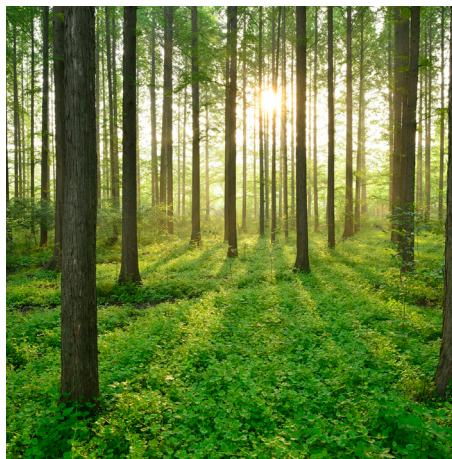
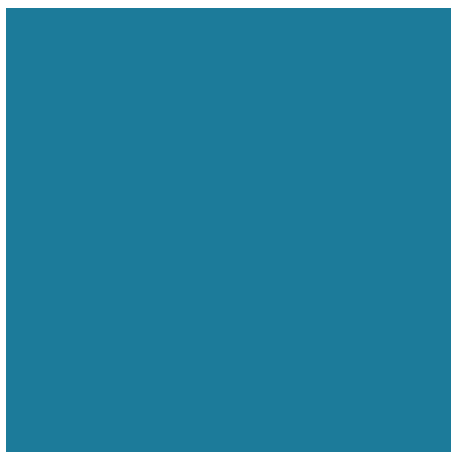


ETTÅRIG SMOLT OCH HAVSÖVERLEVNAD

RAPPORT 2025:1103



VATTENKRAFTENS
KOMPENSATIONSODLING



Ettårig smolt och havsöverlevnad

Uppföljning av havsöverlevnad inom projekt: Hur stor
behöver en ettårig öring eller lax vara?

ANDERS ALANÄRÄ, ERIN MCCALLUM & LO PERSSON

ISBN 978-91-89918-04-7 | © Energiforsk April 2025

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Projektet "Ettårig smolt och havsöverlevnad - Uppföljning av havsöverlevnad inom projekt: Hur stor behöver en ettårig öring eller lax vara?" har undersökt en sorteringsstrategi där en-somrig öring och lax delades upp i olika storleksklasser under hösten för att undersöka deras status som ettårig smolt till våren. Den här rapporten är en uppföljning av Energiforskrapport 2021:772 som publicerades 2021.

Den här frågan är av stor betydelse för kompensationsodlingen i Sverige och är av stort intresse för Energiforsks program Vattenkraftens kompensationsodling, vars långsiktiga mål är att stötta utvecklingen av en nationell, gemensam plan för villkor, utvärdering och uppföljning av utsättningar av kompensationsodlad fisk.

Författare till rapporten är Anders Alanärrä, Erin McCallum och Lo Persson från Sveriges Lantbruksuniversitet. Referensgruppen bestod av Åke Forssén, Vattenfall, Mikael Lindström, Vattenfall Vattenkraft, Marco Blixt, Fortum, Daniel Axelsson, Statkraft och Thomas Olsson, Vattenregleringsföretagen.

Rapportförfattarna ansvarar för alla resultat och slutsatser i rapporten.

Sammanfattning

Ettårig smolt av både öring och lax sätts idag ut i allt större omfattning från svenska kompensationsodlingar. Det råder dock oklarheter kring om de är tillräckligt stora för att utvecklas till smolt och storlekens betydelse för god havsöverlevnad. Syftet med detta projekt var att undersöka en sorteringsstrategi där en-somrig öring och lax delades upp i olika storleksklasser under hösten för att undersöka deras status som ettårig smolt till våren.

Denna studie bestod av två delar; en första där smoltvandring följdes i semi-naturella vandringsbassänger och överlevnad under den första tiden efter utsättning (se Alanära m fl 2021), samt en andra där återvandring och havsöverlevnad kvantifierades. Återvandringen av PIT-tag märkta individer från havet följdes upp efter tre havsvintrar för lax och efter fyra havsvintrar för öring.

Oberoende av storleksklass efter sortering hösten innan utsättning uppvisade ettårig öringsmolt en mycket låg återvandring från havet, i genomsnitt 0,12 %. Tvåårig öring däremot hade en återvandring från havet på i medeltal 2,9 %, med ökade ackumulerad återvandringen upp till en storlek av 19 cm längd för att sedan plana ut. Återvandringen av lax var generellt mycket låg, ca 0,2 %, oavsett storlekssortering eller ålder. Sambandet mellan smoltstorlek och havsöverlevnad indikerade en brytpunkt för tvåårig lax vid ca 18 cm längd.

Smoltens ålder påverkade reaktionsnormen för könsmognad. Ettårig öring- och laxsmolt blev generellt könsmogna ett år senare än tvåårig smolt. Effekten av ålder beror sannolikt på att ettårig smolt är för liten för att kunna övergå till fiskdiet under den första sommaren i havet. Tvåårig smolt har större möjlighet att tidigare övergå till en fiskdiet, vilket påverkar tillväxten positivt och triggar initieringen av könsmognad.

Nyckelord: Kompensationsodling, lax, öring, ettårig smolt, sortering, havsöverlevnad

Summary

One-year-old smolts of both trout and salmon are today increasingly released from Swedish compensatory hatcheries. However, there is uncertainty about whether they are large enough to develop into smolts and the importance of body size for good sea survival. The purpose of this project was to investigate a size-grading strategy where one-summer trout and salmon were divided into different size classes during the autumn to investigate their status as one-year-old smolts in the spring.

This study consisted of two parts: first, smolt migration was followed in semi-natural migration tanks and then survival was tracked during the first period after release (see Alanärä et al. 2021), and second, where sea survival and return migration were quantified. The return migration of PIT-tag tagged individuals from the sea was assessed after three sea winters for salmon and after four sea winters for trout.

Regardless of size class after sorting, in the autumn before release, one-year-old trout smolts showed a very low return percent from the sea, on average 0.12%. Two-year-old trout, on the other hand, had a return percent from the sea of 2.9%, with an increasing accumulated return rate up to a size of 19 cm in length and then levelled out. For salmon, the percent returning from the sea was generally very low, about 0.2%, regardless of size sorting or age. The correlation between smolt size and sea survival indicated a threshold value for two-year-old salmon at about 18 cm in length.

The age of the smolt affected the reaction norm for sexual maturity. One-year-old trout and salmon smolts generally reached sexual maturity one year later than two-year-old smolts. The effect of age is probably due to the fact that one-year-old smolts are too small to be able to quickly switch to a fish-based diet in the sea. Larger two-year-old smolts have a greater opportunity to switch to a fish-based diet earlier in their time in the sea, which has a positive effect on growth and triggers the initiation of sexual maturity.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Material och metoder	8
2.1	Fisk och sortering	8
2.2	PIT-tag märkning och utsättning	8
2.3	Uppdelning i storleksklasser	8
2.4	Registrering av PIT-tag märken	9
3	Resultat	10
4	Diskussion	13
4.1	Återvandring från havet	13
4.2	Ålder vid könsmognad	15
5	Referenslista	17

1 Inledning

En av de viktigaste frågeställningarna inom kompensationsodling av lax och havsöring är storleken på fisken under våren innan utsättning och huruvida den är smolt eller inte.

Enligt Thorpe m fl. (1998) avgörs detta för lax under sensommar eller tidig höst, 8–9 månader innan smoltutsättning. Det viktiga är fiskens storlek efter sommaren och hur stora fettreserver den hunnit bygga upp. Elson föreslog redan 1957 att laxstirr måste vara minst 10 cm lång under hösten för att bli smolt den kommande våren. Andra studier har bekräftat att fisken bör vara inom intervallet 8–12 cm (Kristinsson m fl. 1985; Metcalfe m fl. 1988; Skilbrei 1991; Bjerknes m fl. 1992). Den exakta tidpunkten för när storleken ska ha uppnåtts är dock oklar och studierna ovan anger olika tider, från sensommar till senhöst. Sammantaget indikerar tidigare litteratur att en lax som inte initierat smoltifieringsprocessen under hösten sannolikt inte blir smolt till våren oavsett hur bra den växer innan utsättning.

En liknande storlekseffekt har observerats hos havsvandrande öring, där snabbväxande individer blir smolt tidigare än de som växer långsammare (Jonsson 1985; Bohlin m fl. 1993; Økland m fl. 1993). Skillnaden i storlek hos havsvandrande individer är dock större jämfört med lax (Jonsson 1985; Økland m fl. 1993; Boel m fl. 2014; Villar-Guerra m fl. 2019), vilket indikerar ett mer flexibelt tröskelvärde för storlek. I en dansk studie på havsöring visade Villar-Guerra m fl. (2019) att stirr utan synbara smolttecken vandrade ut i havet och hade högre andel återvandrande individer än de som till det yttre bedömdes vara smolt. Merparten av dessa vandrade dock tillbaka mindre än ett år efter utvandring (Villar-Guerra m fl. 2019). Uppgifter på faktiska tröskelvärden saknas för havsöring, samt även när på hösten innan smoltifiering man med säkerhet kan säga att de blir ettårig smolt.

Juvenil lax som nått det kritiska tröskelvärdet för smoltifiering efter sommaren har visat sig fortsätta växa bra under hösten jämfört med övriga individer (Metcalfe m fl. 1988; Skilbrei 1991). Teoretiskt innebär detta att en sortering på hösten eller vintern efter att tillväxten avtagit skulle kunna leda till att ettårig fisk kan sorteras ut med större säkerhet.

Syftet med detta projekt var att undersöka en sorteringsstrategi där en-somrig öring och lax delades upp i olika storlekklasser under hösten för att sättas ut som ettårig smolt till våren. Återvandringen av PIT-tag märkta individer från havet följdes upp efter tre havsvintrar för lax och fyra havsvintrar för öring. Inom ramen för denna studie har även smoltens vandring i semi-naturella vandringsbassänger studerats och överlevnad under första tiden efter utsättning kvantifierats (se Alanärrä m fl. 2021).

2 Material och metoder

2.1 FISK OCH SORTERING

En-somrig öring sorterades den 18 september 2018 i tre olika storleksklasser (tabell 1). Notera att öringen endast sorterades en gång. Tvåårig öringsmolt härstammade från den minsta storlekssorteringen från 2017.

En-somrig lax sorterades i tre storleksklasser den 29 augusti 2019 (tabell 1). Notera att endast den största sorteringen och mellansorteringen användes i försöket. En andra sortering genomfördes den 25 februari 2020. Dessa grupper, stor och mellan, delades utifrån storlek vid andra sorteringstillfället upp i två grupper och benämns stor eller liten (tabell 1). Fisk som sorterades som liten från den andra sorteringen användes inte i försöket. De gick kvar i Vattenfalls yngelhall fram till utsättningen i maj och juni. Vattenfalls odlingstråg i yngelhallen är 4 m i diameter och 0,8 m djupa. Tvåårig laxsmolt härstammade från den minsta sorteringen från 2018. De tvååriga fiskarna flyttades till smolthallen efter den första odlingssäsongen. Bassängerna i smolthallen är ca 0,5 m djupa och 11 m i diameter.

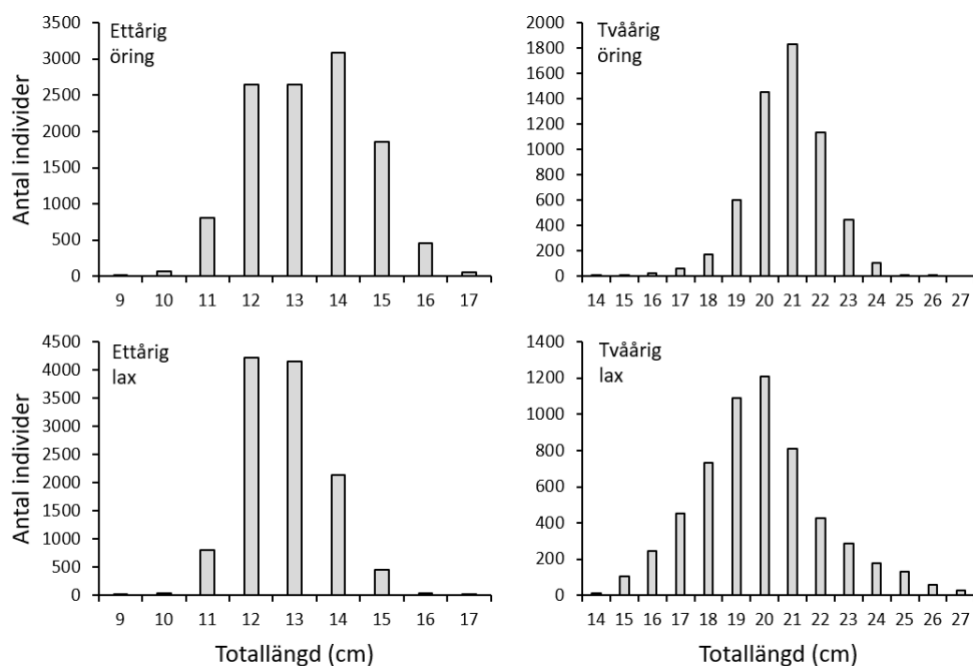
2.2 PIT-TAG MÄRKNING OCH UTSÄTTNING

PIT-tag märkningen genomfördes med en märkpistol. Det märke som användes i projektet var Biomark/Allflex (BIO12.B.03/TX708HQ FDX-B), 12 mm lång, kompatibelt med ISO Standard 11784 och 11785. Ettårig öring märktes mellan 15–21 mars och tvåårig öring 12–15 mars 2019. Ettårig lax märktes mellan 10–13 mars och tvåårig lax 24–25 mars 2020. Antalet märkta individer inom olika grupper redovisas i tabell 1. I samband med PIT-tag märkningen registrerades förekomst av tidig könsmognad hos hannar.

Den tvååriga öringen sattes ut i älven den 24 maj och den ettåriga öringen den 17 juni 2019. Motsvarande tider för tvåårig lax var den 25 maj och den ettåriga laxen den 9 juni 2020.

2.3 UPPDELNING I STORLEKSKLASSER

För att ge en klarare bild över storlekens betydelse för olika smoltparametrar grupperades alla ett- och tvååriga individer i längdklasser (en klass per cm, figur 1). Längden baserades på mätningar i mars och kan anses representera storleken på fisken under hösten efter den föregående tillväxtsåsongen. Storleken på märkt fisk var normalfördelad (figur 1).



Figur 1. Storleksfördelning av ett- respektive tvåårig öring och lax i samband med PIT-tag märkningen i mars och april.

2.4 REGISTRERING AV PIT-TAG MÄRKEN

Registreringen av PIT-tags genomfördes dels i Stornorrfors fisktrappa med automatisk skanning via 14 stycken PIT-tag antenner i fisktrappan, dels genom manuell skanning av fisk som fångas nedströms fisktrappan efter att denna stänger 1 oktober varje år.

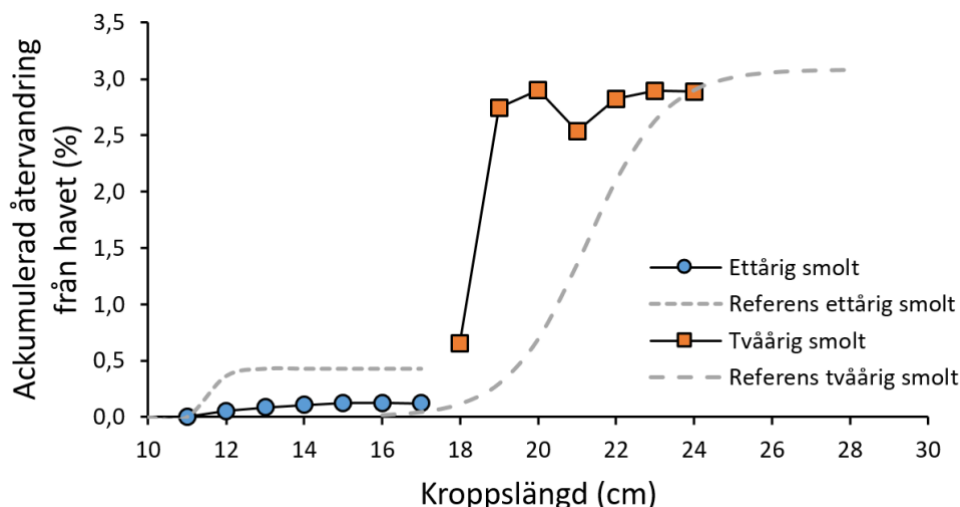
3 Resultat

Återvandringen av öring som sattes ut som ettårig smolt var låg oavsett storlekssortering (tabell 1). Återvandringen av tvåårig öringsmolt var drygt 20 gånger högre än för ettårig smolt (tabell 1). Oavsett storlekssortering var återvandringen för ettårig lax ca 0,2 %, medan återvandringen för tvåårig lax var 0,16 % (tabell 1). Av den tvååriga laxsmolten var 22 % köns mogna hannar hösten innan utsättning. Ingen av dessa återvandrande från havet till älven. Om man räknar bort köns mogna hannar från utsättningen var återvandringen 0,20 % för tvåårig smolt. För tvåårig öring registrerades inga hannar som varit köns mogna innan utsättning.

Tabell 1. Uppgifter på längd vid första sorteringstillfället, samt antal individer och längd i samband med PIT-tag märkningen i mars (medelvärde $\pm$ standardavvikelse). För olika storlekssorteringar redovisas antal återvandrande individer från havet och procentuell andel.

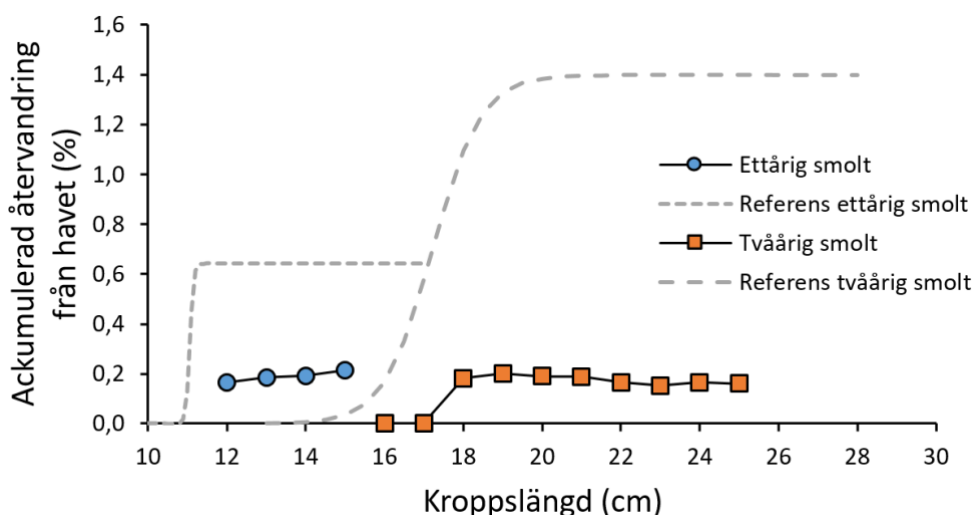
Första sortering	Längd september (cm)	Andra sortering	Längd mars (cm)	Antal märkta	Antal återvandrande	Återvandring från havet (%)
Öring						
Största	11,5	-	14,1 $\pm$ 0,9	5582	8	0,14
Mellan	10,2	-	12,1 $\pm$ 0,8	5502	6	0,11
Tvåårig	-	-	20,6 $\pm$ 1,4	5701	166	2,91
Lax						
Största	10,1 $\pm$ 0,6	Stor	13,3 $\pm$ 0,7	3855	8	0,21
		Liten	12,1 $\pm$ 0,7	3852	8	0,21
Mellan	8,6 $\pm$ 0,5	Stor	11,8 $\pm$ 0,7	3976	9	0,23
Tvåårig	-		19,6 $\pm$ 2,3	5775	9	0,16

Den procentuella återvandringen av fisk som sattes ut som ettårig öringsmolt var klart lägre än tidigare utsättningsår och var låg oavsett av storlekklass (figur 2). Tidigare märkningar av ettårig öring indikerar en brytpunkt vid en smoltlängd på 12 cm där mindre fisk hade betydligt lägre återvandring som vuxen fisk än fisk som var längre än 12 cm vid tiden för utsättning (se referenslinje i figur 2). För tvåårig öring fanns en liknande brytpunkt vid en smoltlängd på 19 cm (figur 2). Tidigare års märkningar visar att motsvarande brytpunkt för tvåårig öringsmolt låg högre, vid ca 24 cm i medeltal. Den totala återvandringen från havet för tvåårig öringsmolt var i paritet med tidigare års märkningar (figur 2).



Figur 2. Samband mellan kroppslängd och ackumulerad återvandring från havet för ett- respektive tvåårig öringsmolt. Referenslinje för ettårig öringsmolt anger medelvärde för utsättningsår med god återvandring 2014 och 2015, samt för tvåårig öringsmolt medelvärde för 2013, 2014 och 2015 (Alanärä & Persson 2021).

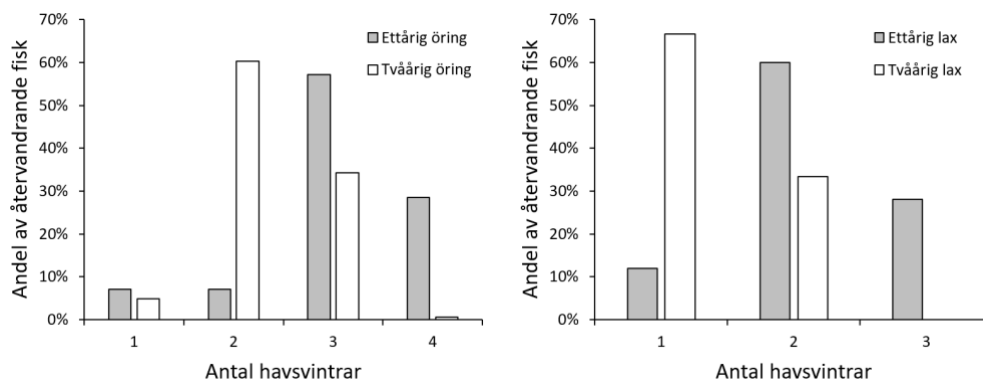
Återvandringen från havet för ettårig laxsmolt var avsevärt lägre än tidigare års utsättningar och oberoende av storleksklass (figur 3). Tidigare utsättningar visade på en brytpunkt vid 11 cm längd för ökad återvandring från havet (se referenslinje i figur 3). I denna studie var antalet ettåringar mindre än 12 cm få i antal och någon brytpunkt kunde inte observeras (figur 3). Den tvååriga laxsmolten återvandrade i betydligt lägre omfattning jämfört med tidigare år (jämför referenslinje i figur 3). En brytpunkt i återvandring kunde observeras vid 18 cm längd, vilket var något lägre än brytpunkten för tidigare års utsättningar som låg vid ca 19 cm (figur 3).



Figur 3. Samband mellan kroppslängd och ackumulerad återvandring från havet för ett- respektive tvåårig laxsmolt. Referenslinje för ettårig laxsmolt anger medelvärde för utsättningsår med god återvandring 2011, 2012, 2016 och 2017, samt för tvåårig laxsmolt åren 2011, 2012 och 2017 (Alanärä & Persson 2021).

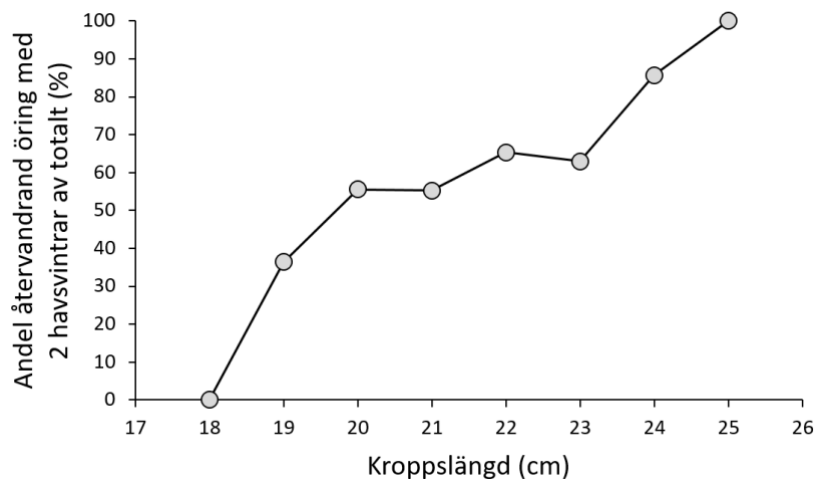
Återvandringen för ettårig öringsmolt domineras av fisk som varit ute i havet tre eller fyra havsvintrar (figur 4). Motsvarande bild för tvåårig öringsmolt är två eller

tre havsvintrar. För ettårig lax sker merparten av återvandringen efter två eller tre havsvintrar, medan en eller två havsvintrar dominerar för tvåårig laxsmolt (figur 4).



Figur 4. Andel av återvandrande fisk med olika antal havsvintrar. Se totalt antal återvandrande individer i tabell 1. Öring till vänster och lax till höger.

Andelen öringar som sattes ut som tvååriga smolt som återvandrade från havet efter två havsvintrar ökade med ökad kroppslängd vid utsättning (figur 5). Vid en smoltstorlek av 20-23 cm tillbringade ca 60 % av öringen två havsvintrar i havet innan återvandring till älven. Detta ökade till nästan 100 % vid smoltstorlekar över 23 cm.



Figur 5. Samband mellan kroppslängd vid utsättning och andel tvåårig öring som återvandrar efter två havsvintrar av totalt antal återvandrande individer. Antal återvandrande öringar med två havsvintrar var 100 av total 166.

4 Diskussion

Den avgörande frågeställningen i denna studie är ifall man kan identifiera en specifik storlek på den kompensationsodlade fisken under sensommar eller tidig höst som med hög sannolikhet leder till en utvandringsfärdig ettårig smolt till våren. För att undersöka detta sorterades fisken utifrån storleksklass under hösten året före eventuell smoltifiering som ettårig smolt. Ett stort antal fiskar i de olika storleksklasserna märktes för att studera havsöverlevnad.

4.1 ÅTERVANDRING FRÅN HAVET

Oberoende av storlek uppvisade ettårig öring mycket låg återvandring från havet, vilket var i paritet med tidigare års utsättningar (Alanärrä & Persson 2021). Storleken på ettårig öringsmolt i denna studie varierade mellan 11–17 cm där merparten låg mellan 12–16 cm. Data på vild öringsmolt från Vindelälven, Sävarån och Rickleån visar på en medelstorlek av 18–20 cm vid utvandringen till havet (Lundqvist m fl. 2007; Alanärrä & Persson 2021). Den odlade ettåriga öringen från Umeälven var således mindre än vild smolt från närliggande vattendrag. Enligt Jonsson & Jonsson (2005) kan den relativt stora storleken på vild öringsmolt, i jämförelse med laxsmolt, vara en evolutionär anpassning till ett liv vid kusten. Predationsrisken vid kusten på relativt grunda områden är sannolikt högre jämfört med predationsrisken i öppet hav, vilket gör att öringsmolten behöver vara större än laxsmolten vid utvandringen (Jonsson & Jonsson 2005). Kallio-Nyberg m fl. (2007) visade att havsöverlevnaden hos öring, som sattes ut i Bottenhavet, ökade med ökande kroppsstorlek under 1980- och 90-talen. Under denna period ökade längden på tvåårig smolt från 20 cm till 25 cm. Kallio-Nybergs (2007) studie visade på en brytpunkt för god havsöverlevnad på ca 19 cm för tvåårig öringsmolt, vilket stämmer väl överens med öringen denna studie. Data från tidigare års utsättningar av tvåårig öring visar på en brytpunkt vid ca 24 cm (se referenslinje i figur 2; Alanärrä & Persson 2021), vilket indikerar att optimal storlek inte behöver vara konstant över tid utan kan påverkas av olika variabla miljöfaktorer som fisken möter i älven och havet. Vissa år saknas till och med ett samband helt då återvandringen är densamma för olika storleksklasser av tvåårig öring (Alanärrä & Persson 2021).

Storleken på ettårig laxsmolt varierade mellan 11–15 cm vilket var inom intervallet för vild smolt från Vindelälven som varierade mellan 9–19 cm (Alanärrä & Persson 2021). Den vilda laxsmolten fångas och PIT-tag märks vid Stornorrforss fiskväg i Umeälven¹. Efter återutsättning vandrar de samma väg till havet som den kompensationsodlade molten. Tidigare studier har visat att skillnaden i återvandring från havet mellan vild laxsmolt och ettårig odlad laxsmolt ligger på en faktor 10, d v s vild lax har 10 ggr bättre havsöverlevnad (Alanärrä & Persson 2021). Den svaga återvandringen av ettårig laxsmolt från havet beror främst på att

¹ Data på vild smolt är insamlat inom EU:s datainsamlingsförordning, av institutionen för akvatiska resurser, SLU, på uppdrag av Havs- och Vattenmyndigheten.

den odlade fisken är dåligt anpassad för ett liv i naturen. Odlad fisk saknar erfarenhet av predatorer och det tar tid innan de lärt sig vad som skall undvikas och hur de skall bete sig (Healey 1982; Reisenbichler & Rubin 1999; Huntingford 2004). De saknar dessutom erfarenhet från att fånga vilda bytesdjur vilket sannolikt påverkar förutsättningarna för ett effektivt födointag den första tiden i havet (Soziak m fl. 1979; Johnsen & Ugedal 1989). En studie på födoval hos i huvudsak odlad post-smolt i Bottenhavet visade att de i hög grad åt landlevande insekter på ytan under juni och juli (Salminen m fl. 2001), vilket ur ett energiperspektiv kan resultera i en svältsituation. Data på tillväxt i Bottenhavet för tvåårig smolt indikerar att födointaget är lågt under den första tiden efter utsättning (Salminen 1977; Alanära & Persson 2021). Beroende på post-smoltens storlek övergår de till en fiskdiet (strömmingsyngel) under sensommar och höst (Salminen m fl. 2001), med en starkt positiv inverkan på tillväxten för tvåårig smolt (Alanära & Persson 2021). Enligt Salminen m fl. (2001) sker skiftet från evertebrater till fisk i Bottenhavet vid en storlek av ca 24 cm, vilket indikerar att ettårig laxsmolt är för liten för att gå över till en fiskdiet under det första halvåret i havet. Indiciet för låg tillväxt stärks av att få ettåriga individer blir könsmogna som grills, vilket är en process som kräver god tillväxt under det första halvåret i havet (se diskussion nedan). Dålig födotillgång under lång tid har sannolikt även en stor inverkan på överlevnaden. Tyvärr saknas data på tillväxt för ettårig smolt i havet eftersom utsättning av dessa är en relativt ny företeelse och det saknas återfångster av märkt fisk vid olika tidpunkter. Vild smolt är troligen mer födoeffektiv när de når havet och kan på så sätt nå en storlek där de kan övergå till en fiskdiet under sensommar och höst.

Tidigare studier på tvåårig laxsmolt har visat på ett positivt samband mellan storlek och havsöverlevnad (Vehanen m fl. 1993; Saloniemi m fl. 2004; Jokikokko m fl. 2006). Larsson (1977) visade i en sammanställning av Carlin-märkt laxsmolt från svenska kompensationsodlingar under perioden 1957–1966 en ökad havsöverlevnad upp till ca 20 cm. Fördelen med större kroppsstorlek har dels förklarats av deras mindre känslighet för storleksberoende predation (Hyvärinen & Vehanen 2004), dels som nämns ovan att de snabbare kan övergå till en fiskdiet (Salminen m fl. 2001). Detta fick till följd att kompensationsodlingar i Finland (Kallio-Nyberg m fl. 2009) och Sverige (Larsson 1977) historiskt strävat efter att producera stor tvåårig smolt för att öka överlevnaden. Smoltstorleken i Finland kunde då uppgå till över 30 cm som mest, men sedan slutet av 1990-talet har dock den positiva effekten av smoltstorlek på överlevnad minskat (Kallio-Nyberg m fl. 2009). Resultaten från denna studie indikerar en brytpunkt i havsöverlevnad vid en längd av ca 18 cm. Tidigare studier i Umeälven visar att havsöverlevnaden för tvåårig laxsmolt inte ökar vid en storlek över ca 19 cm (Alanära & Persson 2021). Data från Alanära m fl. (2017) pekar snarare på att havsöverlevnaden minskar vid större smoltstorlekar.

Odlad laxsmolt som sattes ut 2020 hade generellt en mycket dålig återvandring från havet i förhållande till tidigare års utsättningar (Alanära & Persson 2021). Jämfört med några år med god återvandringen var utsättning 2020 ca 3 ggr sämre för ettårig smolt och ca 9 ggr sämre för tvåårig smolt (jämför referenslinjer i figur 3). Liknande resultat på låg återvandring kan ses hos vild smolt från Vindelälven som vandrade ut i havet 2020 och där återvandringen halverats gentemot

genomsnittet de föregående 10 åren (Alanärä 2024). Vad denna svaga återvandring från havet beror på är okänt. En möjlig orsak kan vara att födoresursen i havet försämrats, speciellt under den första sommaren efter utvandring till havet. Mäntyniemi m fl. (2012) visade att mellanårsvariationen i post-smolt överlevnad hos lax troligen var kopplad till variation i rekryteringen av strömmingsyngel i Bottenhavet. Under 2015–2017 noterades en hel del sjuka laxar och nedgång i återvandring i flera svenska älvar (Axén m fl. 2022), men inga betydande sjukdomstecken har rapporterats under 2021–2023.

Med den metodik som använts i denna studie kan vi inte avgöra under vilken del av havsfasen som dödligheten är störst. Ifall dödligheten sker tidigt efter utsättningen och i huvudsak i älven eller mynningsområdet kan det finnas skillnader mellan olika älvar där kompensationsodlad fisk sätts ut. Det kan vara skillnader i miljön vid utsättningslokalen, älvens karaktär och storlek, vattenflöde, avstånd till havet eller mynningsområdets karaktär. Smolt från Umeälven sätts ut i en mindre 200 m lång bäck som mynnar i älvens gamla fåra. Den gamla älvfåran är 8,3 km lång innan den når älven och sammanflödet med vatten från kraftverket. I den bemärkelsen skiljer sig Umeälven från andra kompensationsodlade älvar där utsättningen sker i älvens huvudfåra. Om dödligheten i huvudsak sker i havet bör skillnader mellan älvar vara liten. Fler studier i olika älvar behövs för att fastställa den ettåriga smoltens status i kompensationscykeln.

4.2 ÅLDER VID KÖNSMOGNAD

Smoltålder påverkade reaktionsnormen² för könsmognad (antal havsvintrar) hos både öring och lax. Ettårig öring hade en medeltid i havet på 3,1 havsvintrar medan tvåårig öring i medeltal hade 2,3 havsvintrar innan könsmognad. Motsvarande tid för ettårig lax låg på 2,2 havsvintrar och för tvåårig lax på 1,3 havsvintrar. Tiden i havet innan återvandring hos öring och lax med olika smoltålder stämmer bra överens med data från tidigare utsättningar i Umeälven (Alanärä & Persson 2021).

Den generella förskjutningen av könsmognad med ca en havsvinter hos öring jämfört med lax kan vara kopplad till sämre tillväxt i havet. Data på återvandrande fisk i Umeälven visar att lax i medeltal är dubbelt så stor som öring efter två havsvintrar och hela 3 ggr så stor efter tre havsvintrar (Alanärä & Persson 2021). Efter att öring lämnat sötvattnet stannar de vanligen kvar i kustområdet relativt nära vattendraget de kommer ifrån under merparten av deras tid i havet (Lundqvist m fl. 2006; Degerman m fl. 2012; Thorstad m fl. 2016). Knutsen m fl. (2001) visade att öring är en opportunistisk predator som nyttjar en stor variation av byten i kustområden. Födointaget vid kusten kan dock vara begränsat då konkurrensen om föda sannolikt är större vid kusten jämfört med öppet hav, vilket

² Begreppet reaktionsnormer för ålder och storlek vid könsmognad utvecklades ursprungligen av Stearns och Crandall (1984) som ett teoretiskt verktyg för att beskriva hur individer hanterar variation i tillväxt som ett resultat av olika miljöfaktorer. En reaktionsnorm beskriver generellt hur en genotyp utvecklas till olika fenotyper beroende på olika miljöförhållanden. Mer specifikt för fisk så karakteriserar reaktionsnormen för ålder och storlek vid könsmognad hur dessa två egenskaper svarar på olika miljöfaktorer som påverkar tillväxt och energilagring. Det kan öka vår förståelse för olika genotypers förmåga att anpassa sig till naturliga och mänskligt inducerade förändringar i miljön.

kan förklara skillnaden i tillväxt mellan lax och öring. Det är viktigt att påpeka att vissa öringar kan nå storlekar liknande de för lax (Degerman m fl. 2012), men då krävs sannolikt ett mer pelagiskt födobeteende där födoresursen domineras av t ex strömming och skarpsill.

Andelen lax som blir könsmogen efter en vinter i havet (grills) är positivt korrelerad med tillväxten under sensommar och höst året innan lek (Friedland & Haas 1996; Jonsson m fl. 2012; Piou m fl. 2015). Individer som blir könsmogna som grills har också en högre energistatus ett år före lek jämfört med individer som inte könsmognar som grills (Jonsson m fl. 2012). Skillnaden i antal havsvintrar mellan olika smoltåldrar kan vara kopplad till att tvåårig post-smolt har, som beskrivits ovan, ett bättre nyttjande av tillgängliga födoresurser i havet jämfört med ettårig smolt. Tillväxten för ettårig smolt blir sannolikt för låg för att könsmognad ska initieras under den första hösten i havet.

Olika tid för könsmognad får också effekt på den totala havsöverlevnaden eftersom fisk som sätts ut som ettårig odlad smolt i större utsträckning stannar längre tid i havet. Detta innebär att de automatiskt får en lägre havsöverlevnad då varje år i havet medför en ökad risk att dö innan återvandring.

Även tillväxten i odling påverkar reaktionsnormen för könsmognad. Ju större tvåårig smolt desto tidigare könsmognad och återvandring från havet. Det råder ett starkt positivt samband mellan kroppslängd och andel tvååriga öringar som återvandrar efter två havsvintrar. Antalet återvandrande laxar är för lågt för att studera motsvarande samband i denna studie, men en tidigare studie på tvåårig laxsmolt från Umeälven visar på ett liknande positivt samband mellan storlek och andel återvandrade som grills efter en havsvinter (Alanärä m fl. 2017). I enlighet med diskussionen ovan så förklaras detta sannolikt av att större smolt snabbare kan övergå till en fiskdiet och därmed tidigare utveckla könsmognad. Alanärä m fl. (2017) visade att en foderreduktion under den andra tillväxtsåongen i odling minskade storleken på tvåårig laxsmolt och reducerade andelen fisk som återvandrade som grills. De fick en fördelning av könsmognad i form av antal havsvintrar som liknade den vilda smoltens fördelning (Alanärä m fl. 2017). Genom att styra tillväxten i odling kan således reaktionsnormen för könsmognad påverkas hos lax och troligen även öring.

5 Referenslista

- Alanärä, A. & Persson, L. (2021). Vad vi vet och inte vet om kompensationsodlad fisk. Energiforsk, rapport 2021: 767.
- Alanärä, A. (2024). Rapportering av återvandrande PIT-tag märkt lax och öring i Ume- & Vindelälven 2023. PM 2024-03-04. Institutionen för vilt, fisk och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Alanärä, A., McCallum, E. & Persson, L. (2021). Hur stor behöver en ettårig öring eller lax vara? Förslag till en strategi för att sortera ut ensomrig fisk på hösten som blir smolt till våren. Energiforsk, rapport 2021: 722.
- Alanärä, A., Rask, J. & Persson, L. (2017). Uppföljning av återvandrande lax. Energiforsk, rapport 2017: 456.
- Axén, C., Hällbom, H., Aspán, A., Persson, D., and Orsén, L. 2022. Hälsoövervakning av vildlevande fisk, kräftdjur och blötdjur. SVA: Statens Veterinärmedicinska Anstalt (National Veterinary Institute), p. 153. rapport-hälsoövervakning-av-vildlevande-fisk-kräftdjur-och-blötdjur-2021 (4).pdf
- Bjerknes, V., Duston, J., Knox, D. & Harmon, P. (1992). Importance of body size for acclimation of underyearling Atlantic salmon parr (*salmo salar* L.) to seawater. *Aquaculture* 104; 357–366
- Boel, M., Aarestrup, K., Baktoft, H., Larsen, T., Søndergaard Madsen, S. & Malte, H. (2014). The physiological basis of the migration continuum in brown trout (*Salmo trutta*). *Physiol. Biochem. Zool.* 87, 334–345. doi: 10.1086/674869
- Bohlin, T., Dellefors, C. & Faremo, U. (1993). Optimal time and size for smolt migration in wild sea trout (*Salmo trutta*). *Can J Fish Aquat Sci* 50:224–232
- Degerman, E., Leonardsson, K. & Lundqvist, H. (2012). Coastal migrations, temporary use of neighbouring rivers, and growth of sea trout (*Salmo trutta*) from nine northern Baltic Sea rivers. *ICES J Mar Sci* 69:971–980.
- Elson, P. F. (1957). The importance of size in the change from parr to smolt in Atlantic salmon. *Can Fish Culturist* 21:1–6
- Friedland, K.D. & Haas, R. E. (1996). Marine post-smolt growth and age at maturity of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 48: 1-15.
- Healey, M.C. (1982). Timing and relative intensity of size selective mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during early sea life. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 952-957.
- Huntingford F. A. (2004). Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes. *Journal of Fish Biology* 65 (Supplement A), 122–142.
- Hyvärinen, P. & Vehanen, T. (2004). Effect of brown trout body size on post-stocking survival and pike predation. *Ecol. Freshwater Fish* 13, 77–84.
- Johnsen, B. & Ugedal, O. (1989). Feeding by hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta* L. released in lakes. *Aquaculture and Fisheries Management* 20, 97–104.

- Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I. & Jutila, E. (2006). The survival of semiwild, wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts of the Simojoki River in the Baltic Sea. *J. Fish Biol.* 68, 430–442.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2005). Lipid energy reserves influence life-history decision of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in fresh water. *Ecology of Freshwater Fish* 14: 296–301.
- Jonsson, B. (1985). Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. *Trans Am Fish Soc* 114:182–194.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Finstad, A.G. (2012). Effects of temperature and food quality on age and size at maturity in ectotherms: an experimental test with Atlantic salmon. *Journal of Animal Ecology*, 82, 201–210.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. (2009). Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: the effect of smolt traits and annual factors. *Fish. Res.* 96, 289–295.
- Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Jutila, E. & Saura, A. (2007). Effects of marine conditions, fishing, and smolt traits on the survival of tagged, hatchery-reared sea trout (*Salmo trutta trutta*) in the Baltic Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1183–1198.
- Knutsen, J.A., Knutsen, H., Gjøsäter, J., Jonsson, B., 2001. Food of anadromous brown trout at sea. *J. Fish Biol.* 59, 533–543. doi:10.1006/jfbi.2001.1662
- Kristinsson, J. B., Saunders, R. L. & Wiggs, A. J. (1985). Growth dynamics during the development of bimodal length-frequency distribution in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 45, 1–20.
- Larsson, P.-O., 1977. Size dependent mortality in salmon smolt plantings. ICES, C. M. 1977/M: 43.
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Karlsson, L., Larsson, S., Östergren, J. Nilsson, J. Serrano, I. & Carlsson, U. (2007). Tre års smoltutvandring i Sävarån (2005–2007): Blir Sävarån svenskt indexvattendrag för skogsälvar? Rapport, SLU, Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö, 901 83 Umeå.
- Lundqvist, H., McKinnel, S.M., Jonsson, S., and Östergren, J. (2006). Is stocking with sea trout compatible with the conservation of wild trout (*Salmo trutta* L.)? In *Sea Trout: Biology, Conservation and Management*, pp. 356–371. Ed. by G. Harris, and N. Milner. Blackwell Publishing Ltd, Oxford 499 pp.
- Metcalfe, N.B., Huntingford, F.A. & Thorpe, J.E. (1988). Feeding intensity, growth-rates, and the establishment of life-history patterns in juvenile Atlantic salmon *Salmo-salar*. *Journal of Animal Ecology* 57: 463–474.
- Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A., & Karlsson, O. (2012). Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science*, 69(9), 1574–1579.
- Piou, C., Taylor, M.H., Papaix, J. & Prévost, E. (2015). Modelling the interactive effects of selective fishing and environmental change on Atlantic salmon demogenetics. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1629–1637.

- Reisenbichler, R. R., & Rubin, S. (1999). Genetic changes from artificial propagation of Pacific salmon affect the productivity and viability of supplemented populations. *ICES Journal of Marine Science* 56:459–466.
- Salminen, M., Erkamo, E. & Salmi, J. (2001). Diet of post-smolt and one-seawinter Atlantic salmon in the Bothnian Sea, Northern Baltic. *J. Fish Biol.* 58, 16–35.
- Salminen, M. (1997). Relationships between smolt size, post-smolt growth and sea age at maturity in ranched Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Applied Ichthyology* 13, 121–130.
- Saloniemi, I., Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Pasanen, P. (2004). Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: size matters more in bad years. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 782–787.
- Skilbrei, O. T. (1991). Importance of threshold length and photoperiod for the development of bimodal length-frequency distribution in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48, 2163–2172.
- Soziak, A., Randall, R. & McKenzie, J. (1979). Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in streams. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36, 1408–1412.
- Stearns, S. C., & Crandall, R. E. (1984). Plasticity for age and size at sexual maturity: a life-history response to unavoidable stress. Pp. 13–33 in G. Potts and R. J. Wootton, eds. *Fish reproduction*. Academic Press, London.
- Thorpe, J. E., Mangel, M., Metcalfe, N. B. & Huntingford, F. A. (1998). Modelling the proximate basis of salmonid life-history variation, with application to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Evolutionary Ecology* 12, 581–599.
- Thorstad, E. B., et al. (2016). Marine life of the sea trout. *Marine Biology*, 163(3), 47. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2820-3>
- Thurrow, F. (1968). On food, behaviour and population mechanisms of Baltic salmon. Report of the Swedish Salmon Research Institute 4, 1–16.
- Vehanen, T., Aspi, J. & Pasanen, P. (1993). The effect of size, fin erosion, body silvering and precocious maturation on recaptures in Carlin-tagged Baltic salmon (*Salmo salar*). *Ann. Zool. Fennici* 30: 277–285.
- Villar-Guerra, D., Larsen, M.H., Baktoft, H., Koed, A. & Aarestrup, K. (2019). The influence of initial developmental status on the life-history of sea trout (*Salmo trutta*). *Scientific reports, Nature research*, 9:13468 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49175-0>.
- Økland, F., Jonsson, B., Jensen, A. J. & Hansen, L. P. (1993). Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 42, 541–550.

ETTÅRIG SMOLT OCH HAVSÖVERLEVNAD

Projektet "Ettårig smolt och havsöverlevnad - Uppföljning av havsöverlevnad inom projekt: Hur stor behöver en ettårig öring eller lax vara?" har undersökt en sorteringsstrategi där en-somrig öring och lax delades upp i olika storleksklasser under hösten för att undersöka deras status som ettårig smolt till våren.

Ettårig smolt av både öring och lax sätts idag ut i allt större omfattning från svenska kompensationsodlingar. Det råder dock oklarheter kring om de är tillräckligt stora för att utvecklas till smolt och storleken betydelse för god havsöverlevnad. Syftet med detta projekt var att undersöka en sorteringsstrategi där en-somrig öring och lax delades upp i olika storleksklasser under hösten för att undersöka deras status som ettårig smolt till våren.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

