvis serien opprettholdes. Den betydelige år til år variasjonen i fangst som påvises innen og mellom i vestkystelver i Sverige er sannsynligvis også tilstede i Norge og i Storelva (Dekker, 2012).

Fangst av oppvandrende ål ved Fosstveit viser at det er mulig å etablere en overvåking av oppvandrende ål uten stor innsats. Det anbefales at oppvandring overvåkes videre ved Fosstveit, og at tilsvarende fangstfeller etableres i andre vassdrag. Det er nærliggende å etablere slike fangstfeller i tilknytning til elvekraftverk og/eller ved andre menneskeskapte hindre.

Nedvandring av ål

Majoriteten av den nedvandrende ålen passerte Fosstveit i september og oktober. Det var ingen opplagt enkeltvariabel som kunne forklare tidspunkt for eller varighet av utvandningsperioden. Ål utvandret ofte ved økende vannføring og avtagende lufttrykk. Disse vil til en viss grad være auto korrelert (reduisert trykk – nedbør og dermed økt vannføring). Andre ål utvandret ved avtagende vannføring og høyt lufttrykk. Vanntemperaturen var fallende når ål utvandret om høsten, men var økende når ål utvandret i mai og juni. Det foreligger et større datasett fra Ims. Her nedvandret ål primært mellom august og desember. Mye av variasjon mellom år kunne her forklares ut fra middel vanntemperatur i juli-august og midlere vannføring i august-oktober (Vøllestad mfl., 1986). Resultatene fra Storelva avviker ikke vesentlig fra konklusjonene basert på langtidsovervåking av ål ved Ims (Haraldstad mfl., 1985; Hvidsten, 1985; Vøllestad &Jonsson, 1988; Vøllestad &Jonsson, 1986). Ål i Storelva må overvåkes over flere år hvis målet er å etablere utvandningsmodeller.

Utvandningsperioden i både Storelva og Imsa samsvarer med det som rapporteres fra Irland (Poole mfl., 1990). I Nord-Norge vandrer ålen tidligere og da innenfor perioden juni-oktober (Bergersen &Klemetsen, 1989; Davidsen mfl., 2011). Innenfor Europa angis ofte nedvandningsperioden til å vare fra høst og fram til tidlig vår, hvor mye av utvandringen inntreffer på vinterstid. Vi har ikke driftet fangstsystemet over vinteren, men finner det mindre sannsynlig at større mengder ål vandrer når vanntemperaturen avtar henimot null. I elva Warnow (lokalisert i Nord-Østre del av Tyskland) var utvandningsperioden fra april til desember (Reckordt mfl., 2013). Vintervandring skal ikke forkastes når det oppgis utvandring ned til -3°C (Bruijs &Durif, 2009). Vintervandring kan være mer vanlig i større elver, hvor hverken Storelva eller Imsa er representative for slike.

Når utvandningsperioden til ål spenner over flere måneder kan det være vanskelig å knytte vandring til enkeltfaktorer (zeitgebers). Vannføring, temperatur, lufttrykk og månefase regnes alle som viktige

faktorer i forhold til å angi start av vandringsperioden og variasjon i antall ål som vandrer pr dag (Bruijs & Durif, 2009; Tesch & White, 2008). Gitt variasjonen i utvandningsperiode innen vassdrag og mellom regioner og variasjon i hvilke miljøvariabler som angis å initiere vandring i de enkelte vassdragene, at det er lite sannsynlig at ålens nedvandring styres av en enkelt «utvandringstrigger». Det er mer sannsynlig at ål responderer på summen av mange stimuli, hvor kombinasjonen av viktigste stimuli kan variere mellom og innen vassdrag. Hvis så er tilfellet vil ikke ålens utvandring kunne beskrives ut fra enkle modeller, hvor en enkel modell likevel kan være robust i forhold til å predikere vandring innenfor enkeltvassdrag. En modell kan være robust til tross for at man ikke kjenner hva som styrer vandring.

Ved Ims kunne over 74 % av variasjon i tid fra utsetting av merket ål til gjenfangst knyttes til utsettingstidspunkt, vannføring og månefase (Vøllestad mfl., 1994). Antall dager fra utsetting til gjenfangst avtok utover sesongen og avtok med økende vannføring. Hovedutvandringen inntraff ved medium vannføring (Haraldstad et al., 1985). Hovedutvandringen inntraff ved ca 9°C, men ål kunne vandre ved betydelig høyere og lavere temperatur enn dette. Vanntemperatur synes å være viktig for start og varighet av vandringsperioden, men hadde liten betydning for hastigheten ål vandret med (Vøllestad et al., 1986). I Imsa synes også lufttrykk å innvirke på utvandringen (Hvidsten (1985). Sammenhengen mellom temperatur, vannføring og nedvandring var ikke like opplagt i Storelva. Hovedutvandringen (median dato) inntraff i vann med temperaturer fra 11 til 16°C, men synes i både 2012 og 2013 å være uavhengig av vannføringsnivået, men knyttet til endring i vannføring. Det er for få år med data til å etablere en nedvandningsmodell.

Hovedutvandringen i Storelva var om høsten, men det nedvandret også ål om våren. Så lenge fagsystemet i Storelva er tilpasset smolt og ikke ål, vil vårfangst bli underrepresentert. Vi vet dermed ikke hvor stor andel av bestanden som var vår-vandrende, men denne vil være større enn det vi påviste. Vårvandring er sjeldent rapportert, og det antas at vår-vandring er mer vanlig i regulerte elver enn uregulerte (Aarestrup mfl., 2008; Acou mfl., 2008; Feunteun mfl., 2003). Dette kan være riktig, men kan også skyldes at overvåking av ål helst pågår i regulerte elver.

I Storelva vandret ål tilnærmet kun om natta, hvor 94 % av alle deteksjoner var mellom klokka 19 og 05. I underkant av 60 % av alle deteksjoner var mellom klokka 19 og 23. Dette er tidspunkt som er i samsvar med det som rapporteres av andre (Tesch & White, 2008). De angir at vandring starter ca 1 time etter solnedgang og slutter ca en time før soloppgang, hvor fullmåne og klart vær avgrenset vandringsperioden. Flest ål nedvandret Imsa mellom kl: 20 og 24 (Haraldstad et al., 1985). Det refereres til samme aktivitetsperiode i andre artikler (Bruijs & Durif, 2009; Travade et al., 2010). I en studie i elva Meuse var dagvandring vanligere på elvestrekninger enn ved kraftverkene (Winter mfl., 2006). Her konkluderes det med at ål ble hemmet av kraftverket og at de vandret først når forholdene var mer fordelaktige (mørkt). Vi kunne ikke observere at Fosstveit kraftverk påvirket når på døgnet ål vandret. Ål benyttet sideløpet innenfor samme tidsintervall den også passerte ulike PIT-antennene i elva. I Storelva var dagvandring kun vanlig i starten av "høstens første flom". Dagvandring var da vanlig i hele elva. Høstens første flom var preget av vann med høy turbiditet og mye humus og med påfølgende reduksjon i sikt. Det er ikke urimelig å anta at ål i dype elver kan ha et annet vandringsmønster enn i grunne og mer klare elver hvor lyset når bunnen.

Vandringshastighet til ål kan uttrykkes som tilbakelagt avstand (m/min) eller som individets hastighet (kroppslengde/sek). Det var ingen opplagt forskjell i vandringshastighet knyttet til lengde i Storelva. Dette samsvarer også med det som er erfart fra Ims hvor vandringshastighet også var uavhengig av kroppslengde (Haraldstad et al., 1985). I samme studie konkluderes det med at vandringshastighet var størst når vannføringen er høy. Dette ble ikke observert i Storelva. Ål vandret raskere ved lav vannføring i 2013 enn ved høy vannføring i 2012. I mange studier hvor ål er merket med aktiv telemetrimarker påpekes det at det kan være stor spredning i vandringshastighet mellom enkeltindivid. Dette ble også observert i Storelva.

Det opplyses sjeldent om vandringsdyp i elv. Det foreligger data på hvilke dyp ål ankommer kraftverk, men her vil forholdene avvike fra forholdene i selve elva. Vi erfarte i 2012 og 2013 at når vannstanden økte over deteksjonshøyden til PIT-antennene, passerte ål uten deteksjon. Vi vet at antennene fungerte ettersom oppvandrende laks og sjørret ble detektert. Fravær av deteksjon på liggende PIT-antenn kan tyde på at ål vandrer høyt i vannsøyla. Her vil vannhastigheten være størst og det vil være mindre mulig å treffe på steiner/greiner mm (Haro mfl., 2000).

Ål satt ut nedenfor kraftverket brukte lengre tid fra Angelstad til Strømmen enn ål satt ut ovenfor kraftverket. Det er ingen umiddelbar god årsak til dette, men kan skyldes en bedøvelseseffekt. All ål som ble satt ut hadde tilnærmet lik håndtering og utsettingsprosedyre. Ål satt ut ovenfor kraftverket vil likevel ha hatt en lengre restitueringsperiode ettersom denne ålen brukte tid (dager) på å vandre fra utsettingslokaliteten og ned til Angelstad. Tid fra merking til ålen ankom Angelstad vil dermed være høyere. Erfaringene fra Storelva stemmer med erfaringer fra forsøk, hvor merket ål var mindre aktive enn kontrollgrupper (Winter mfl., 2005). Det bør avklares ytterligere om bedøvelsesmetode innvirker på senere atferd.

I Norge foreligger det langtidsserier på ål i ferskvann kun fra Imsa. Avstanden fra Storelva til Götaelv i Sverige er på 140 km i luftlinje, mens den er på 330 km til Imsa. Det kan være mer faglig korrekt å benytte Svenske vestkystelver som referanse på bestandsutvikling til ål i Agder (innenfor Skagerrak) enn fangstutviklingen på Ims. Det kan være relevant å etablere en felles Nordisk faggruppe på ål innenfor Skagerrakregionen. Dersom det etableres overvåking av sjøoverlevelse til anadrom fisk i Norge basert på PIT-merking av fisk, vil samme overvåking også kunne benyttes på ål.

8.1 Tiltak for nedvandrende ål ved kraftverk

Fosstveit kraftverk uten tiltak

Ål benytter vannretningen til å orientere seg (Bruijs & Durif, 2009; Jansen mfl., 2007). Ål vil dermed følge vannstrømmen når denne går mot inntaksområdet for kraftverket. Når ål ankommer inntaksområdet vil den kunne velge mellom flere alternative utvandringsruter, hvor styrken på vannstrømmen og/eller fordeling av vannmengdene mellom utvandringsrutene vil bestemme hvilke andeler av ålen som går mot turbininntaket eller mot damkrona (Travade mfl., 2010).

I et kraftverk uten tiltak vil turbinløpet være eneste utvandringsmulighet såfremt det ikke går vann i flomluker eller over damkrona. Her vil varegrinda representere første mulige vandringshinder. Ål vil nøle med å passere en varegrind, og vil søke etter alternative utvandringsruter. Når alternative og attraktive ruter ikke foreligger, vil ålen etterhvert passere varegrinda. Når vannhastighetene foran varegrinda er høy, eller hvis ål må oppholde seg lenge foran varegrinda kan kritisk svømmekapasitet til å overstiges og den føres ufrivillig videre med vannstrømmen. Kritisk hastighet for ål er i området 0,5 m/s, og avtar med avtagende lengde og temperatur (Larinier, 2002; Palstra mfl., 2007; Quintella mfl., 2010; van den Thillart mfl., 2007). Svømmekapasitet for ål er modellert i senere tid (Environment, 2009). Som følge av redusert svømmekapasitet med avtagende temperatur vil ål være mer sårbar i forhold til vannhastighet seint i sesongen enn tidlig. Vannhastighetene i Storelva skal ikke kunne overstige 0,5 m/s. Vannhastigheten kan likevel være kritisk for hanner og for begge kjønn når temperaturen er lav. Hanner vil være mer sårbar enn hunner på grunn av lengdeforskjeller. I Storelva er det i hovedsak kun påvist hunner, men dette utelukker ikke at det også er hanner i elva. Ål med svømmeblæremark (*Anguillicola crassus*) vil også være mer sårbar enn ål uten mark (Palstra mfl., 2007). Svømmeblæremarken er vanlig forekommende i Storelva.

Inngangen til turbinløpet vil være sperret av en varegrind. Denne er bygd opp av spiler som har som funksjon å hindre uønskede gjenstander å komme inn i turbinløpet. Når vannhastigheten er høy og hvis varegrinda er smalspila vil ål suges fast og dø på denne. Hvis varegrinda er breispila vil ål føres med vannstrømmen forbi varegrinda. Varegrinda i Storelva har en lysåpning mellom spilene på 50 mm og

vil ikke hindre ål fra å passere. Basert på modellering beregnes det at kraftverket i Storelva vil avlive i størrelsesorden 50 til 100 % av ålen, hvor spredningen kan knyttes til turbininnstillinger som endres med vannføring og til ålens lengde (Leonardsson, 2012). Ved full drift forventes det dødelighet i størrelsesorden 70 til 80 %. Det ble i 2013 estimert en dødelighet på 81 % basert på merke-gjefangst av ål som utvandret turbinløpet. Estimater er basert på antall PIT-merka ål som utvandret turbinløpet i forhold til antall merka ål som utvandret forbi Strømmen. Vi antar at ål som passerte forbi Strømmen (ca 6 km etter kraftverket) var levende og at ål vi ikke hadde gjefangst av, eller som kun ble påvist forbi Angelstad (ca 700 m nedstrøms kraftverket) var død. Vi antar at denne vurderingen er robust ettersom tilnærmet all ål satt ut nedenfor kraftverket eller som utvandret sideløp eller over damkrona ble gjefangst både ved Angelstad og Strømmen i 2013, hvor deteksjon av turbinpassert fisk på PIT-antenna ved Angelstad men ikke Strømmen representerer et avvik. Det sannsynlige er at fremre del av ålen (med PIT-merket) "svømte" forbi den første PIT-antenna, men at denne haleløse fisken ikke nådde ikke fram til Strømmen. Dette er sannsynlig ettersom vi normalt finner betydelig flere haler enn hoder i nærområdet til kraftverket og økende andel hoder med økende avstand fra kraftverket. Basert på antall døde PIT-merka ål som ble funnet i forhold til antall vi antar var død hadde vi en fangsteffektivitet på ca 60 %.

Når vannføringen i elva overstiger slukeevnen til kraftverket vil overskuddsvann gå over damkrona. Ål vil foretrekke å utvandre flomluker eller over damkrona når disse fremstår som mer attraktive enn turbinløpet. Erfaringer fra Frankrike antyder at utvandring med bruk av flomluker er avhengig av ålens lengde og hvilken andel av vannføringen som går forbi flomlukene i forhold til totalvannføringen i elva (Travade et al., 2010). Dette uttrykkes som Q_{spill}/Q_{total} . For ål som var 60 cm var det 50 % sannsynlighet for at de benyttet flomlukene når vannføringen her var minst 25 % av vannføringen i elva (90 % konfidensintervall innenfor 15 og 25 %). For ål som var 80 cm utvandret > 90 % denne ruten ved tilsvarende vannfordeling. Lignende resultat er erfart også i andre undersøkelser (Acou et al., 2008; Boubée & Williams, 2006; Brown mfl., 2009; Durif mfl., 2003; Elie mfl., 2002). For Storelva vil dette innebære økende bruk av damkrona som utvandringrute når vannføringen i elva overstiger ca 23 m³/s (16 m³/s i turbinløpet og 7 m³/s over damkrona). Vi kan ikke angi i hvilken grad damkrona benyttes framfor turbinløpet i Storelva når vannføringen er > 20 m³/s. Få ål benyttet damkrona så lenge kraftverket hadde full produksjon og vannføringen over damkrona var < 15 % av totalvannføringen. Av 21 ål som passerte kraftverket under slike forhold i 2013 benyttet kun 3 ål damkrona som utvandringrute. Når kraftverket sto og alt vann (minus det som ble benyttet til å drifte tiltaket) gikk over damkrona, var damkrona den vanligste utvandringruten. Dette er lite relevant for hvilke veivalg som gjøres når kraftverket produserer.

Ålens svømmedybde kan være avgjørende for om de vil gå med vannstrømmen inn mot turbininntaket eller mot damkrona. Hvis ål svømmer høyt i vannsøyla vil den ha lettere for å tiltrekkes av vannstrømmen mot damkrona enn om den går dypt. Data fra PIT-antenne tyder på at ål vandrer høyt i vannsøyla når den passerte disse stasjonene i elva. Samlet tyder deteksjon av ål fra PIT-antennene på at ål må vandre høyt i vannsøyla. Andre mener ål følger bunnvannet (DWA, 2005; Environment, 2009). Kunnskapen om hva som innvirker på ålens atferd og svømmedyp er fortsatt mangelfull (Piper mfl., 2013) og kan være viktig å avklare for å iverksette gode tiltak.

Fosstveit kraftverk med tiltak

Det var ønskelig å se om man kunne øke overlevelse til ål forbi kraftverket ved å igangsette enkle tiltak. Fosstveit kraftverk er teknisk sett lik mange elvekraftverk og var således en egnet forsøkslokalitet. Kunnskap og erfaringer herifra skulle derfor kunne utvikles på en slik måte at de også kunne anvendes ved andre kraftverk. Tiltakene vi igangsatte skulle ikke innebære ombygging av selve kraftverket. Tiltakene måtte dermed gjennomføres innenfor rammene som var mulig ved det eksisterende kraftverket. Internasjonalt foreligger det en rekke anbefalinger knyttet til tiltak for ål (Calles et al., 2013a; DWA, 2005; Environment, 2009; Travade et al., 2006). Tiltakene inkluderer som

oftest en varegrind, varegrindas spileåpning og helning samt plassering av fluktåpning. I tillegg kan tiltakene inkludere ulike atferdsbarrierer som lys, bobler, lyd mm.

Selv om det er igangsatt tiltak for ål ved en rekke kraftverk, er få av tiltakene dokumentert. Dette gjelder for ål, men også for andre vandrende fiskearter (Calles mfl., 2011; Calles mfl., 2013c; Enders mfl., 2009; Katopodis & Williams, 2011; Schilt, 2007; Williams mfl., 2011). Det er således mangelfull kunnskap om hva som skiller et velfungerende tiltak fra et mindre godt tiltak. Det er samtidig mangelfull kunnskap om kostnadene (økologiske og økonomiske) knyttet til det å etablere et fungerende tiltak i forhold til lite fungerende tiltak. Samtidig er det anerkjent at tiltak kan etableres og hovedprinsippene bak velfungerende tiltak er godt kjent:

- Hindre ål fra å innvandre potensielt farlig område (f.eks passere varegrinda)
- Lede ål til en trygg og attraktiv fluktåpning
- Lede ål fra fluktåpningen trygt videre og tilbake til elva

I forhold til andre arter har det vist seg mer vanskelig å etablere velfungerende tiltak for ål. Dette skyldes sannsynligvis at ål har et mer fleksibelt atferdsrepertoar i forhold til ulike stimuli enn andre arter (Porcher, 2002; Travade et al., 2010).

Tiltakene som ble igangsatt ved Fosstveit var ikke i henhold til internasjonale råd. Varegrinda ved Fosstveit var breispila (50 mm lysåpning) og hadde en α -vinkel på 70° . Internasjonalt anbefales det lysåpninger < 20 mm og en α -vinkel på $< 35^\circ$. Når varegrinda er smalspila vil den utgjøre en fysisk barriere for ål, samtidig som en lav inngangsvinkel vil bidra til å lede ål frem til en fluktåpning. Vannhastigheten inn mot varegrinda var på 50 cm/s når turbinvannføringen var høy. Denne er ikke vesentlig høyere enn det som anbefales.

Det har internasjonalt vært mye diskusjon på hvor fluktåpninger for ål skal plasseres. Denne diskusjonen er motivert ut fra manglende kunnskap om hvor ål oppholder seg i vannmassene; vandrer ålen høyt eller langs bunnen. Forsøk i Frankrike har ikke gitt noe klart svar på hva som er riktig plassering av fluktåpningene og ål benytter både overflateorienterte, men også bunnorienterte fluktåpninger (Gosset mfl., 2005; Travade et al., 2010). Det har samtidig vært en inkonsistens i ålens atferd mellom kraftverk og mellom år. Det er dermed ikke opplagt hva som er "rett" plassering av fluktåpningen. Hvilke fluktåpninger ål benytter kan variere med i hvilken grad inntaksområdet er opplyst, dybder og størrelse på inntaksområdet, men også med vannhastigheter, lysgjennomtrenging og temperatur. Samtidig som plasseringen er kritisk for resultatet, er det uheldig at man ikke vet hva som er best plassering.

For å tilby ål en alternativ og trygg utvandingsrute måtte vi etablere en fluktrute (sideløp) ålen fant attraktiv. Vi kunne enten benytte overflatetiltaket etablert for smolt eller etablere slamluka som fluktåpning. Erfaringer fra blant annet Amerikansk ål tilsier at ål vil dykke når den treffer en hindring som for eksempel en varegrind (Brown et al., 2009; Haro et al., 2000). Ettersom ål oftest regnes som bunnlevende og dykker når den ankommer varegrinda, valgte vi å benytte slamluka. Denne er plassert dypere enn og vertikalt på varegrinda. Dette tiltaket kunne iverksettes uten ombygging av kraftverket. Vårt mål var deretter å angi i hvilken grad tiltaket bidro til å berge ål. Når denne fluktruten var etablert hadde ål tre utvandingsmuligheter, hvor sideløpet og damkrona representerte trygge ruter. Det ble sluppet en begrenset vannmengde ut sideløpet. Denne ble variert innen og mellom år for å fastslå når sideløpet fremsto som attraktivt. Variasjon i vannføring ut sideløpet vil innvirke på det hydrauliske bildet omkring sideløpet samt varegrinda. Selv om vi ikke har noe mål for hvordan det hydrauliske bildet ble påvirket, er det rimelig å anta at nærområdet til fluktåpningen påvirkes mer enn områdene lengre bort og at vannmassene nær bunnen (ca 6 m dybde) påvirkes mer enn overflatevannet.

Fra forsøkene startet i 2010 til de ble avsluttet i 2013 ble undersøkelsesprogrammet årlig opprustet i takt med erfaringene fra året før. Datasettet fra 2013 er følgelig mer robust enn datasettene fra årene forut. I 2013 benyttet i størrelsesorden 20 % av ålen sideløpet, 41 % utvandret over damkrona mens 39 % utvandret turbinløpet. Fordelingen mellom utvandringsrutene vi observerte i 2013 vil ha variert mellom år fordi vannføringsregimet samt at drift av sideløpet varierte. Mens sideløpet vil være eneste trygge utvandringsrute når vannføringen er under slukeevnen til kraftverket, kan ål foretrekke å utvandre over damkrona når hovedvannføringen går her (Boubée & Williams, 2006). Både damkrona og sideløpet representerer således trygge utvandringsruter.

En varegrind har en viss hemmende effekt på ål. Denne vil variere med lysåpning, vannhastighet og ålens størrelse (Gosset et al. (2005). Varegrinda ved Fosstveit har en a-vinkel på 70° og en lysåpning på 50 mm. Det forventes at denne har beskjeden hemmende effekt på ål. Så lenge varegrinda ikke representerer en fysisk sperre og hindrer ål fra å passere hadde ålen to utvandringsmuligheter; turbinløp og sideløp. For at ål skulle benytte sideløpet må dette fremstå som mer attraktivt enn turbinløpet. En mengde ål benyttet sideløpet fremfor turbinløpet hvert år. Sideløpet hadde dermed egenskaper ålen fant attraktivt. Det var perioder med fra høy til lav dødelighet hvert år. En andel av ålen benyttet dermed turbinløpet, enten dette var frivillig eller ufrivillig. Det å forstå når ål benyttet sideløpet framfor turbinløpet ble hovedmålsetningen som lå til grunn for forsøksaktiviteten. Variasjonen i bruk av sideløp i forhold til turbinløp kunne ikke knyttes til vannføringen i sideløpet eller turbinløpet alene, men var relatert til forholdet mellom de to. Når sideløpet ble tilført minst 5 % av turbinvannføringen var det uvanlig å finne død ål nedenfor turbinløpet. Når sideløpet ble tilført <5 % av turbinvannføringen var dødelighet vanlig forekommende. Basert på periodiserte data fra hele perioden kunne ca 80 % av variasjonen i bruk av sideløpet forklares ut fra ratio mellom vannforbruk i sideløp i forhold til turbinløpet (Q_s/Q_t) alene. Slamluka var økende attraktiv når Q_s/Q_t økte forbi 5 %.

Død ål ble normalt funnet etter perioder med økt vannføring i elva. Økt turbinvannføring vil øke vannhastigheten inn mot varegrinda, endre de hydrauliske forholdene omkring både varegrind og sideløp og redusere Q_s/Q_t såfremt vannføringen i sideløpet ikke ble endres tilsvarende. Den vanligste årsaken til lav Q_s/Q_t knyttet til flommene var at vannføringen i sideløpet ikke ble justert tilstrekkelig raskt ved økende vannføring. Både økt vannhastighet samt redusert Q_s/Q_t kan forklare økt dødelighet under flommene. Slik slamluka fungerer i dag må vannføringen her økes forbi 800 l/s for å sikre at $Q_s/Q_t > 5\%$ når kraftverket har full produksjon. Dette er mulig å gjennomføre. I praksis vil det være en arbeidsintensiv oppgave å justere vannføring i sideløpet kontinuerlig i forhold til endringer i vannføring i elva såfremt det ikke automatiseres. Dersom vannføringen ut sideløpet økes for tidlig eller er for mye i forhold til behovet går dette ut over kraftproduksjon, økes det for seint dør ål. Basert på slike utfordringer finner vi ikke å kunne anbefale at tiltak baseres kun på bruk av slamluke og Q_s/Q_t . Et velfungerende tiltaket bør inkludere en fysisk vandringssperre. Dette vil innebære bruk av smalspila varegrinder. Vi har ikke utprøvd andre former for atferdssperrer som lys, lyd og boblegardiner.

Ål var primært nattaktiv. Det kan ut fra dette antas at en nattestenging av kraftverk kunne bidra til å berge ål. Det er ikke gitt at dette vil være en gunstig løsning når varegrinda er breispila. Ål vil passere en varegrind hvis vannhastigheten er lav (kraftverket står) når lysåpningen er stor (Amaral mfl., 2003). Dette kan være årsaken til uventet høy dødelighet i midten av september 2013. Etter en periode med driftsstans ble det funnet mye død ål dagene etter at drift ble gjenopptatt. Samtidig avtok Q_s/Q_t fra verdier > 6 % til verdier < 3 %. Vi kan ikke konkludere med hvorfor ål døde, men ser driftsstansen som en mulig medvirkende årsak. Dersom varegrinda var smalspila vil ål ikke kunne passere og vil ha blitt berget. Ettersom ål benyttet sideløpet også om natta kan det heller være et alternativ å stenge sideløpet om dagen framfor det å stenge kraftverket om natta. For at en slik manøvrering skal bli operasjonell må slike justeringer skje automatisk.

Foruten høy dødelighet i september 2013, var det også høy dødelighet omkring 20 til 15 oktober 2013. Denne dødeligheten inntraff samtidig som vannføringen økte og Q_s/Q_t avtok fra nivåer > 6 % til

nivåer < 4 %. Dødeligheten var høyere enn forventet basert på Q_s/Q_t alene. Vannhastigheten inn mot varegrinda økte denne perioden til 50 cm/s. Samtidig avtok temperaturen til under 7°C. Vi holder det som sannsynlig at kombinasjonen av høy vannhastighet og lav temperatur knyttet samtidig med redusert Q_s/Q_t forårsaket at ål utvandret turbinløpet. Det er sannsynlig at det hydrauliske bildet omkring varegrinda og sideløpet blir mindre gunstig når vannhastigheten er høy. Hvis dette er årsaken vil andelen av ålen som berges ikke være knyttet til en fast Q_s/Q_t alene, men Q_s/Q_t må varieres med vannhastigheten.

Resultatene fra Storelva avviker ikke nødvendigvis vesentlig fra andre tilsvarende studier, hvor mye av variasjonen knyttet til om ål benyttet turbinløp, sideløp eller damkrona og flomluke kan begrunnes i forskjeller i hvordan tiltakene er utformet og størrelse på kraftverket (Behrmann-Godel & Eckmann, 2003; Boubée & Williams, 2006; Durif et al., 2003; EPRI, 2001; Haro et al., 2000; Jansen mfl., 2007; Travade et al., 2010).

Forslag til forbedringer av tiltak

Tiltakene som ble igangsatt i Storelva fungerte normalt godt. Samtidig var det perioder hvor tiltakene ikke fungerte godt nok. Det er antydning flere årsaker til hvorfor vi hadde perioder med mye død ål. I ettertid ser vi klare forbedringspotensialer knyttet til dagens tiltak. Disse vil involvere varegrinda, men kan også inkludere ulike former for skremmesystemer.

Varegrinda

Varegrinda må fysisk hindre ål fra å passere. Mens smolt opplever en varegrind som en atferdsbarriere så lenge lysåpningen er < 2 ganger fiskens bredde, hemmes ikke ål i samme grad. Lysåpningen er kritisk for resultatet (Calles et al., 2011). Basert på erfaringer i Sverige anbefales det en lysåpning på 18 mm (Calles et al., 2013a). Dette er større lysåpning enn det som anbefales i Danmark, Tyskland og USA, men vil ut fra Svenske erfaringer være tilstrekkelig til at ål (med unntak av den aller minste ålen) beskyttes. En slik smalspillet varegrind vil forårsake økt falltap. For å motvirke falltapet, men enda viktigere, for å gjøre det lettere for ål å finne fluktåpningen, bør varegrinda stå i en spiss vinkel (< 35°) i forhold til vannstrømmen. En skråstilt varegrind vil lede ål langs varegrinda og fram til et overflateplassert fluktåpning (Amaral et al., 2003; Calles mfl., 2013b; Raynal mfl., 2013a; Raynal mfl., 2013b; Russon mfl., 2010). Det vil være lettere å drifte et overflatetiltak enn et bunnorientert tiltak.

Når varegrindas helning endres må lengden økes og arealet vil økes tilsvarende. Varegrinda kan skråstilles med en vannrett (α -vinkel) eller loddrett vinkel (β -vinkel) i forhold til vannstrømmen. Hvis det i Storelva etableres en varegrind med α -vinkel på 35° vil denne få en lengde på 10,5 m mot dagens lengde på 6,4 m. Arealet økes dermed med ca 60 %. Når avstanden mellom spileene reduseres fra 50 til 20 mm kan bredden på hver spile reduseres uten at lysåpningen reduseres. Dette, sammen med økt areal bør motvirke et falltap. Samtidig er det etableres en fysisk barriere. Denne vil fungere i forhold til ål og i forhold til smolt og vinterstøing. Gjennomføres et slikt tiltak vil fluktåpningen for alle arter være i overflata. Det må da etableres en løsning for å lede fisk fra fluktåpningen og tilbake til elva. Det er hittil anbefalt at sideløpet til føres 5 % av vannføringen inn mot turbin. Mengde vann kan sannsynligvis reduseres ytterligere hvis varegrinda får redusert lysåpning.

Belysning

I 2012 ble området bak varegrinda opplyst. Dette ble gjennomført i 2013. Ål skremmes av lys. Fravær av belysning kan ha bidratt til å øke dødeligheten i 2013, eller å redusere denne i 2012 i forhold til de andre årene.

Mens man kan oppnå en gunstig effekt av å belyse området bak varegrinda, vil en opplysning av damkrona og fluktåpningen kunne hindre ål fra å benytte trygge utvandningsruter.

9. Referanser

- Aarestrup, K., Thorstad, E.B., Koed, A., Jepsen, N., Svendsen, J.C., Pedersen, M.I., Skov, C. & Økland, F., 2008. Survival and behaviour of European silver eel in late freshwater and early marine phase during spring migration. *Fisheries Management And Ecology*, 15(5-6): 435-440.
- Acou, A., Laffaille, P., Legault, A. & Feunteun, E., 2008. Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(3): 432-442.
- Adam, B., Bosse, R., Dumont, U., Haddingh, R., Joergensen, L., Kalusa, B., Lehmann, G., Pischel, R. & Schwevers, U., 2005. Fish protection technologies and downstream fishways. Dimensioning, design, effectiveness inspection. DWA German Association for Water, Wastewater and Waste, Hennef, Germany.
- Amaral, S., Winchell, F., McMahon, B. & Dixon, D., 2003. Evaluation of angled bar racks and louvers for guiding silver phase American eels. *American Fisheries Society*, pp. 367-376.
- Behrmann-Godel, J. & Eckmann, R., 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(3): 196-202.
- Bergersen, R. & Klemetsen, A., 1989. Freshwater eel *Anguilla anguilla* (L.) from north Norway, with emphasis on occurrence, food, age and downstream migration. *Nordic Journal of Freshwater Research (Sweden)*. 64: 54-66.
- Boubée, J. & Williams, E., 2006. Downstream passage of silver eels at a small hydroelectric facility. *Fisheries Management And Ecology*, 13(3): 165-176.
- Brown, L., Haro, A. & Castro-Santos, T., 2009. Three-dimensional movement of silver-phase American eels in the forebay of a small hydroelectric facility. *Eels at the Edge: Science, Status and Conservation Concerns: 277-291*.
- Brujns, M.C.M. & Durif, C.M.F., 2009. Silver eel migration and behaviour. *Spawning Migration of the European Eel: 65-95*.
- Calles, O., Degerman, E., Wickström, H., Christiansson, J., Gustafsson, S. & Näslund, I., 2013a. Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013: 14. : 114 s.
- Calles, O., Karlsson, S., Hebrand, M. & Comoglio, C., 2011. Evaluating technical improvements for downstream migrating diadromous fish at a hydroelectric plant. *Ecological Engineering*.
- Calles, O., Karlsson, S., Vezza, P., Comoglio, C. & Tielman, J., 2013b. Success of a low-sloping rack for improving downstream passage of silver eels at a hydroelectric plant. *Freshwater Biology*, 58(10): 2168-2179.
- Calles, O., Rivinoja, P. & Greenberg, L., 2013c. A Historical Perspective on Downstream Passage at Hydroelectric Plants in Swedish Rivers. *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, First Edition. Edited by Ian Maddock, Atle Harby, Paul Kemp and Paul Wood., JohnWiley & Sons, Ltd. Published 2013 by JohnWiley & Sons, Ltd.
- Carton, G. 2001. Do fish have feelings? Discovering how fish detect water flows. *Water & Atmosphere* 9(3): 10-11.
- Davidson, J.G., Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E.B., Mo, T. & Rikardsen, A., 2011. Early marine migration of European silver eel *Anguilla anguilla* in northern Norway. *Journal of Fish Biology*, 78(5): 1390-1404.
- Dekker, W., 2012. Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2012. First post-evaluation of the Swedish Eel Management Plan. *Aqua reports* 2012, 9: 86.
- DN, 2011. Forvaltningstiltak for ål i Norge. DN-notat 5-2011: 25s.
- Durif, C., Gosset, C., Rives, J., Travade, F. & Elie, P., 2003. Behavioral study of downstream migrating eels by radio-telemetry at a small hydroelectric power plant. *American Fisheries Society*, pp. 343-356.
- Durif, C.M.F., Gjørseter, J. & Vøllestad, L.A., 2011. Influence of oceanic factors on *Anguilla anguilla* (L.) over the twentieth century in coastal habitats of the Skagerrak, southern Norway. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1704): 464.
- DWA, 2005. Fish Protection Technologies and Downstream Fishways. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef.
- Elie, C.D.P., Gosset, C., Rives, J. & Travade, F., 2002. Behavioral Study of Downstream Migrating Eels by Radio-telemetry at a Small Hydroelectric Power Plant.
- Enders, E.C., Gessel, M.H. & Williams, J.G., 2009. Development of successful fish passage structures for downstream migrants requires knowledge of their behavioural response to accelerating flow. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 66(12): 2109-2117.

- Environment, A., 2009. Screening at intakes and outfalls: measures to protect eel - The Eel Manual GEHO0411BTQD-E-E
- EPRI, 2001. Review and Documentation of Research and Technologies on Passage and Protection of Downstream Migrating Catadromous Eels at Hydroelectric Facilities. EPRI, Palo Alto, CA, Allegheny Energy Supply, Monroeville, PA, Dominion, Richmond, VA, Duke Energy Corp., Charlotte, NC, Exelon Power, Kennett Square, PA, Hydro-Québec, Montreal, Quebec, Canada, New York Power Authority, White Plains, NY, Ontario Power Generation Inc., Toronto, Ontario, Canada, U.S. Department of Energy Hydropower Program, Idaho Falls, ID: 2001. 1000730.: 270p.
- Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J.-M. & Acou, A., 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels: toward a general theory, *Eel Biology*. Springer, pp. 191-213.
- Gomes, P. & Larinier, M., 2008. Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan. Etablissement de formules prédictives. Rapport GHAAPE RA, 8.
- Gosset, C., Travade, F., Durif, C., Rives, J. & Elie, P., 2005. Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research And Applications*, 21(10): 1095-1105.
- Haraldstad, Ø., Vøllestad, L. & Jonsson, B., 1985. Descent of European silver eels, *Anguilla anguilla* L., in a Norwegian watercourse. *Journal of Fish Biology*, 26(1): 37-41.
- Haro, A., Castro-Santos, T. & Boubée, J., 2000. Behavior and passage of silver-phase American eels, *Anguilla rostrata* (LeSueur), at a small hydroelectric facility. *Dana*, 12: 33-42.
- Hvidsten, N.A., 1985. Yield of silver eel and factors effecting downstream migration in the stream Imsa, Norway. Report-Institute of Freshwater Research, Drottningholm (Sweden).
- ICES, 2013. Report of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 18–22 March 2013 in Sukarietta, Spain, 4–10 September 2013 in Copenhagen, Denmark. ICES CM 2013/ACOM, 18: 851 pp.
- Jansen, H.M., Winter, H.V., Bruijs, M.C.M. & Polman, H.J.G., 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 64(7): 1437-1443.
- Katopodis, C. & Williams, J.G., 2011. The development of fish passage research in a historical context. *Ecological Engineering*.
- Kroglund, F. Güttrup, J., Hegland, P.V., Lund, E., Fjeld, E., Grung, M., Haraldstad, T. 2012a. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Årsrapport 2010, Storelva i Holt i Aust-Agder. NIVA. Rapport 1. nr OR-6331. 24 s.
- Kroglund, F. Haraldstad, T., Güttrup, J., Hegland, P.V. 2012b. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Undersøkelser av opp- og nedvandrende ål i Storelva i Holt, Aust-Agder, 2011. NIVA. Rapport 1. nr OR-6332. 33 s.
- Kroglund, F., Gjelland K.Ø., Güttrup, J., Haraldstad T., Hegland, P.V., Thorstad E.B. 2013. Overvåking av ål i Storelva og evaluering av tiltak for nedvandring forbi Fostveit kraftverk. Resultater fra undersøkelser i 2012. NIVA. Rapport 1. nr OR-6491. 50 s
- Larinier, M., 2002. Biological factors to be taken into account in the design of fishways, the concept of obstructions to upstream migration. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*(364): 28-38.
- Larsen, B.M., Thorstad, E., B. & Hesthagen, T., 2010. Forekomst og bestandsutvikling hos ål i kalkede vassdrag i Agder og Rogaland. pH-status, 2: 4-5.
- Leonardsson, K., 2012. Modellverktøy for beräkning av ålförluster vid vattenkraftverk. ELFORSK-rapport. Finns att hämta på ELFORSK:s hemsida.
- Palstra, A., Heppener, D., Van Ginneken, V., Székely, C. & Van den Thillart, G., 2007. Swimming performance of silver eels is severely impaired by the swim-bladder parasite (*Anguillicola crassus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 352(1): 244-256.
- Piper, A.T., Wright, R.M., Walker, A.M. & Kemp, P.S., 2013. Escapement, route choice, barrier passage and entrainment of seaward migrating European eel, *Anguilla anguilla*, within a highly regulated lowland river. *Ecological Engineering*, 57: 88-96.
- Poole, W.R., Reynolds, J.D. & Moriarty, C., 1990. Observations on the silver eel migrations of the Burrishoole River system, Ireland, 1959 to 1988. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 75(6): 807-815.
- Porcher, J., 2002. Fishways for eels. *Bulletin Francais De La Pêche Et De La Pisciculture*(364 supplément): 147-155.
- Quintella, B., Mateus, C., Costa, J., Domingos, I. & Almeida, P.R., 2010. Critical swimming speed of yellow- and silver-phase European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 26(3): 432-435.

- Raynal, S., Chatellier, L., Courret, D., Larinier, M. & David, L., 2013a. An experimental study on fish-friendly trashracks—Part 2. Angled trashracks. *Journal of Hydraulic Research*, 51(1): 67-75.
- Raynal, S., Courret, D., Chatellier, L., Larinier, M. & David, L., 2013b. An experimental study on fish-friendly trashracks—Part 1. Inclined trashracks. *Journal of Hydraulic Research*, 51(1): 56-66.
- Reckordt, M., Ubl, C., Wagner, C., Frankowski, J. & Dorow, M., 2013. Downstream migration dynamics of female and male silver eels (*Anguilla anguilla* L.) in the regulated German lowland Warnow River. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletine of the Fisheries Research Board of Canada* 191. 382 s.
- Russon, I., Kemp, P. & Calles, O., 2010. Response of downstream migrating adult European eels (*Anguilla anguilla*) to bar racks under experimental conditions. *Ecology of Freshwater Fish*, 19(2): 197-205.
- Sand, O., Enger, P.S., Karlsen, H.E., Knudsen, F. & Kvernstuen, T., 2000. Avoidance responses to infrasound in downstream migrating European silver eels, *Anguilla anguilla*. *Environmental Biology of Fishes*, 57(3): 327-336.
- Schilt, C.R., 2007. Developing fish passage and protection at hydropower dams. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3-4): 295-325.
- Schwarz, C.J. & Seber, G.A., 1999. Estimating animal abundance: review III. *Statistical Science*: 427-456.
- Schwarz, C.J. & Taylor, C.G., 1998. Use of the stratified-Petersen estimator in fisheries management: estimating the number of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) spawners in the Fraser River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(2): 281-296.
- Tesch, F.W. & White, R.J., 2008. *The eel*. John Wiley & Sons.
- Thorstad, E.B., Larsen, B.M., Finstad, B., Hesthagen, T., Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Næsje, T.F. & Sandlund, O.T., 2011. Kunnskapsoppsummering om ål og forslag til overvåkingssystem i norske vassdrag NINA Rapport 661.
- Thorstad, E.B., Larsen, B.M., Hesthagen, T., Næsje, T.F., Poole, R., Aarestrup, K., Pedersen, M.I., Hanssen, F., Østborg, G.M., Økland, F., Aasestad, I. & Sandlund, O.T., 2010. Ål og konsekvenser av vannkraftutbygging- en kunnskapsoppsummering. Rapport Miljøbasert Vannføring 1-2010:: 136s.
- Trancart, T., Acou, A., De Oliveira, E. & Feunteun, E., 2013. Forecasting animal migration using SARIMAX: an efficient means of reducing silver eel mortality caused by turbines.
- Travade, F., Gosset, C., Larinier, M., Subra, S., Durif, C., Rives, J. & Elie, P., 2006. Evaluation of surface and bottom bypasses to protect eel migrating downstream at small hydroelectric facilities in France.
- Travade, F., Larinier, M., Subra, S., Gomes, P. & De-Oliveira, E., 2010. Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*(398): 1-19.
- Ugedal, O., Kroglund, F., Barlaup, B. & Lamberg, A., 2013. Smolt – en kunnskapsoppsummering. DN-utredning 2-2013; 128 sider.
- van den Thillart, G., Palstra, A. & Van Ginneken, V., 2007. Simulated migration of European silver eel; swim capacity and cost of transport. *Journal of Marine Science and Technology*, 15: 1-16.
- Vøllestad, L. & Jonsson, B., 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: evidence for density-dependent mortality, and development of a model for predicting yield. *The Journal of Animal Ecology*: 983-997.
- Vøllestad, L., Jonsson, B., Hvidsten, N., Næsje, T., Haraldstad, Ø. & Ruud-Hansen, J., 1986. Environmental factors regulating the seaward migration of European silver eels (*Anguilla anguilla*). *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 43(10): 1909-1916.
- Vøllestad, L., Jonsson, B., Hvidsten, N.A. & Næsje, T., 1994. Experimental test of environmental factors influencing the seaward migration of European silver eels. *Journal of Fish Biology*, 45(4): 641-651.
- Vøllestad, L.A. & Jonsson, B., 1986. Life-history characteristics of the European eel *Anguilla anguilla* in the Imsa River, Norway. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115(6): 864-871.
- Williams, J., Armstrong, G., Katopodis, C., Larinier, M. & Travade, F., 2011. Thinking like a fish: A key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions. *River Research And Applications*.
- Winter, H., Jansen, H. & Bruijs, M., 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish*, 15(2): 221-228.
- Winter, H.V., Jansen, H.M., Adam, B. & Schwevers, U., 2005. Behavioural effects of surgically implanting transponders in European eel, *Anguilla anguilla*. In: M. Spedicato, G. Lembo & G. Marmulla (Editors), *Aquatic Telemetry: Advances and Applications: Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry Held in Europe, Ustica, Italy, 9-13 June 2003*. Food & Agriculture Org., pp. 287-295.

Zydlewski, G.B., Horton, G., Dubreuil, T., Letcher, B., Casey, S. & Zydlewski, J., 2006. Remote monitoring of fish in small streams: A unified approach using PIT tags. : FISHERIES, 31(10): 492-502.

Vedlegg A. Lengde-vekt fordeling for ål fanget 2010 til 2013

Prosentfordeling av lengder målt på ål ved Fosstveit for årene 2010 til 2013. Samlet verdi angir alle år aggregert.

Lengdekategori mm	2010	2011	2012	2013	Samlet
150-155			1		0
170-175			2		1
220-225			2		1
300-350			2	0	1
350-400		0	3	1	1
400-450		2	3	1	2
450-500	0	5	4	1	2
500-550	11	22	13	5	10
550-600	25	32	31	22	27
600-650	43	42	48	44	45
650-700	54	51	63	57	58
700-750	61	63	68	67	67
750-800	79	80	79	78	79
800-850	93	88	90	97	93
850-900	93	88	93	97	94
900-950	96	97	96	98	97
950-1000	100	100	98	100	99
1000-1200			100		100
25- prosentil	59,7	56,0	58,0	60,0	59,0
50- prosentil	67,9	68,0	65,0	67,0	67,0
75-prosentil	78,7	78,5	78,0	79,0	78,1

Prosentfordeling av vekter målt på ål ved Fosstveit for årene 2010 til 2013. Samlet verdi er alle år aggregert.

Vektkategori g	2010	2011	2012	2013	Samlet
<100		0	3	0	1
100-150		2	4	1	2
150-200		2	5	1	2
200-250	5	7	13	7	9
250-300	13	8	19	9	13
300-350	25	19	28	18	23
350-400	34	27	34	34	33
400-450	41	39	42	45	43
450-500	46	41	48	48	47
500-550	54	44	54	53	52
550-600	57	47	59	59	57
600-650	57	51	61	63	61
650-700	57	54	65	69	65
700-750	61	58	73	71	69
750-800	64	61	75	74	72
800-850	77	64	78	78	77
850-900	79	69	80	81	79
900-950	80	76	82	85	83
950-1000	82	81	85	89	86
1000-1200	89	88	94	95	93
1200-1400	96	90	96	97	96
1400-1600	96	95	99	98	98
1600-1800	100	98	100	98	99
1800-2000		100		100	100
25- prosentil	345	400	320	375	360
50- prosentil	520	715	523	509	520
75-prosentil	833	970	803	793	830

Vedlegg B. Deteksjon av ål på antenner nedenfor kraftverket

2013

Det ble satt ut 42 ål i MVF i 2013. Av disse ble 39 påvist ut av vassdraget. De tre som manglet ved Strømmen var påvist forbi Angelstad. Av 48 ål satt ut nedstrøms kraftverket i 2013 ble 44 påvist ut av vassdraget. Av de fire som manglet var tre påvist forbi Angelstad. En ble aldri gjenfanget.

Samlet ble 85,6 % av all ål satt ut i MVF eller nedstrøms kraftverket detektert både ved Angelstad og Strømmen, mens 92 % ble påvist på minst en av antennene. Kun 1 % ble aldri påvist etter utsetting. Resultatet tyder på at antenne har fungert og at overlevelse fra utsetting til elvemunningen 6 km lenger nede var høy. Resultatet tyder også på at ålen som ble merket utvandret fra vassdraget.

2012

Det ble satt ut 42 PIT-merket ål nedstrøms kraftverket i 2012. Av disse ble 90,5 % påvist forbi Angelstad, men kun 52 % ble påvist ut av vassdraget. Til sammen 47,6 % ble påvist på begge antennene.

Gjenfangst i 2012 avviker fra 2013. Forskjellen skyldes mest sannsynlig forskjeller i vannføring. Hvis ål vandrer høyt i vannsøyla under flom (utnytter vannhastigheten best) vil den kunne passere antennene utenfor deteksjonsområdet. Ål kan da passere uten å påvises. Vannstanden var høy under hovedutvandringen i 2012 og betydelig lavere i 2013. Dette alene kan forklare forskjellene. Vi påviste en ål merket i 2012 i 2013. Det skal derfor ikke utelukkes at noe ål kan bli stående etter merking, selv om de så ut som blankål. Samtidig utgjør denne ene ålen en beskjeden andel av materialet (2,4 %).

Deteksjonssannsynlighet

Deteksjonssannsynlighet er beregnet i henhold til (Zydlewski mfl., 2006). Beregningene baserer seg på antall PIT-merker som er påvist på alle antenner (både Angelstad og Strømmen) i forhold til det antall som kun er påvist på den ene stasjonen. Deteksjonssannsynlighet for ål satt ut nedenfor kraftverket var på 0,93 for hver av antennene ved Angelstad og Strømmen i 2013, mens samlet deteksjonssannsynlighet var på 0,99. I 2012 var sannsynlighet for deteksjon på 95 % ved Angelstad, men på kun 53 % ved Strømmen. Samlet deteksjonssannsynlighet var på 98 % i 2012.

Basert på data fra de to årene bør gjenfangst av ål satt ut oppstrøms kraftverket også være høy, såfremt den har passert kraftverket i live. Avvik kan knyttes til kraftverket (dødelighet), men kan også skyldes variasjon i vannføring og dermed deteksjon.

Antall ål satt ut etter kraftverket i 2012 (kun nedstrøms) og i 2013 (i minstevannføringsstrekningen, MVF samt nedstrøms kraftverket) samt prosent gjenfangster av disse på PIT-antennene ved Angelstad samt Strømmen.

	Gjenfangst			Deteksjonssannsynlighet		
	Satt ut	Angelstad	Strømmen	Angelstad	Strømmen	Samlet
MVF 2013	42	95,3	92,8			
Nedstrøms 2013	48	89,6	91,7			
Samlet for 2013	90	92,2	92,2	0,93	0,93	0,99
Nedstrøms 2012	42	90,4	47,6	0,95	0,53	0,98

Antall ål registrert på de ulike PIT-antenne i forhold til antall satt ut i 2012 og 2013.

	Satt ut	Påvist Angelstad	Påvist Angelstad, mangler 1870	Påvist Angelstad og 1870	Må ha passert Angelstad	Påvist 1870	Kun påvist 1870	Mangler Ingen påvising
MVF 2013	42	40	3	37	42	39	2	0
Nedstrøms 2013	48	43	3	40	47	44	4	1
Sum	90	83	6	77	89	83	6	1
Nedstrøms 2012	42	38	18	20	39	20	1	4

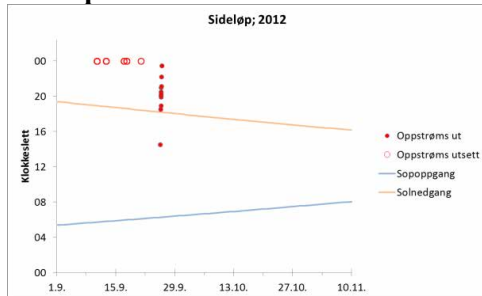
Deteksjoner beregnet i henhold til (Zydlowski mfl., 2006).

	påvist begge	Kun Angelstad	Kun Strømmen	Påvist ingen	Sum passert
	91	6	6	1	92
E in situ A1	0,938				
E in situ A2	0,938				
E none	0,989				
Ecombined	0,996174				

Vedlegg C. Tidspunkt ål ble registrert ut sideløpet

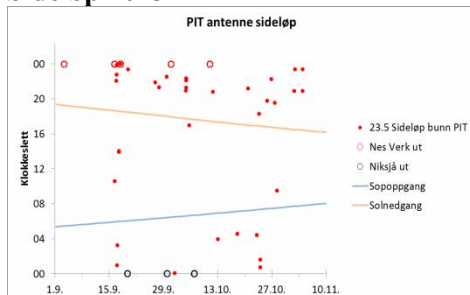
I 2012 utvandret ål som benyttet sideløpet kun på kvelden 25. september. Etter denne datoen vandret all resten av ålen over damkrona.

Sideløp 2012



I 2013 ble det registrert at ål benyttet sideløpet fra 16. september til 8. november. PIT-antenna er plassert på innløpet til fangstkista. Klokkeslettene som er registrert trenger ikke representere klokkeslettet ål innvandret fluktruten. Ål kan ha blitt tidstrenert i energidreperen (bassenget) på utsiden av slamluka. Derfor må dataene brukes med forsiktighet, men kan også antyde på at ål benyttet flukthullet primært om natta.

Sideløp 2013



Hvis ål benytter flukthullet primært om natta kan man tenke seg en døgnvariabel drift av tiltak. I så fall må ål ikke kunne passere varegrinda når kraftverket stanses. Erfaringene fra 2013 tyder på at ål passerte varegrinda og ble sugd inn mot turbinen og døde når drift ble startet igjen.

Vedlegg D. Vandringshastigheter (kl/s)

Hastigheter angitt som kroppslengde/s. Her er hastighet knyttet til den enkelte ålens lengde, tidsforbruk mellom to stasjoner og avstanden mellom de samme stasjonene.

		25-prosentil	Median	75- prosentil	Minimum	Maksimum	Antall
Nedstrøms KV 2012	Lengde (m)	0,57	0,61	0,65	0,20	0,92	37
	Ut til Ang	0,00	0,02	0,05	0,00	0,07	37
	Ang til Strømmen	0,01	0,02	0,03	0,01	0,86	19
Oppstrøms 2012	Lengde (m)	0,58	0,64	0,71	0,40	0,95	65
	Ut til passert KV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54
	KV til Ang	0,03	0,03	0,11	0,00	0,19	45
Niksjå 2012	Ang til Strømmen	0,14	0,50	0,76	0,01	1,02	35
	Lengde (m)	0,59	0,63	0,67	0,58	0,68	5
	Ut til KV	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	4
	KV til Ang	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	4
	Ang til Strømmen	0,93	0,98	1,03	0,87	1,08	3
	Nedstrøms KV 2013	Lengde (m)	0,60	0,65	0,75	0,39	0,99
	Ut til Ang	0,00	0,01	0,02	0,00	0,21	83
	Ang til Strømmen	0,01	0,02	0,10	0,00	1,11	77
	Nes verk 2013	Lengde (m)	0,61	0,68	0,79	0,51	1,04
	Ut til Eng	0,00	0,01	0,08	0,00	0,60	93
	Eng til KV	0,00	0,01	0,08	0,00	1,89	93
	Ut til KV	0,00	0,00	0,02	0,00	0,17	126
	KV til Ang	0,01	0,01	0,04	0,00	1,37	87
	Ang til Strømmen	0,06	0,12	0,69	0,00	1,14	77
	Niksjå 2013	Lengde (m)	0,62	0,64	0,68	0,59	0,75
	Ut til Eng	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	4
	Eng til KV	0,01	0,05	0,25	0,00	0,73	4
	Ut til KV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15
	KV til Ang	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	7
	Ang til Strømmen	0,05	0,07	0,11	0,01	0,28	8

Vedlegg F. Datagrunnlag for å fastslå hvor ål passerte kraftverket

Antall ål som utvandret sideløpet, over damkrona eller med bruk av turbinløpet fra utsettingene i Niksjå og Nes Verk. I tabellen er det angitt hvilke PIT-stasjoner som er benyttet til vurdering av utvandningsrute. Ål ble påvist på PIT-antennene ved Engkjerrfoss (Eng), Angelstad (Ang) og ved Strømmen (Strøm).

Antall fisk angir antall tilordnet den spesifikke gruppen.

	Ant. fisk	Antall individ påvist					Datagrunnlag for å avgjøre passeringsrute			
		Eng	Sideløp Turbindød	Ang	Strømmen	Ang samt Strømmen	Eng og eller Ang	Sideløp Turbindød	Est ut fra Ang	Est ut fra Strømmen
Niksjå										
Sideløpsfisk	7	3	7	3	4	3	7			
Damkrone; Ang	2			2	2	2			2	
Turbin; Ang lever	2			2	2	2			2	
Turbindød	4	1	4				4			
Kun Engkjær	1	1								
Sum	16	5	11	7	8	7				
Nes Verk										
Sideløpsfisk	34	18	34	21	28	19	34			
Damkrone; Strøm	24	12			24		12			12
Damkrone; Ang	46	27		46	46	46	27		19	
Turbin; Strøm lever	5	3			5		3			2
Turbin; Ang død	14	11		14			11		3	
Turbin; Ang lever	7	6		7	7	7	6		1	
Turbindød	21	11	21				21			
Kun Engkjær	6	6								
Ikke påvist	10									
Sum	167	94	55	88	110	72				
Niksjå + NesVerk	183	99	66	95	118	79	57	66	27	14

Vedlegg G. Soloppgang, solnedgang og månefase

Ål utvandrer primært om natta eller når det er mørkt (oppsummert i Thorstad mfl., 2010, 2011). Ål benytter ikke klokkeslett til å styre vandringen, men benytter mer sannsynlig lysstyrke. Tidspunkt for soloppgang og solnedgang har dermed betydning for tidsvinduet ålen vandrer i. Samtidig kan vannets turbiditet ha betydning, hvor det er sannsynlig at ål vandrer også på dagen tidlig i en flomfase.

Soloppgang og solnedgang samt tussmørke (skumring og demring) kan defineres ut fra solhøyde. Tussmørke er tiden før soloppgang, og etter solnedgang, når solen er under horisonten, men landskap fortsatt kan være synlig. Grad av tussmørke defineres ut fra solas høyde under horisonten og angis som alminnelig, nautisk og astronomisk. Mens det var 7,5 timer fra solnedgang til oppgang 1. august i Arendal var det 15 timer mellom de to tidsperiodene 31. oktober. Hvis nautisk natt benyttes, var natta på 2,5 t 1. august og på 12 timer 31. oktober. Ofte angis vandring som å ha foregått på natt eller dag. Når det ikke tas hensyn til, eller når varighet av tussmørke ikke oppgis, kan viktig informasjon gå tapt. På grunn av den store endringen i forholdet mellom natt og dag i vandringsperioden for ål er klokkeslett et for upresist mål for lys/fravær av lys. Det må samtidig tas hensyn til solhøyde. Maksimum solhøyde er 1 t 26 min etter kl 12 i Tvedestrand om sommeren og 26 min etter 12 når det ikke er sommertid.

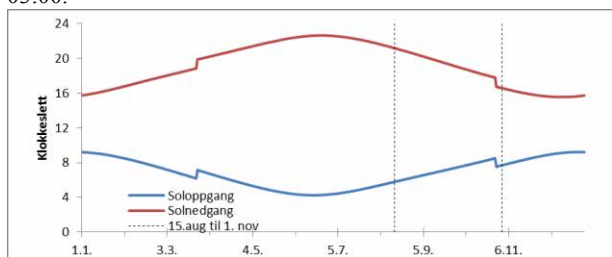
Måneskinn vil også påvirke lysstyrken om natta, og kan påvirke ål, men effekter av månefase på ålevandring spriker mellom undersøkelser (Thorstad et al., 2011; Thorstad mfl., 2010). (Vøllestad et al., 1986) fant ingen effekt av månefase på utvandringen i Imsa. Derimot stanset nedvandringen i perioder med måneskinn når månen kom fram over horisonten og skinte ned på elva. Det kan derfor hende at nedvandringen ikke er så sterkt påvirket av månefasen i seg selv, men at vandringen stanser opp under lys (Haraldstad et al., 1985; Vøllestad et al., 1986). Vøllestad mfl. (1986) foreslo at nedvandringen stanser når lyset kommer over en viss terskelverdi, og at denne verdien syntes å være på 0,06 lux.

Dag	sola er over horisonten	helt lyst
Alminnelig tussmørke	< 6°	sterkeste stjerner og landskap synlig
Nautisk tussmørke	6-12°	stjerner synlig, landskapsomriss fortsatt synlig
Astronomisk tussmørke	12-18°	i praksis mørkt
Natt	> 18°	helt mørkt

Soloppgang og solnedgang i Arendal hentet fra www.timeanddate.no. Avviket herifra til Storelva er minimalt. Det vil være en liten datoforskjell mellom år. Det må hentes årsspesifikke datoer hvis dette skal benyttes i analyser.

	<i>Skumring/demring</i>						<i>Sol</i>		<i>Middag</i> Solen står høyst
	Astronomisk		Nautisk		Alminnelig		oppgang	nedgang	
	starter	slutter	starter	slutter	starter	slutter			
1. aug	Hele natta		02:47	00:16	04:21	22:39	05:16	21:45	13:31
15. aug			03:51	23:04	04:59	21:58	05:47	21:10	13:29
1. sep	03:40	23:06	04:47	22:00	05:42	21:06	06:24	20:24	13:25
15. sep	04:31	22:07	05:25	21:13	06:15	20:24	06:55	19:44	13:20
1. okt	05:15	21:12	06:04	20:23	06:50	19:37	07:30	18:58	13:14
15. okt	05:49	20:31	06:35	19:45	07:21	18:59	08:02	18:19	13:11
31. okt	05:23	18:53	06:09	18:07	06:56	17:20	07:39	16:37	12:09

Solopp- og solnedgang i Arendal. Hakkene i kurvene skyldes at data ikke er korrigert for sommertid som sluttet 28. oktober 03:00.

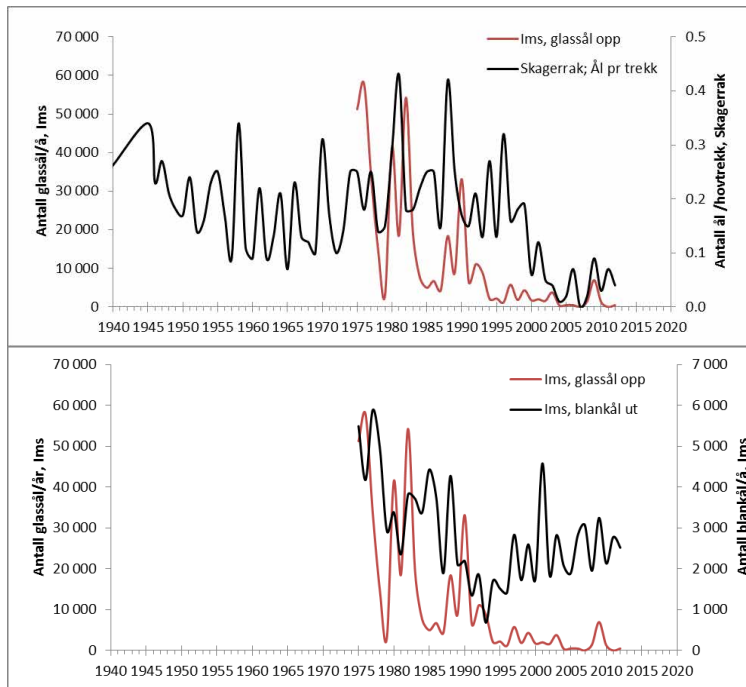


Datoer for ulike månefaser i juli-november 2010-2013.

Årstall		Nymåne	Første kvartal	Fullmåne	Tredje kvartal
2013	Juli	8	16	22	29
	Aug	6	14	21	28
	Sep	5	12	19	27
	Okt	5	11	18	26
	Nov	3	10	17	25
2012	Juli	19	26	3	11
	Aug	17	24	2	9
	Sep	16	22	31	8
	Okt	15	22	30	8
	Nov	13	20	29	7
2011	Juli	30	8	15	23
	Aug	29	6	13	21
	Sep	27	4	12	20
	Okt	26	4	12	20
	Nov	25	2	10	18
2010	Juli	11	18	26	4
	Aug	10	16	24	3
	Sep	8	15	23	1
	Okt	7	14	23	30
	Nov	6	13	21	28

Vedlegg H. Nasjonal overvåking av ål

Data hentet fra (ICES, 2013)



Innsig av glassål til NINAs forskningsstasjon Ims samt antall ål pr. trekk i strandnotserien fra Skagerrak til HI.

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