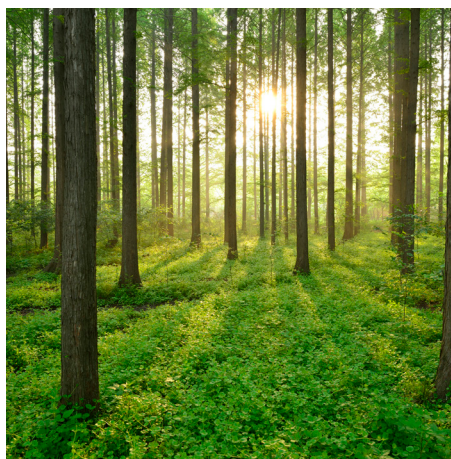


INNOVATIV ÅLYNGELUPPSAMLING

RAPPORT 2024:1001



VATTENKRAFTENS
MILJÖFORSKNINGSPROGRAM



Innovativ Ålyngeluppsamling

JONAS ELGHAGEN

ISBN 978-91-89919-01-3 | © Energiforsk november 2024

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

Förord

Vattenkraften i Sverige ska omprövas och erhålla moderna miljövillkor, enligt den nationella prövningsplanen. I omprövningen och miljöanpassning av svensk vattenkraft är det angeläget att få mer kunskap om den akut hotade ålen och hur situationen för ålen kan förbättras.

I det här projektet har en ny typ av ålyngeluppsamlare konstruerats och testats i två försöksserier 2023 och 2024 vid Statkrafts kraftstation Laholm i Lagan, i syfte att underlätta ålynglens uppvandring och därigenom förbättra rekryteringen av ålyngel. Den nya metoden för ålyngeluppsamling innebär att ålynglen inte behöver klättra som de gör i traditionella uppsamlare, utan simmar in i uppsamlaren som i en konventionell fiskfälla.

Den nya typen av ålyngeluppsamlare har tagits fram av Jonas Elghagen, Elghagen Fiskevård, i samarbete med Whooshh Innovations Inc, och finansierats av Vattenkraftens miljöforskningsprogram, som verkar för att ta fram ett faktabaserat kunskapsunderlag inför beslut om miljöförbättrande åtgärder i vattenkraften. Programmet koordineras av Energiforsk och finansieras av Vattenfall Vattenkraft, Fortum, Sydkraft Hydropower, Statkraft Sverige, Skellefteå Kraft, Holmen Energi, Jämtkraft, Tekniska verken i Linköping, Mälarenergi, Karlstads Energi och Jönköping Energi.

Projektet har följts av programmets styrgrupp bestående av Marco Blixt (Fortum), Erik Sparrevik, Henrik Viklands och Lo Persson (Vattenfall), Johan Tielman (Sydkraft Hydropower), Susann Handler och Sara Friberg (Jämtkraft), Jakob Bergengren (Tekniska verken i Linköping), Angela Odelberg (Statkraft) och Sandra Åström (Skellefteå kraft). Olle Calles (Karlstads universitet) och Anders Nilsson (Lunds universitet) har utgjort referensgrupp och gett värdefulla råd under projektets gång.

Föreliggande rapport är en uppdaterad version av tidigare publicerad. I denna version är den kompletta försöksserien 2023 och 2024 redovisad.

Bertil Wahlund, Energiforsk

Stockholm, november 2024

Sammanfattning

Under perioden juni-september 2023 samt under juni månad 2024 utfördes försök med en ny typ av ålyngeluppsamlare vid Laholms kraftstation i Lagan. Försöken ägde dels rum i Lagan, dels i en bassäng på land. Den nya metoden för ålyngeluppsamling som går under arbetsnamnet EF:23 bygger på konceptet att ålynglen inte behöver klättra såsom fallet är med traditionella ålyngeluppsamlare. I stället simmar ålynglen in i ålyngeluppsamlaren likt en konventionell fiskfälla med en V-formad ingång.

Vid försöken användes även en konventionell ålyngeluppsamlare bredvid EF:23-uppsamlaren som kontroll för att jämföra fångsteffektiviteten med den nya metoden i relation till konventionell teknik. Försöken år 2023 var planlagda att äga rum under juni månad men flertalet yttre omständigheter ledde till justeringar av den ursprungliga tidsplanen och studiedesignen.

Två inledande försök utfördes i en bassäng på land. I denna mer kontrollerade testmiljö, utfördes försök med två olika pumpstorlekar för att förse EF:23-uppsamlaren med lockvatten, ett försök med en mindre pump och ett med en större pump. Inget av dessa försök visade på en signifikant skillnad i fördelning av fångster mellan EF:23-uppsamlare och kontrolluppsamlaren. Båda bassängförsöken hade ett kontrollerat antal ålyngel per dag (N=60), försöken påvisade en hög andel ålyngel som inte valde någon av uppsamlarna. Två ytterligare försök ägde rum i Lagan sommaren 2023 (fältförsök). Även dessa försök genomfördes med två olika pumpstorlekar på EF:23-uppsamlaren. Försöket med den mindre pumpen visade på en signifikant högre fångst i EF:23-uppsamlaren jämfört med kontrolluppsamlaren. Det andra försöket som utfördes med den större pumpen visade inte på några signifikanta skillnader i fångstfördelningen. Ett oväntat positivt resultat som visade sig under försöken i Lagan var att det var en större storleksfördelning för de ålyngel som valde EF:23-uppsamlaren i jämförelse med kontrolluppsamlaren. Ett kompletterande längre försök med den mindre pumpen genomfördes sommaren 2024. EF:23-uppsamlaren fångade totalt 190 ålyngel och kontrolluppsamlaren 108 ålyngel vid detta försök. Resultatet från detta kompletterande försök var inte signifikant gällande skillnader i fångsterna.

Resultatet av denna studie visar att den nya innovativa metoden för ålyngeluppsamling som representeras av EF:23-uppsamlaren har potential både gällande fångsteffektivitet och fångst av ålyngel med stort storleksintervall.

Nyckelord

Ål, ålyngel, ålyngelledare, fiskfälla.

Summary

During the period June-September 2023 and in June 2024, tests were carried out with a new type of elver collector at Laholm's hydropower station in Lagan, Sweden. The test took place in river Lagan and in a concrete pool on land. The new method of elver collecting, which goes by the working name EF:23, is based on the concept that the elvers do not need to climb up a ramp, instead they swim into the elver collector like a conventional fish trap. During the experiments, a conventional elver ramp collector was present adjacent to the EF:23 collector as a control to test the catch efficiency of the new technology in relation to conventional technology.

The tests in 2023 were scheduled to take place in June, but several external circumstances led to adjustments to the original schedule and study design.

Two initial tests were carried out in a concrete pool on land. In this controlled environment, tests were carried out with two different pump sizes to supply the EF:23 collector with attraction flow, one with a smaller pump and one with a larger pump as the source of the EF:23 attraction flow. Neither of the pool-conducted trials showed a significant difference in catch distribution between the EF:23 collector and the control collector. Both tests were conducted utilizing a defined number of elvers per day (N=60). The experiments revealed a high proportion of elvers that were not collected by any of the collectors. Once the oil leak stopped and the flow in the river began to stabilize after Storm *Hans*, two additional tests were carried out in river Lagan. These test trials were also carried out evaluating the effect of the attraction flow from the two different pump sizes on the EF:23 collector effectiveness. The test with the smaller pump showed significant differences in catch distribution between the EF:23 collector and the control collector. With a distribution of the total catch of 83% for the EF:23 collector and 17% for the control collector. The second experiment, performed with the larger pump, did not show any significant differences in catch distribution. An unexpected and positive result that was shown during the trials in the Lagan was that there was a larger size distribution of collected elvers that chose the EF:23 collector compared to the control collector. A complementary longer test with the smaller pump was carried out in the summer of 2024, although the catches in this test were higher for the EF:23 collector (190 elvers compared to 108 for the control collector), the result was not significant in relation to the catches in the control collector.

The results of this study show that the new innovative method for elver collection, represented by the EF:23 collector, has potential both in terms of catch efficiency as well as the ability to attract and catch elvers of a wide size distribution.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Material och metod	8
2.1	Ålyngeluppsamlare EF:23	8
2.2	Konventionell ålyngeluppsamlare (kontroll)	11
3	Studiedesign	12
3.1	Tester i Bassäng på land	12
3.2	Tester i Lagan	13
4	Resultat	15
4.1	Tester i Bassäng på land	15
4.2	Tester i Lagan	17
5	Sammanfattning av resultat	22
6	Diskussion	23
6.1	Yttre omständigheter	23
6.2	Fångsteffektivitet	24
6.3	Statkrafts befintliga ålyngeluppsamlare	25
6.4	Bifångster	25
6.5	Två olika pumpar	26
6.6	Drift och vittjning	26
6.7	Framtida utformningar och vidare studier	27
7	Referenslista	28

1 Bakgrund

Flera av världens ålarter som lever i tempererade vatten är idag hotade. Detta gäller även den europeiska ålen (*Anguilla anguilla*). För att stävja denna nedåtgående trend och öka antalet utvandrande blankålar behöver b.l.a. rekryteringen av ålyngel förbättras. När ålynglen anländer till Europas kuster påbörjar vissa av individerna en uppströmsvandring i vattendragen för att nå sina uppväxtområden i inlandets sjöar.

I flera av våra Svenska vattendrag blockeras denna vandring av vattenkraftverk och dammkonstruktioner (van Gemert *et al.* 2024). Det är därför mycket viktigt med högeffektiva ålyngeluppsamlare och ålyngelledare som möjliggör ålynglens uppvandring och ger fria vandringsvägar till uppväxtområdena.

Konventionella ålyngeluppsamlare och ålyngelledare har generellt sett haft samma design över de senaste decennierna. Oftast omfattas designen av en 400 – 500 mm bred ramp som kan vara allt mellan 5 – >15 meter lång. I rampen släpps en liten mängd vatten som tillsammans med ett substrat möjliggör för klättring uppför rampen och vidare till ett uppsamlingskärl (ålyngeluppsamlare), alternativt leds ålen förbi vandringshindret i fråga (ålyngelledare). Klättringssubstratet kan bestå av kommersiella ålyngelsubstrat eller material som har andra ursprungliga syften såsom exempelvis Enkamat som egentligen är en typ av erosionsmatta (Watz *et al.* 2019).

Historiskt har konventionella tekniker gett upphov till väldigt stora fångster då ålyngeltätheterna var avsevärt högre än i dag, dvs. höga tätheter innebär större möjligheter till stora volymer av fångster även om effektiviteten inte är optimal. Dagens minskande ålpopulation innebär dock att högeffektiva lösningar är av yttersta vikt för att tillgodose fria vandringsvägar för de naturligt uppvandrande ålynglen.

Följande rapport redogör för resultaten av genomförda försök år 2023 och 2024 som syftade till att jämföra fångsteffektiviteten mellan en konventionell ålyngeluppsamlare och den nya innovativa ålyngeluppsamlaren EF:23. Försöken som utfördes vid Laholms kraftstation (Statkraft) skedde dels i Lagan vid ett kulverterat utskov i anslutning till kraftstationen, dels i en odlingsbassäng på land.

2 Material och metod

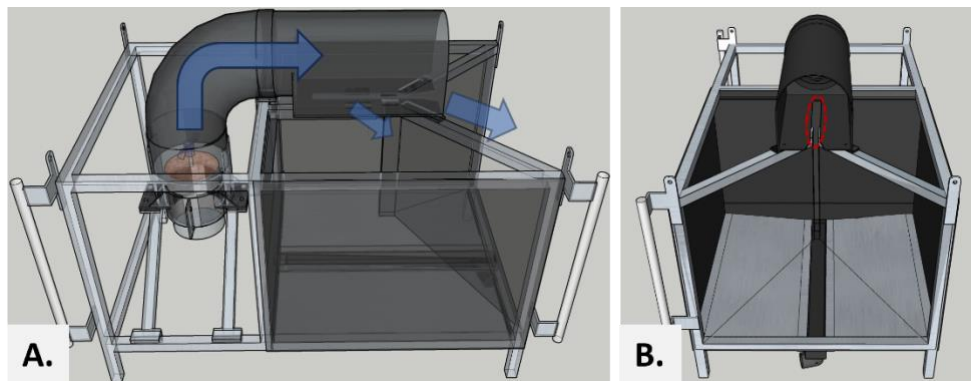
2.1 ÅLYNGELUPPSAMLARE EF:23

Den innovativa ålyngeluppsamlaren med arbetsnamnet EF:23 tillverkades av ett ramverk av rektangulära konstruktionsrör i aluminium. Den främre delen av enheten har sidor av PVC och en V-formad botten av aluminium med en centrerad ränna för att underlätta vittjning. Den bakre delen vilket är den del som huserar lockvatten-pumpen var täckt med rostfritt nät med maskstorlek på 1,5 mm. Enheten är flytande och ligger i vattenytan med ca 60 mm ovanför och resterande del ca 530 mm under vattenytan. Ingången till fällan består av en V-formad trattliknande konstruktion av perforerad plåt med en hålstorlek på 1,5 mm. Den V-formade ingången är vinklad 45° mot centrum av enheten. Botten av ingången är vinklad upp mot centrum med 23° lutning. Där den trattliknande konstruktionen möts tillkommer en rak sektion som leder in i enheten. Denna ingång är 15 mm bred, 55 mm lång, och när enheten ligger i vattenytan blir ingången ca 310 mm hög.

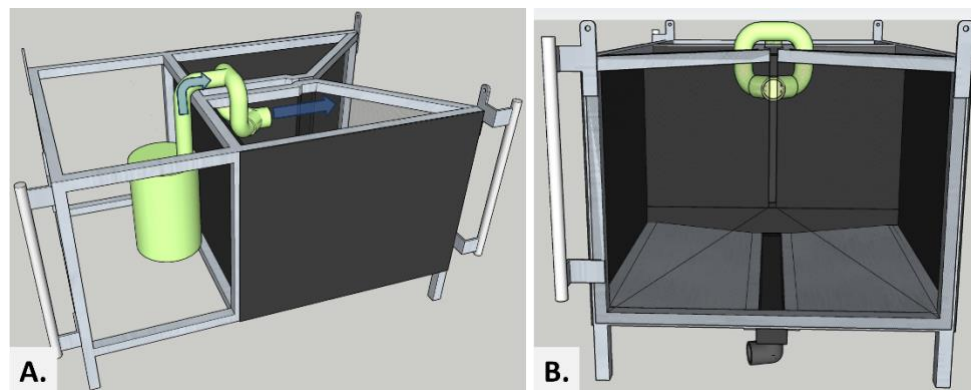
Lockvattnet till EF:23-enheten skiljer sig från konventionella ålyngeluppsamlare där syftet är att anlocka ålyngel till en ramp varpå ett sekundärt flöde möjliggör ålens klättring upp för rampen. Den nya innovativa metoden bygger på att ålynglen följer lockvattnet in i fällan där den V-formade ingången innebär att ålen har svårt att hitta ut igen (fig. 1, fig. 2). Två olika typer av pumpar testades, en större modell: Ice eater P750 (fig. 3) och en mindre modell: Einhell GC-DP 1020 (fig. 4). Den förstnämnda pumpen är av propellertyp med ett nominellt flöde på 79 l/s. I den aktuella konfigurationen gav dock ett betydligt lägre flöde, uppskattningsvis ca: $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ av det nominella flödet. Den mindre pumpen är av typen dränkbar pump med ett nominellt flöde på 5 l/s.

I båda konfigurationerna placerades pumpen längst bak i enheten och flödet passerade via rörböjar till den främre delen av enheten. I fallet med den större pumpen fördelades flödet så att ca $\frac{2}{3}$ hamnade framför ingången till enheten och resterande del hamnade innanför ingången med en flödesriktning mot och genom ingången. När det gäller den mindre pumpen så var majoriteten av flöde innanför ingången med en flödesriktning mot och igenom ingången. En mindre del av flödet släpptes ut direkt vid pumpen i den bakre delen av enheten. Detta för att hindra ålyngel att simma via rören till den bakre delen av enheten när pumpen stängdes av. Genom att släppa ut en mindre del av flödet direkt vid pumpen tömdes rörböjarna på vatten när pumpen stängdes av (rören "luftas").

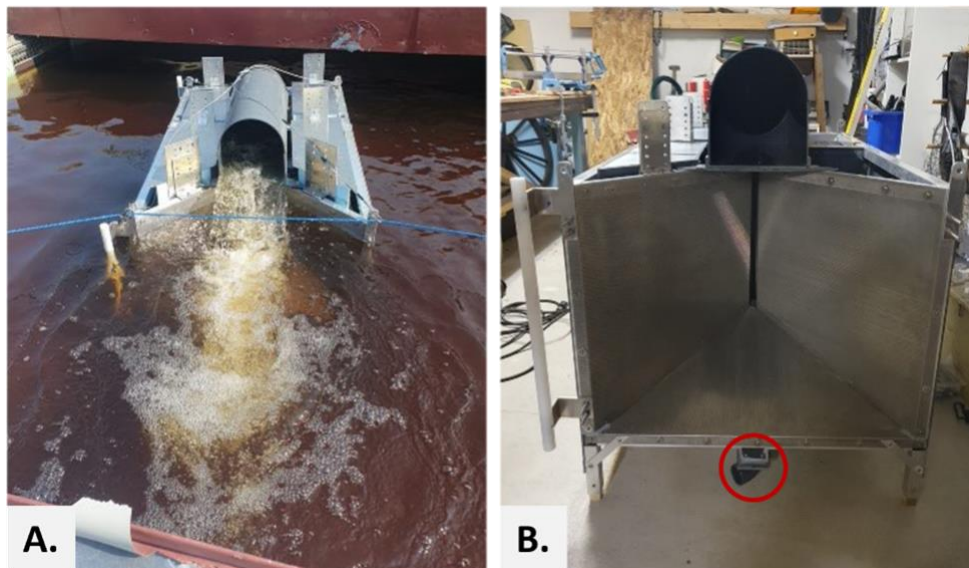
Under försöken i bassängerna på land vittjades enheten genom att bassängen tömdes på vatten och ålynglen tömdes sedan ut ur enheten via ett rör på undersidan av den V-formade botten. Under försöken i Lagan vittjades enheten genom att den hissades upp ur vattnet med hjälp av ett kedjeblock för att möjliggöra samma tömningsprocedur (vikt på EF:23-uppsamlaren ca 60 kg). När uppsamlaren "fiskar" blockeras rörets öppning med ett gummilock.



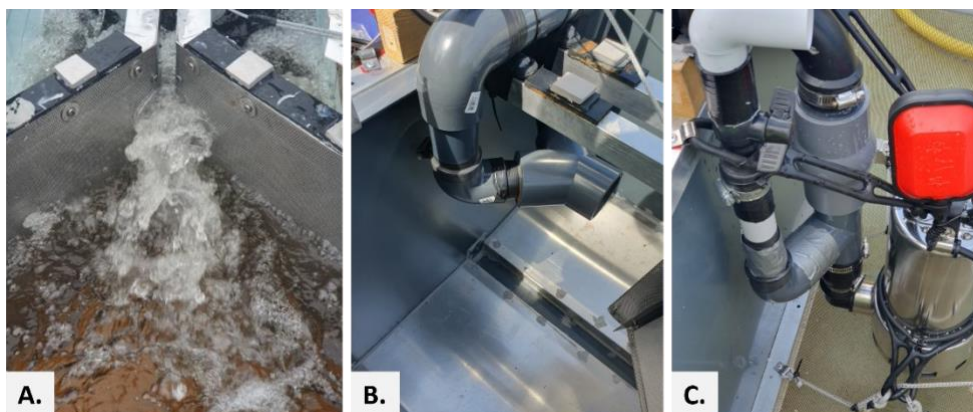
Figur 1 Bild "A." illustrerar lockvattnets flödesriktning från pump och vidare genom och framför ingången till uppsamlaren. I botten av den raka sektionen av röret finns en slitsat öppning (bild B. röd markering) som leder ca 1/4 av flödet ner i den främre delen av uppsamlaren med en flödesriktning mot och genom ingången.



Figur 2 Bild "A." illustrerar lockvattnets flödesriktning från den mindre pumpen. Flödet går via rörböjar från den bakre till den främre delen av uppsamlaren. Bild "B" visar utloppsröret som är centrerat och riktat mot ingången till uppsamlaren.



Figur 3 EF:23-uppsamlaren med den större pumpen (*Ice eater P750*) placerad i den bakre delen av enheten, ca 2/3 av flödet (lockvatten) faller ner framför ingången resterande del hamnar innanför ingången med en flödesriktning mot och genom ingången (A.). Röd cirkel visar röret som används för att tömma ut ålynglen som då sköljs ut tillsammans med ca 8 liter vatten som hålls kvar inuti uppsamlaren med hjälp av den V-formade botten (B.).



Figur 4 EF:23-uppsamlaren med den mindre pumpen (*Einhell GC-DP 1020*) Pumpen är placerad i den bakre delen av enheten (C.). Flödet (lockvatten) går via rörböjar till den främre delen av enheten (B.). Från den främre delen riktas sedan flödet mot och igenom den V-formade ingången (A). Den vita rörböjen som syns överst i bild "C" är till för att avvattna rören "lufta" när pumpen stängs av, Detta gjordes för att förhindra ålynglen att simma från den främre till den bakre delen av uppsamlaren via rören.

2.2 KONVENTIONELL ÅLYNGELUPPSAMLARE (KONTROLL)

För att jämföra den nya tekniken (EF:23-uppsamlaren) med konventionell teknik, tillverkades en konventionell ålyngeluppsamlare som hade en 1 m lång och 0,4 m bred ramp med 30° lutning. Uppsamlingskärlet bestod av en nätpåse som var placerad på ett sådant vis så att ålynglen sumpades i vattnet. Klättringssubstrat som användes var EF-16 som har utvärderats av Karlstad universitet och visat sig vara ett effektivt klättringssubstrat (Watz *et al.* 2019). Eftersom vattennivån vid kraftstationen i Laholm varierar kraftigt gjordes kontrolluppsamlaren flytande med hjälp av två 1,2 m långa 160 mm:s markrör med lock i båda ändar. Annars hade avståndet mellan rampens mynning och slutet av rampen samt lockvattnets placering varierat över tid, vilket försvårat jämförelse mellan olika dagar. Det nominella flödet på pumpen som försåg uppsamlaren med lockvatten samt vatten på klättringssubstrat var ca 5 l/s. Majoriteten av flödet gick till lockvattnet som riktades i en stråle mot rampens mynning. En mindre andel vatten, ca 0,1 l/s gick på klättringssubstrat.

3 Studiedesign

3.1 TESTER I BASSÄNG PÅ LAND

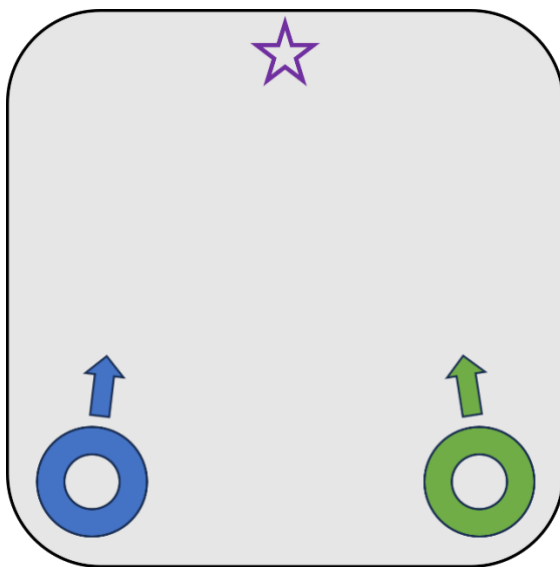
Till följd av yttre omständigheter var det inte möjligt att starta upp försöket i Lagan som planerat. I väntan på att omständigheterna skulle förändras beslutades det att starta upp försöken i en oanvänd avelsbassäng på land. Två av det totalt fyra försöken år 2023 ägde rum i denna bassäng. Dessa två försök skiljde sig åt gällande lockvattenflöde på EF:23-uppsamlaren, ett av försöken var med den större pumpen (Ice eater P750) och det andra försöket var med den mindre pumpen (Einhell GC-DP 1020).

Bassängen var 4x4 meter och vattendjupet under försöken var 0,65 m. Vatten till bassängen kom via självfall från Lagan. EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren positionerades parallellt i vartdera hörnet av bassängen med lockvattenflödena riktade mot motsatt sida av bassängen (fig. 5). På grund av arbetsmiljör regler var det inte möjligt att jobba ensam nattetid, vilket i kombination med att försökslokalen var tillgänglig för allmänheten (störande moment, påverkan från nyfikna) beslutades det att utföra försöken dagtid á tre timmar per dag. Under försöken mörklades bassängen med hjälp av en presenning som var svart på insidan och vit på ovasidan. Syftet med mörkläggningen var att eliminera ojämnt fördelade skuggor i bassängen som skulle kunna påverka ålens beteende och rörelsemönster i bassängen. Vid varje försöksrunda släpptes 60 ålyngel ut i bassängen. För att acklimatisera ålynglen till bassängmiljön hölls de i en nätpåse i 30 minuter som placerades i bassängen på motsatt sida i relation till det två uppsamlarna. Vid försöksstart släpptes sedan ålynglen ut ur nätpåsen till bassängen med samma avstånd till EF:23-uppsamlaren som till kontrolluppsamlaren.

Studiedesignen var densamma för försöket med den större och den mindre pumpen. Det förstnämnda försöket med den större pumpen ägde rum i 6 dagar, 3 tim./dag (under perioden 16–26 juni) och det sistnämnda med den mindre pumpen i 8 dagar, 3 tim./dag (under perioden 17–28 juli). Kontrolluppsamlarens lockvattenflöde och vatten på klättringssubstratet var desamma under båda försöken. Eftersom den ursprungliga tidsplanen behövde justeras begränsades längden på de två försöksperioderna p.g.a. tidsbrist.

Efter varje avslutad försöksrunda tömdes bassängen på vatten (ca: 1 cm vatten kvar) och fångsterna för vardera uppsamlaren samt andel ålyngel som inte fångats räknades. Avslutningsvis släpptes ålynglen ut i Lagan.

Resultatet från det två försöken i bassängen analyserades med ett *Wilcoxon signed rank test*, vilket är ett parat test som utvärderar om medianen av skillnaderna mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren vid varje datum är skild från noll.



Figur 5 Illustration av försökuppställningen i bassängen (B:4m, L:4m, D:0,65m). Blå cirkel: EF:23-uppsamlaren, grön cirkel: kontrolluppsamlaren. Pilarna illustrerar lockvattnets flödesriktning och stjärnan visar ålynglens utsläpps-position i bassängen.

3.2 TESTER I LAGAN

Under 2023 ägde två ytterligare försök rum i Lagan inuti en utskovskulvert i direkt anslutning till kraftstationen. Fångsterna i dessa två försök bestod enbart av naturligt uppvandrande ålyngel. Längst in i kulverten har Statkraft en ålyngeluppsamlare som fångar ål under perioden maj till september med störst fångster under jul-aug månad. Den ursprungliga planen var att köra försöket på fasaden strax utanför kulverten men stormen *Hans* ledde till justeringar av ursprungsplanen. De höga flödena innebar en dramatisk sänkning av vattentemperaturen från ca 18–19°C ner till ca 15°C. De höga vattennivåerna och den kallare vattentemperaturen ledde till att försöken i stället skedde inne i kulverten. Beslutet motiverades med att det låga temperaturerna innebar en minskad ålyngelaktivitet och att ålyngeltätheterna ökar ju längre in i kulverten man kommer (pers. observation). Redan under projektets planeringsfas diskuterades möjligheten att köra försöken inne i kulverten, vilket enligt referensgruppen (Olle C. och Anders N.) skulle vara mer fördelaktigt eftersom det innebär att de två uppsamlarna kan köras sida vid sida. Försök inuti kulverten under en normal sommar är tyvärr inte möjligt p.g.a. för låga vattennivåer. Dock innebar stormen *Hans* att vattennivåerna inuti kulverten var tillräckligt höga för att köra försöken där under perioden 16 augusti till 11 september.

Det första försöket inne i kulverten ägde rum under perioden 16–25 augusti och var med den mindre pumpen (lockvatten till EF:23-uppsamlaren). Både EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren placerades parallellt sida vid sida strax innanför ingången till kulverten och kördes med hjälp av en digital timer 5 timmar/dag (19:00-00:00) i 8 dagar. Timern ställdes in så att pumparna och således allt lockvatten samt vatten på kontrolluppsamlarens klättringssubstratet stängdes av kl. 00:00 (båda uppsamlarnas fångstfunktion stängdes av). Uppsamlarna

vittjades på morgonen. Anledningen till att försöket inte ägde rum hela natten var för att det inte gick att veta på förhand hur mycket ålyngel som skulle fångas och om där skulle finnas risker med ålens hälsa vid för stora fångster i EF:23-uppsamlaren. Syftet var inte heller att fånga stora volymer ålyngel, utan att jämföra fångsterna mellan de två uppsamlarna.

Det andra försöket med den större pumpen (lockvatten till EF:23-uppsamlaren) utfördes på ett liknande vis men då detta försök ägde rum under september månad och vattentemperaturen återigen hade sjunkit till ca 15°C togs beslutet att flytta försöket cirka 8 meter längre in i kulverten i förhoppningen att det skulle finnas större tätheter av ålyngel längre in i kulverten. Försöket ägde rum i 6 dagar mellan 19:00 – 00:00 under perioden 4–11 september. Detta sista av de totalt fyra försöken ägde rum relativt sent på ålyngelsäsongen i lägre vattentemperaturer än optimalt. Det ska dock påpekas att Statkrafts egna befintliga ålyngeluppsamlare som är positionerad cirka 15 meter in från kulvertens ingång fångade bra med ålyngel under september månad.

Under försöken i Lagan 2023 mättes längden på fångade ålyngel samt övrig fisk till närmaste centimeter med hjälp av en V-formad mätträna. Metoden möjliggör mätning utan att fisken behöver bedövas.

Resultatet från de två försöken i Lagan analyserades med ett *Wilcoxon signed rank test*, vilket är ett parat test som utvärderar om medianen av skillnaderna mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren vid varje datum är skild från noll. Testet utgår från rankade skillnader.

Under 2024 genomfördes ett kompletterande försök med EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren strax utanför kulverten. Försöket var med den mindre pumpen och pågick i 14 dagar under perioden 4–25 juni (21:30 – 09:00). Syftet var att köra en längre försöksperiod än det relativt korta försöken föregående år.

Resultatet från det kompletterande försöket i Lagan 2024 analyserades med ett *Parat t-test*, vilket är ett parat test som utvärderar om medel av skillnaderna mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren vid varje datum är skild från noll. Till skillnad från *Wilcoxon signed rank test* så utgår denna metod från rådata, inte rankade skillnader.

För samma försök (2024) utfördes även en vidare analys med en *Spearman's rank correlation rho*, vilken utvärderar samvariation mellan två variabler och använder deras rankade data för analysen. Analysmetoden ger helt korrelativa och inte kausala samband.

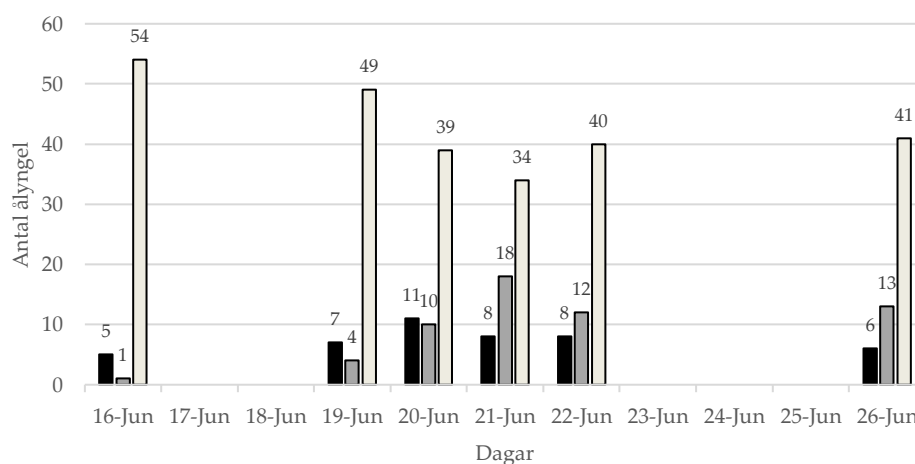
Alla statistisk analyser har utförts av Anders Nilsson Prof. akvatisk ekologi vid Lunds universitet.

4 Resultat

4.1 TESTER I BASSÄNG PÅ LAND

Två försök utfördes i bassängen på land, ett med den större pumpen och ett med den mindre pumpen (lockvatten till EF:23-uppsamlaren). Försöket med den större pumpen som pågick under perioden 16–26 jun gav följande fångstfördelning: EF:23-uppsamlaren: 45 ålyngel och kontrolluppsamlaren: 58 ålyngel. Antal ålyngel som inte valde någon av uppsamlarna var 257. Totalt ingick 360 ålyngel i försöket och fångstfördelningen blev således, EF:23-uppsamlaren: 13 %, kontrolluppsamlaren: 16 % och 71 % som inte valde någon av uppsamlarna (fig. 6). Fångstfördelningen var jämn med enbart 3 % skillnad mellan de två uppsamlarna.

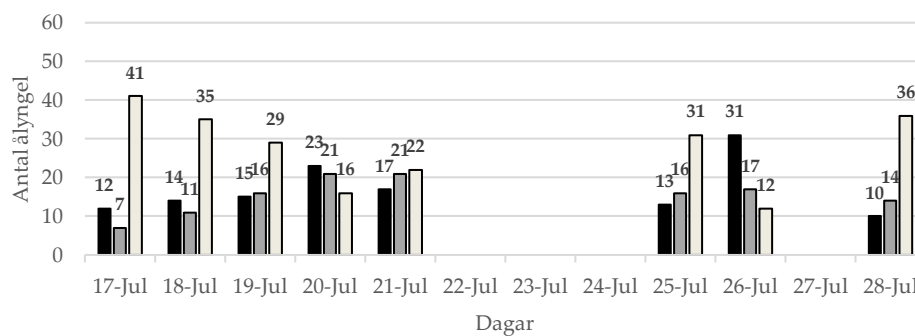
Statistisk analys av försöket har utförts av Anders Nilsson Prof. akvatisk ekologi vid Lunds universitet. Resultatet visar ingen signifikant skillnad gällande fångstfördelningen mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren: *Wilcoxon signed rank test*: $Z(6)=0,841$, $p=0,400$.



Figur 6 Resultatet av bassängförsök med den större pumpen, svart stapel: EF:23, grå stapel: kontroll och vit stapel: ej valt någon av uppsamlarna.

Försöket med den mindre pumpen pågick under perioden 17–28 juli och resulterade i följande fångstfördelning: EF:23-uppsamlaren: 135 ålyngel och kontrolluppsamlaren: 123 ålyngel. Antal ålyngel som inte fångades var 222. Totalt ingick 480 ålyngel i försöket och fångstfördelningen blev således, EF:23-uppsamlaren: 28 %, kontrolluppsamlaren: 26 % och 46 % som inte valde någon av uppsamlarna (fig. 7). Fångstfördelningen var jämn med enbart 2 % skillnad mellan de två uppsamlarna.

Statistisk analys av försöket har utförts av Anders Nilsson på Lunds universitet: *Wilcoxon signed rank test*: $Z(8)=0,351$, $p=0,726$. Resultatet visar ingen signifikant skillnad i fångstfördelningen mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren.

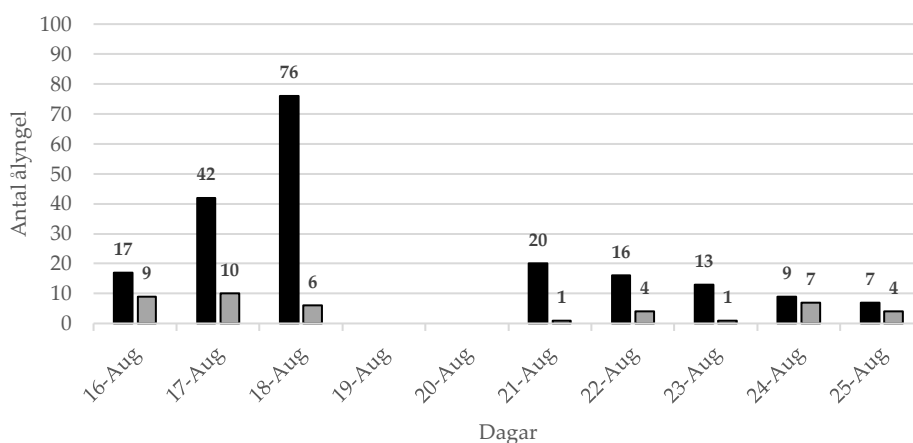


Figur 7 Resultatet av bassängförsök med den mindre pumpen, svart stapel: EF:23, grå stapel: kontroll och vit stapel: ej valt någon av uppsamlarna.

4.2 TESTER I LAGAN

Två försök utfördes även inuti utskovskulverten i Lagan, ett med den mindre pumpen (fig. 8 och 10) och ett med den större pumpen (lockvatten till EF:23-uppsamlaren) (fig. 9 och 10). Försöket med den mindre pumpen pågick i 8 dagar, 5 tim./dag (19:00 – 00:00) under perioden 16–25 augusti. EF:23-uppsamlaren fångade totalt 200 ålyngel och kontrolluppsamlaren 42 ålyngel. Utöver ålyngel så fångades även 3 mörtar (2,5–5 cm) och en sutare (6 cm) i EF:23-uppsamlaren. Storleken på ålyngel som fångades i EF:23-uppsamlaren var ca 7 – 15 cm medan kontrolluppsamlarens storleksfördelning var ca 7 – 9 cm. Ålynglen och övrig fisk mättes till närmaste centimeter.

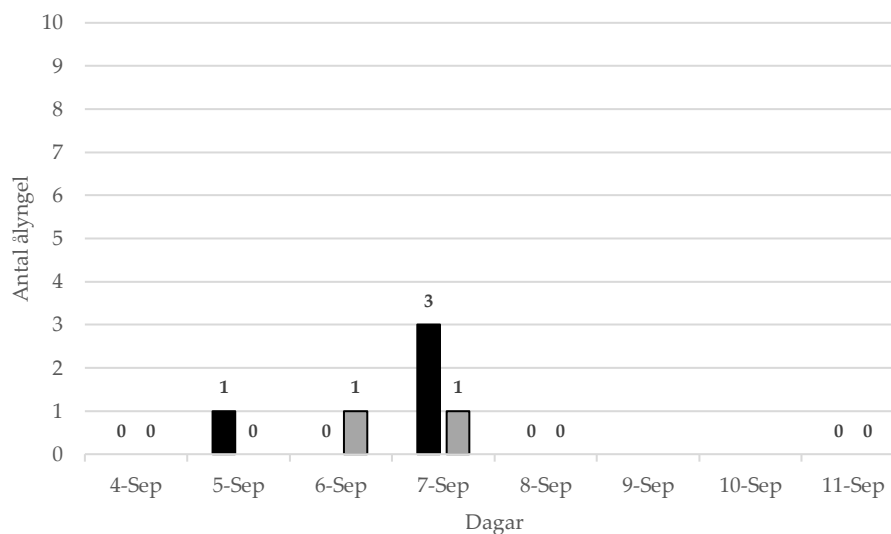
Statistisk analys av försöket har utförts av Anders Nilsson på Lunds universitet: *Wilcoxon signed rank test*: $Z(8)=2,524$, $p=0,012$. Resultatet visar att EF:23-uppsamlaren fångade signifikant fler ålyngel än kontrolluppsamlaren.



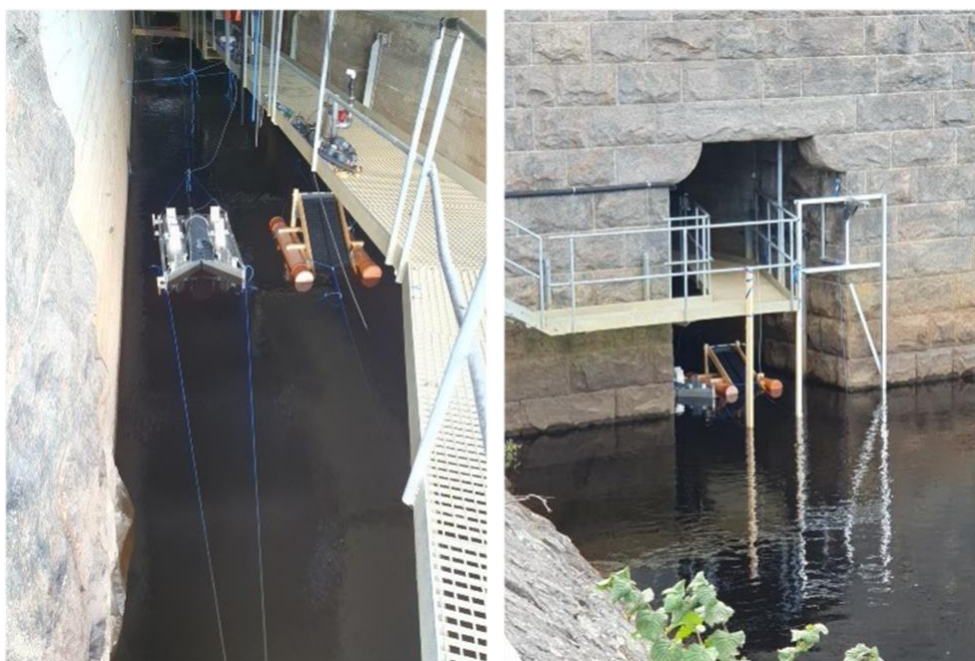
Figur 8 Resultatet av försöken i Lagan med den mindre pumpen, svart stapel: EF:23, grå stapel: kontroll.

Det andra försöket som utfördes i utskovskulverten var med den större pumpen och pågick i 6 dagar, 5 tim./dag (19:00 – 00:00) under perioden 4 – 11 september. EF:23-uppsamlaren fångade totalt 4 ålyngel och kontrolluppsamlaren 2 ålyngel (fig. 9).

Utöver ålyngel så fångades även en (1) mört (2,5 cm) och två löjor (10 och 12 cm) i EF:23-uppsamlaren. Storleken på de fyra ålyngel som fångades i EF:23-uppsamlaren hade storleksfördelningen ca 7 – 20 cm medan de två ålyngel som fångades i kontrolluppsamlaren båda var ca 7 cm. Fångsterna vid detta försök var låga och otillfredsställande och den statistisk analys av försöket visar ingen signifikant skillnad mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren. *Wilcoxon signed rank test*: $Z(6)=0,841$, $p=0,400$.



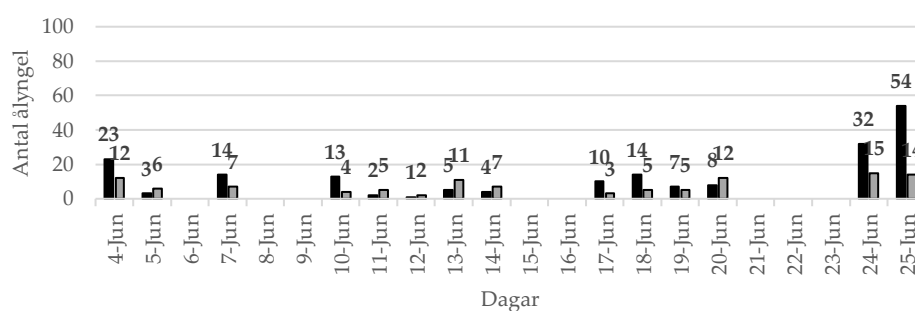
Figur 9 Resultatet av försöken i Lagan med den större pumpen, svart stapel: EF:23, grå stapel: kontroll.



Figur 10 Försöksuppställningen inne i utskovskulverten, EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren (orangea pontoner). Till vänster EF:23-uppsamlaren med den större pumpen ca 8 meter innanför kulvertens utlopp, till höger EF:23-uppsamlaren med den mindre pumpen positionerad strax innanför kulvertens utlopp.

Ett kompletterande försök med den mindre pumpen (lockvatten till EF:23-uppsamlaren) utfördes i Lagan sommaren 2024 (fig. 11, 12, 13 & 14). Försöket pågick i 14 dagar, 11,5 tim./dag (21:30 – 09:00) under perioden 4 – 24 juni. EF:23-uppsamlaren fångade totalt 190 ålyngel och kontrolluppsamlaren 108 ålyngel. Utöver ålyngel så fångades även 29 mörtar (3–5 cm) och 125 löjor (7–10 cm) i EF:23-uppsamlaren.

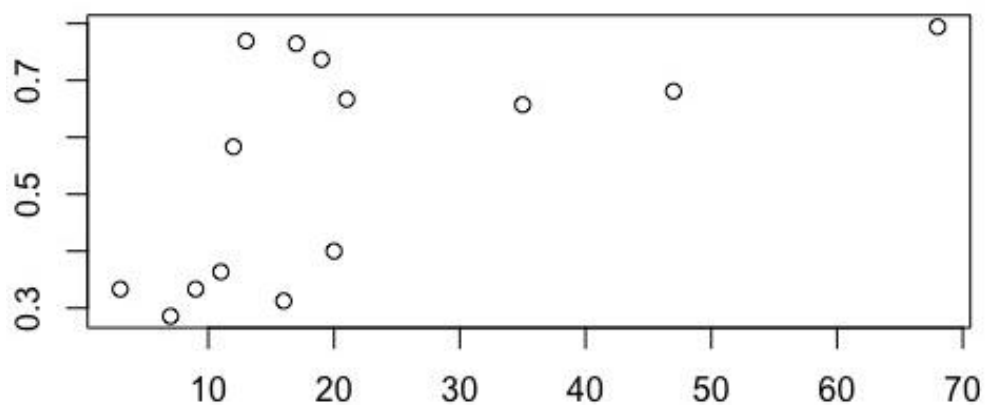
Statistisk analys av försöket har utförts av Anders Nilsson på Lunds universitet: Parat *t*-test: $t(13)=1,852$, $p=0,091$. Resultatet visar att EF:23-uppsamlaren inte fångade signifikant fler ålyngel än kontrolluppsamlaren.



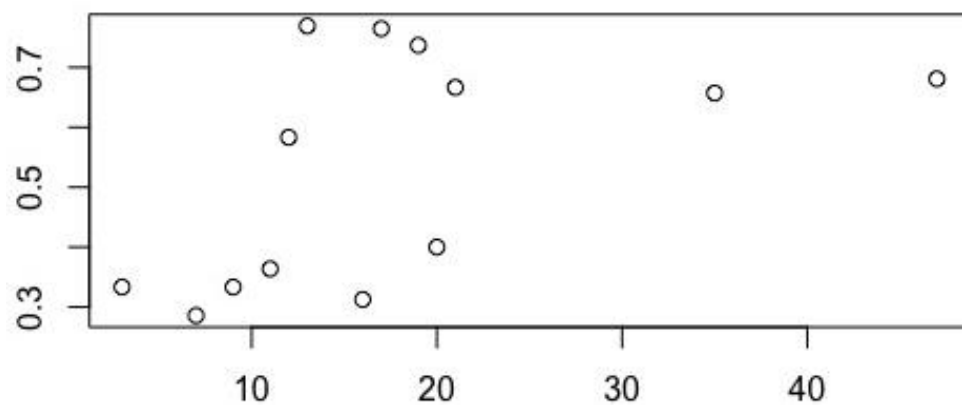
Figur 11 Resultatet av försöken i Lagan med den mindre pumpen sommaren 2024, gul stapel: EF:23, grön stapel: kontroll.

Vid vidare analys så visade sig dock en trend i fångstresultatet. Under dagar med höga totalfångster (tot. fångst för båda uppsamlarna) så fångade EF:23-uppsamlaren signifikant fler ålyngel (fig. 11). Statistisk analys: *Spearman's rank correlation rho*: $S = 151,67$, $p\text{-value} = 0,009$

Samma analysmetod men utan den sista datapunkten i serien ger fortfarande ett signifikant resultat, nämligen att under dagar med höga totalfångster fångade EF:23-uppsamlaren signifikant fler ålyngel (fig. 12). vilket betyder att den sista höga punkten i serien inte driver sambandet. Statistisk analys: *Spearman's rank correlation rho*: $\rho=0,583$, $p=0,036$



Figur 12 EF:23-uppsamlaren fångade signifikant fler ålyngel under dagar med hög totalfångst, Y-axel: andel ålyngel som valde EF:23, X-axel: tot. antal fångade ålyngel per dag för båda uppsamlarna.



Figur 13 Även utan den sista och högsta datapunkten så fångade EF:23-uppsamlaren signifikant fler ålyngel under dagar med hög totalfångst, Y-axel: andel ålyngel som valde EF:23, X-axel: tot. antal fångade ålyngel per dag för båda uppsamlarna.



Figur 14 Till följd av planerade arbeten, flyttades försöken till en position utanför kulverten sommaren 2024.

5 Sammanfattning av resultat

Vid sammanfattning av resultaten framträder det att försöket i Lagan med den mindre pumpen under sommaren 2023 gav ett signifikant resultat då EF:23-uppsamlaren fångade fler ålyngel än kontrolluppsamlaren med fångstfördelningen: EF:23-uppsamlaren: 200 ålyngel och kontrolluppsamlaren 42 ålyngel (*Wilcoxon signed rank test: $Z(8)=2,524$, $p=0,012$.*)

Storleken på ålyngel som fångades i EF:23-uppsamlaren var ca 7 – 20cm medan kontrolluppsamlarens storleksfördelning var ca 7 – 9cm.

Övriga tre försök från 2023 visade inte på någon signifikant skillnad gällande fångstfördelning mellan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren.

Det kompletterande försöket under juni månad 2024 visade på en trend gällande signifikant fler fångade ålar för EF:23-uppsamlaren under dagar med hög totalfångst: *Spearman's rank correlation rho: $S = 151,67$, $p\text{-value} = 0,009$.*

Samma försök (2024) visade även att EF:23 metoden innebär att det är möjligt att fånga övriga arter utöver målarten, vilket inte är möjligt vid konventionell ålyngeluppsamling.

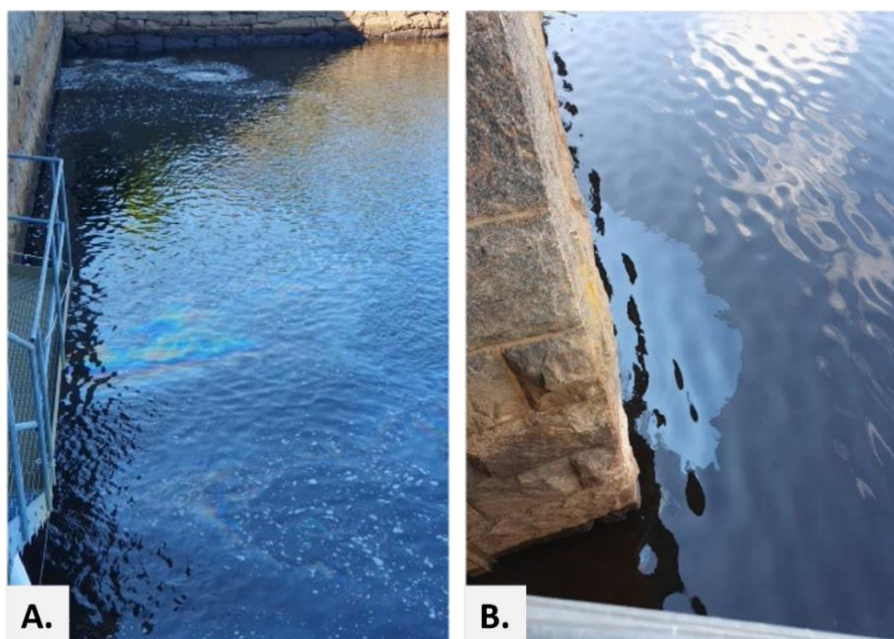
6 Diskussion

6.1 YTTRE OMSTÄNDIGHETER

År 2023 ledde yttre omständigheter i form av en oljefilm i turbinutloppet (fig. 15) och stormen *Hans* att den ursprungliga tidsplanen fick justeras. Den ursprungliga planen innefattade ett försök i Lagan under juni månad, men olja var synligt under hela denna period fram till och med första halvan av juli. Förseningen innebar att det beslutades att starta försöken i bassängen på land i väntan på att oljeläckaget åtgärdats. Kontinuerliga samtal fördes med Statkraft under denna period och det fanns inga garantier gällande när eller om oljeläckaget skulle kunna åtgärdas. Det var heller inte givet att oljan kom från kraftstationen, källan till utsläppet kunde mycket väl ha sitt ursprung längre upp i Lagan. Beslutet att starta upp i bassängen på land innebar slutligen att fyra försök genomfördes i stället för ett försök.

Eftersom försöken blev försenade och pågick utöver den planerade försöksperioden (juni), innebar detta att de olika försöken inte kunde köras över längre perioder. Detta innebär att de tre försöken som inte visade på någon signifikant skillnad i fångstfördelningen eventuellt skulle kunna visat på skillnader om dessa försök pågått under längre perioder.

Huruvida oljefilmen påverkade försöken i Lagan är svårt att veta, men de två försöken som slutligen utfördes genomfördes vid ett skede där oljefilmen inte längre var synlig. Dock genomfördes enbart en okulär besiktning och inte någon vattenanalys. Fångsterna i Statkrafts befintliga ålyngeluppsamlare var under denna period fullt normala i jämförelse med tidigare år. Slutsatsen är således att oljeläckaget sannolikt inte påverkade de två försök som ägde rum i Lagan.



Figur 15 Olja vid turbinutloppet försenade och påverkade projektet sommaren 2023. Bild "A" visar en oljefilm vid turbinutloppskanalen och bild "B" visar olja vid den ursprungligt planerade positionen för försöken i Lagan.

6.2 FÅNGSTEFFEKTIVITET

Studien visar att det är möjligt att effektivisera dagens ålyngeluppsamlingsmetodik med hjälp av tekniken som testades genom EF:23-uppsamlaren försedd med den mindre pumpen.

Det finns många orsaker till fångstresultaten under de fem olika försöken, men fångsterna var lägre med den större pumpen i jämförelse med den mindre pumpen. Detta visade sig både i försöken på land och vid försöken i Lagan år 2023. Ålynglen tycktes påverkas negativt av den större pumpen trots att denna pump gav ett avsevärt större lockvatten än den mindre pumpen. En anledning till den negativa effekten med den större pumpen kan vara att det större lockvattnet också bidrog till betydligt större vibrationer som spred sig genom EF:23-uppsamlarens konstruktion. Den höga andelen av ålyngel som inte valde någon av uppsamlarna under det första försöket i bassängen (stora pumpen) kan vara resultatet av vibrationerna från den större pumpens lockvatten. Bassängen kan ha varit för liten och vibrationerna från EF:23-uppsamlaren kan ha påverkat båda uppsamlarnas fångsteffektivitet. Det kan dock inte uteslutas att ålynglen av någon anledning saknade tillräckligt med motivation för uppströmspassage vid detta bassängförsök.

Försöken som genomfördes i utskovskulverten är fältförsök, vilket innebär att det finns parametrar vars påverkan är svåra att mäta. Lagan är ett reglerat vattendrag vilket innebära att det inte går att utesluta att nivåfluktuationer kan ha haft en okänd påverkan på försöket. Närvaro av predatorer inuti kulverten kan också tänkas ha en påverkan, speciellt om denna närvaro skiljer sig åt från dag till dag, både gällande antal predatorer och var i kulverten dom befinner sig. För att minimera denna typ av yttre påverkan skulle man kunna använda sig av flertalet uppsamlare (EF:23 och kontroll) som körs samtidigt på olika platser inom ett begränsat testområde, på detta vis kan man utröna huruvida man får signifikanta resultat oavsett placering/förutsättning inom testområdet.

En oväntad positiv observation från försöken 2023 var att storleksfördelningen skilde sig mellan de två uppsamlarna och att EF:23-uppsamlaren visade på en större storleksfördelning av fångsterna i jämförelse med kontrolluppsamlaren.

Resultaten från det kompletterande försöket under juni månad 2024 visade på en trend i att EF:23-uppsamlaren var effektivare än kontrolluppsamlaren under dagar med hög totalfångst. Resultatet kan tolkas som att kontrolluppsamlaren var stabil gällande fångst/dag medan EF:23-uppsamlaren var ostabil med en större variation i fångsterna. Eftersom försöket utfördes i fält kan yttre faktorer såsom nivåfluktuationer i Lagan eventuellt haft en större påverkan på EF:23-uppsamlaren jämfört med kontrolluppsamlaren. Det går inte att inom ramen för denna studie dra några slutgiltiga slutsatser kring en beteenderelaterad orsak till fenomenet, dvs att ålynglen föredrog EF:23-uppsamlaren under dagar med höga tätheter inom försöksområdet. Det går dock inte att utesluta att det finns en koppling som relaterar till ålyngelbeteende och "gruppdynamik", alternativt som nämns ovan, en påverkan från predatorer eller konkurrens från övrig vandringsbenägen fisk i anslutning till de två uppsamlarna.

6.3 STATKRAFTS BEFINTLIGA ÅLYNGELUPPSAMLARE

Medelfångsten för Statkrafts befintliga ålyngeluppsamlare för de senaste fem åren ligger på 136 kg (71 - 260 kg). År 2023 var ett mycket bra år med ett slutresultat på 163 kg uppsamlade ålyngel. Under 2023 fördelades fångsterna över säsongen enligt följande: maj: 0,4 %, juni: 4,5 %, juli: 18 %, aug: 35,5 % och september: 6,9%. I skrivande stund är inte 2024 års data tillgänglig.

Att jämföra fångsterna från EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren med fångsterna i Statkrafts befintliga ålyngeluppsamlare är inte möjligt med den valda försökssupställningen. Vittjningen av Statkrafts ålyngeluppsamlare sker inte med samma intervall som de två ålyngeluppsamlarna som innefattades i försöken. Statkrafts ålyngeluppsamlare fiskar dessutom dygnet runt medan EF:23-uppsamlaren och kontrolluppsamlaren enbart fiskade i en begränsad tid per dygn. Utöver detta så vägs fångsterna i Statkraft's befintliga ålyngeluppsamlare (totalvikt per vecka/varannan vecka). Det går således enbart att ta fram ett schablonvärde gällande hur mycket ålyngel varje kilo motsvarar i antal individer. Ålynglen vid den aktuella lokalen kan variera i storlek från 7 till 30 cm vilket innebär att schablonvärdet (vikt konverterat till antal) blir relativt trubbigt. Statkrafts befintliga ålyngeluppsamlare skiljer även sig från de två studerade ålyngeluppsamlarna eftersom den är placerad allra längst in i utskovskulverten, de två ålyngeluppsamlarna som ingår i försöken var placerade i början av utskovskulverten. För en rättvis jämförelse så hade alla tre ålyngeluppsamlarna behövt vara placerade sida vid sida samt att vittjning skedde med samma tidsintervall.

6.4 BIFÅNGSTER

Under testerna i Lagan (2023 & 2024) fångade EF:23-uppsamlaren även andra arter utöver ålyngel. Dessa bifångster bestod av följande tre arter: sutare (N=1), mört (N=33) och löja (N=127). Storleken på dessa små cyprinider (karpfisk) varierade mellan 2,5–12 cm och fiskarna uppvisade inga skador eller annan synlig påverkan från EF:23-uppsamlaren. Det är svårt att dra slutsatser om bifångster skulle vara ett problem vid en större mängd fångad fisk, dvs. om fisk riskeras att skadas under vittjningsproceduren på grund av mängden fisk inuti uppsamlaren. Bifångsterna skulle sannolikt bli mindre i antal och storlek om ingången smalnades av till <10 mm i stället för den testade EF:23-uppsamlaren som hade en 15 mm bred ingång.

Fångst av övriga arter utöver ålyngel i EF:23-uppsamlaren skulle potentiellt möjliggöra dessa fiskars vandring förbi vandringshindret på samma sätt som det gör för målarten. För små och svagsimmande arter skulle således EF:23-uppsamlingsmetoden kunna fylla en viktig funktion till en relativt låg kostnad.

Flodnejonöga är en intressant art för EF:23-uppsamlaren. Det kan tänkas att just denna art skulle vara lämplig för uppsamling och passage. Den invasiva svartmunnade smörbulten skulle också vara en möjlig art, men i detta fall inte för passage utan för uppsamling och destruering.

6.5 TVÅ OLIKA PUMPAR

Innan försöken startade utfördes tester med EF:23-uppsamlaren för att hitta den korrekta nivån gällande placering av pontonerna samt justeringar av lockvattenflödet. Under testerna som ägde rum i bassängen uppmärksammades oväntade vibrationer i EF:23-uppsamlaren till följd av den större pumpens lockvatten. Ett beslut fattades att även förbereda en mindre pump i syfte att undersöka huruvida vibrationerna från den större pumpen hade en negativ effekt på fångsteffektiviteten. Under försöken blev fångsterna större med den mindre pumpen, detta skulle kunna vara ett resultat av mindre vibrationer. Dock går det inte att utesluta att andra okända parametrar utöver vibrationer ledde till att den mindre pumpen var mer fördelaktig.

6.6 DRIFT OCH VITTJNING

Konsolen som planerades att användas för vittjningsproceduren monterades på fasaden strax utanför utskovskulvertens mynning (fig. 16). Konsolen och lyftanordningen testades och fungerade tillfredställande. Till följd av höga flöden och kallare vattentemperaturer efter stormen *Hans* genomfördes försöken inuti utskovskulverten, detta eftersom ålyngeltätheterna blir högre ju längre in i kulverten man befinner sig. Väl inne i kulverten fick inte konsolen plats och vittjningen skedde i stället genom att EF:23-uppsamlaren lyftes med hjälp av en lyftögla som monterades i taket av kulverten. Det ska dock påpekas att referensgruppen (Olle Calles prof. biologi, Karlstads universitet, Anders Nilsson prof. akvatisk ekologi) under planeringsstadiet rekommenderade att försöken ägde rum med de två uppsamlarna placerade parallellt sida vid sida. De ovanligt höga flödena innebar att det nu var möjligt att utföra försöken i enlighet med referensgruppens rekommendation inuti kulverten.

När det gäller utformningen av botten på EF:23-uppsamlarens främre del så finns det behov av framtida justeringar. Det är en balansakt när det gäller att ha en botten som håller en viss mängd vatten tillgängligt för ålynglen och samtidigt ger en smidig vittjningsprocedur. Vid vittjning av EF:23-uppsamlaren behövdes det tillföras extra vatten via en hink för att "skölja ur" alla ålyngel. Ytterligare en faktor att ta hänsyn till är att om vattenvolymen är för stor, leder detta till en obalans i viktfordelningen när uppsamlaren hissas upp med vatten, jämfört med när uppsamlaren hissas ner utan vatten, vilket kan leda till att uppsamlaren fastnar i ledskenorna.



Figur 16 Konsolen (lyftanordning) som monterades strax utanför utskovskulverten, EF:23-uppsamlaren följer nivåfluktuationer i ån med hjälp av två ledskenor. Vid vittjning användes ett kedjeblock för att lyfta EF:23-uppsamlaren.

6.7 FRAMTIDA UTFORMNINGAR OCH VIDARE STUDIER

Den nya innovativa ålyngeluppsamlingsmetoden som representeras av EF:23-uppsamlaren är lovande när det gäller storleksfördelningen på fångsten samt fångstresultaten som visade sig vid försöken i Lagan med den mindre pumpen. Den testade prototypen är inte en färdig produkt i sig själv men metoden som sådan har utvecklingspotential.

En väg till att vidareutveckla de tekniska aspekterna av uppsamlaren skulle kunna vara att fokusera på att få maximalt lockvattenflöde med minsta möjliga vibrationer. För att uppnå detta skulle en metod kunna vara att separera de olika delarna från varandra och att lockvattenflödet kommer via självfall. En sådan konstruktion skulle sannolikt vara större än den testade EF:23-uppsamlaren och vittjningsproceduren skulle kunna innebära att enbart en mindre del av systemet (*holding area*) lyfts upp för vittjning. Vidare rekommenderas en fast installation då en sådan lösning kan "byggas in" och skapa en naturlig flaskhals, samtidigt som det placeras vid det definitiva vandringshindret så att det inte går att simma förbi uppsamlaren. Placering är den primära faktorn för en lyckad ålyngelpassageåtgärd, detta gäller även för denna nya innovativa metod.

Om vidare studier på konceptet bakom EF:23-uppsamlaren är av intresse är rekommendationen att försök genomförs i kontrollerad miljö och att studien riktar in sig på den grundläggande frågeställningen, nämligen huruvida ålyngel föredrar att klättra upp för en ramp likt traditionella ålyngeluppsamlare eller om dom föredrar att simma in i en ålyngeluppsamlare likt EF:23 metoden. Ett sådan studie skulle med fördel genomföras med förenklade test-uppsamlare som möjliggjorde att flertalet enheter/replikat kan testas samtidigt.

7 Referenslista

Watz, J., et al. Climbing the ladder: an evaluation of three different anguillid eel climbing substrata and placement of upstream passage solutions at migration barriers. *Animal Conservation* 2019.

van Gemert, R., Holliland, P., Karlsson, K., Sjöberg, N., Säterberg, T. (2024). Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2024; Fifth post-evaluation of the Swedish eel management. *Aqua reports* 2024:5. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).

INNOVATIV ÅLYNGEL- UPPSAMLING

Under perioden juni-september 2023 utfördes försök med en ny typ av ålyngeluppsamlare vid Laholms kraftstation i Lagan. Den nya metoden för ålyngeluppsamling som går under arbetsnamnet EF:23 bygger på konceptet att ålynglen inte behöver klättra. I stället simmar ålynglen in i ålyngeluppsamlaren likt en konventionell fiskfälla med en V-formad ingång. Totalt genomfördes fyra olika tester, två i Lagan och två i en bassäng på land. Försöken utfördes med två olika pumpstorlekar (lockvatten) på EF:23 uppsamlaren. Försöket med den mindre pumpen i Lagan visade på signifikanta skillnader i fångstfördelningen mellan EF:23-uppsamlaren och kontroll uppsamlaren, med en fördelning på 83 % för EF:23-uppsamlaren och 17 % för kontrolluppsamlaren.

Ett oväntat positivt resultat som visade sig under försöken i Lagan var att det var en större storleksfördelning för de ålyngel som valde EF:23-uppsamlaren i jämförelse med kontrolluppsamlaren. Resultatet av den här studien visar att den nya innovativa metoden för ålyngeluppsamling som representeras av EF:23-uppsamlaren har potential både gällande fångsteffektivitet och fångst av ålyngel av olika storlekar.

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.

