

Test av olika åtgärdsutformningar för att optimera ålyngelfångst vid vattenkraftverk

Elforsk rapport 14:38



J Christiansson, A Nilsson, P Olsson, M Heiss & O Calles,
oktober 2014

Test av olika åtgärdsutformningar för att optimera ålyngelfångst vid vattenkraftverk

Elforsk rapport 14:38

J Christiansson, A Nilsson, P Olsson, M Heiss & O Calles,
oktober 2014

Förord

Denna rapport är resultatet av forskningsprojektet Test av olika åtgärdsutformningar för att optimera ålyngelfångst vid vattenkraftverk.

Projektet utfördes under ledning av Jonas Christiansson, Elghagen Fiskevård som också har skrivit rapporten. Medverkande i projektet finns namngivna på rapportens framsida.

Projektet har bedrivits inom ramen för programmet Krafttag ål som är ett samarbete mellan vattenkraftföretag och Havs- och vattenmyndigheten kring insatser för ålens bevarande.

Uppdragsgivare för detta projekt var till lika delar Krafttag ål och E.ON Vattenkraft Sverige AB. Parterna bakom Krafttag ål var Havs- och vattenmyndigheten, E.ON Vattenkraft Sverige AB, Fortum Generation AB, Holmen Energi AB, Karlstads Energi AB, Sollefteåforsen AB, Statkraft Sverige AB, Tekniska Verken i Linköping AB samt Vattenfall Vattenkraft AB.

Programmet Krafttag ål har letts av en styrgrupp:

Erik Sparrevik	Vattenfall Vattenkraft AB (ordf.)
Niklas Egriell	Havs- och vattenmyndigheten
Johan Tielman	E.ON Vattenkraft Sverige AB
Marco Blixt	Fortum Generation AB
Jan Lidström	Holmen Energi AB
Angela Odelberg	Statkraft Sverige AB
Ola Palmqvist/Katarina Ingvarsson	Tekniska Verken i Linköping AB
Sara Sandberg	Elforsk (programledare, adj.)

Stockholm, november 2014



Sara Sandberg

Elforsk

1 Sammanfattning

Under juni-aug 2014 har en ålyngelstudie ägt rum vid Ätrafors kraftstations turbinutlopp i Ätran, Halland. Syftet har varit att studera hur man kan öka fångstbarheten av ålyngel i ålyngeluppsamlare/ledare. Experimenten genomfördes dels i två testramper på land, och dels i vattendraget med fyra ålyngeluppsamlare. Försöken i testramperna bestod i effektivitetstest av tre olika typer av vandringsmedier/substrat. Ålyngel (N=2853) placerades i ett kar i testrampens nederkant där de fick valmöjligheten att klättra upp ett av tre olika substrat, vid två olika ramplutningar. I testramperna studerades dessutom inverkan av mörker, ljus och lockvatten på val av passageväg. I vattendraget intill kraftverkets turbinutlopp genomfördes en studie på hur ålyngeluppsamlarens placering påverkar ålfångsten.

De tre olika substraten som testats i testramperna var Enkammat, en rulle av plastat hönsnät (nätrulle) och Diadrain 25H (D-25). Flest ålyngel valde att vandra upp i den ramp som var täckt med D-25, både vid 30° och 45° lutning på rampen. Den ramp som inretts med en nätrulle attraherade flest stora ålyngel (140-350 mm). Alla yngelstorlekar vandrade upp i rampen med D-25, medan endast små yngel (<140 mm) vandrade upp i rampen med Enkammat. Enkammatet som sannolikt är det vanligaste substratet i ålyngelledare, och som oftast rekommenderas i litteraturen, var således det substrat som attraherade minst antal ålar och dessutom nästan uteslutande små ålyngel.

Inga signifikanta skillnader i ålfångst kunde påvisas mellan belyst respektive beskuggad ramp och inte heller för hur lockvattnet appliceras vid uppsamlarens ingång. Placeringsstudien visade att av de fyra olika ålyngeluppsamlarna som placerats i turbinutloppet, så var lokalen närmast det definitiva stoppet dvs. längst in i turbinutloppet den som gav de största fångsterna.

Den totala fångsten av ålyngel vid Ätrafors 2014 var avsevärt mycket högre än vid tidigare studier 2010-2011. Eventuellt är detta effekten av de förbättrade passageförhållandena vid det enda vandringshindret mellan Ätrafors och havet, Hertings kraftstation i Falkenberg. Även det intensifierade arbetet med ålyngel vid Ätrafors 2014 och ett generellt bra ålyngelår kan ha bidragit till de ökade fångsterna. Trots denna markanta ökning kan vi inte ge ett definitivt svar på huruvida de förbättrade passagemöjligheterna vid Hertings kraftstation medfört att fler ålyngel passerar kraftverket där.

Resultaten som erhållits vid denna studie visar på att substratet hade stor påverkan för fångsteffektivitet och storleksselektion för ålyngel i ålyngeluppsamlarna. Även ålyngeluppsamlarens placering hade stor betydelse för ålfångsten. Vi kunde inte påvisa någon effekt av belysning/beskuggning och inte heller för två olika typer av lockvatten. Resultaten kan användas för att effektivisera ålyngelfångst vid vattenkraftverk och därmed bidra till en ökad rekrytering av ål till reglerade vattendrag och därmed till bevarandet av den akut hotade Europeisk ålen.

Summary

An experimental study on juvenile eels was carried out at Ätrafors hydropower plant in the River Ätran. The aim of the study was to experimentally evaluate different techniques to improve the catch efficiency of juvenile eel traps. The tests were performed in a test facility on land, and in juvenile eel traps located in the river. In the test facility, juvenile eels (N=2853) were released in a pool from which they could ascend one of three ramps each equipped with one of three different types of substrates. Tests were carried out at two different angles, 30° and 45°, for all substrates. The importance of type of attraction flow and presence/absence of artificial light, was tested in a similar fashion in the test facility, using only two of the ramps. The importance of the location of the trap for the number of eels caught was tested using four traps located at the turbine outlet. The study also aimed at analysing to what extent the modifications to improve passage conditions at the only obstacle between Ätrafors and the sea resulted in an increased number of juvenile eels caught at Ätrafors.

The three substrates that were tested were: Enkamat™, rolls of plastic-covered chicken wire, and Diadrain™ 25H (D-25). The highest number of juvenile eels caught was recorded for the ramp equipped with D-25, for both angles. All sizes of juvenile eels were caught in the D-25 ramp, whereas only small eels (<140 mm) were caught in the Enkamat ramp and the highest number of large eels (140-350 mm) were caught in the ramp equipped with chicken wire. Enkamat is probably the most commonly used and most frequently recommended substrate for juvenile eel trap ramps, but our study showed that the ramp equipped with Enkamat did in fact catch the lowest number of eels and only small eels, of the three substrates tested.

No differences in the number of juvenile eels caught could be found neither between test ramps with and without artificial lights, nor between ramps with different modes for releasing water for increased attraction. The study on the importance of trap placement in relation to the turbine outlet, showed that the highest catches were registered for trap located at the point furthest upstream, i.e. in the trap located just next to the uppermost turbine outlet.

The total catch of juvenile eels at Ätrafors hydropower plant was substantially higher in 2014, as compared to the catches recorded in 2010-2011. We argue that the increased eel catch at Ätrafors was at least partly due to the improved passage conditions at the barrier situated downstream, but the lack of a control trap downstream of that barrier makes it difficult to distinguish the effect of the improved passage conditions from factors such as interannual variation and a general increasing trend in juvenile eels reaching Europe.

The results from this study revealed that the type of substrate used in juvenile eel trap ramps had a substantial effect both on the number of eels caught and their size-distribution. The location of the trap also proved important for the numbers of eel caught, with the highest catch being recorded in the trap located at the point furthest upstream and adjacent to the point of the highest discharge being released. The lessons learned in our study can be used to improve the efficiency of juvenile eel traps and thereby increasing the number of eels that reach rearing areas in freshwater, which in the long run will contribute to the recovery of the European eel population.

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Bakgrund	1
3	Frågeställning	2
4	Material & Metoder	3
4.1	Ålyngeluppsamlarna	3
4.2	Testramper.....	5
4.3	Vandringsmedier/substraten	5
4.4	Ljusförsök	6
4.5	Lockvattenförsök	7
4.6	Placeringsstudie	8
4.7	Analys	8
5	Resultat	9
5.1	Vandringsmedier/substrat.....	9
5.2	Ljusförsök	11
5.3	Lockvattentest	12
5.4	Placeringsstudie	14
6	Diskussion	15
7	Referenser	18

2 Bakgrund

Flera av världens ålarter är akut hotade inklusive den Europeiska ålen (*Anguilla anguilla*) (Dekker *et al.*, 2003) och flera initiativ har därför tagits från myndigheterna för att bevara arten. Såväl EU:s ålförordning (1100 /2007 /EC) som den svenska ålförvaltningsplanen (Anonymous, 2008) har dock bara fokuserat åtgärdsarbetet mot att öka andelen blankålar som når havet, vilket innebär att förutsättningarna för ålynglens uppströmsvandring till tillväxtområden i sötvatten är dåligt känd och i många fall undermåliga. Fångstdata visar på en uppåtgående, om än begränsad, trend för ålyngel som når Europas kuster (muntligen, Willem Dekker), men för att detta ska leda till en ökad ålproduktion i sötvatten krävs att ålynglen kan vandra upp i vattendragen och passera de hinder som ligger mellan havet och uppväxtområdena som oftast är belägna i sjöar långt upp i avrinningsområdena (Calles *et al.*, 2010).

Vid många vandringshinder saknas fria vandringsvägar eftersom fiskvägar och/eller ålyngelledare saknas eller har en bristfällig funktion (Calles and Christiansson, 2012). Dessutom är kunskapen begränsad om hur ålyngelledare bör utformas för optimal funktion (Porcher, 2002), sannolikt delvis för att överskottet av uppvandrande ålyngel tidigare varit så stort att fångsteffektiviteten inte varit ett problem. Med tanke på det låga antal ålyngel som vandrar upp i svenska vattendrag i dag, är det viktigare än någonsin att en så stor andel som möjligt av dessa yngel kan vandra vidare uppströms.

Under 2010 och 2011 utfördes ålstudier i Ätrons avrinningsområde av Karlstads universitet finansierat av E.ON, Living North Sea och KK-stiftelsen (Calles *et al.*, 2012). Studierna syftade till att förbättra kunskapsläget gällande ålproduktion i Ätrons avrinningsområde. En av frågeställningarna var huruvida rekryteringspotentialen i form av uppvandrande ålyngel utnyttjades optimalt. Resultatet visade att antalet uppvandrande ålyngel var katastrofalt lågt och till och med lägre än antalet årligen utvandrande blankålar. Den minskade rekryteringen av ålyngel kunde även urskiljas i form av en mer än halverad blankålsproduktion i Ätran under de senaste 50 åren (Calles *et al.*, 2010). Under 2013 startade utrivningen och ombyggnationen av Hertings kraftstation och de nya passagefaciliteterna var i full drift under våren 2014. Utrivningen av Hertings kraftstation innebär att Ätrafors Kraftstation numera är det första kraftverket från havet och således även det första hindret för uppströmsvandrande ålyngel i Ätrons huvudfåra. Det är därför sannolikt att antalet ålyngel som når Ätrafors kraftstation kommer att öka.

3 Frågeställning

Studiens syfte var att undersöka vilka faktorer som har betydelse för att så effektivt som möjligt fånga ålyngel vid ett vattenkraftverk, i det här fallet Ätrafors kraftstation i Ätran, Halland.

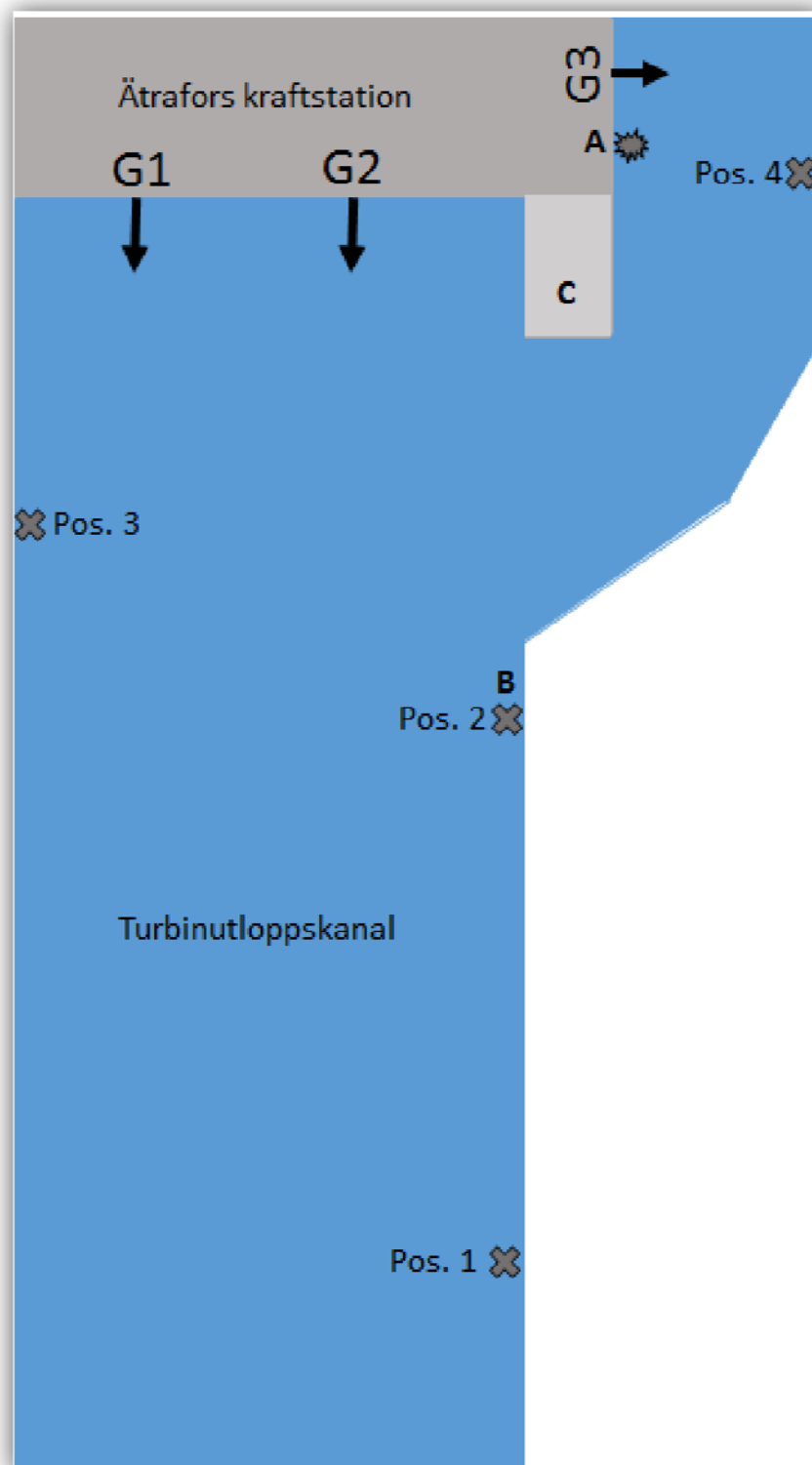
Studiens frågeställningar var:

1. Har förbättringarna av passagemöjligheterna vid Hertings kraftstation resulterat i en ökad ålyngeluppvandring till Ätrafors kraftstation?
2. Vilka är de lämpligaste lokalerna (-a) för permanent (-a) ålyngeluppsamlare vid ett turbinutlopp?
3. Hur påverkas ålyngelfångsterna av förhållandena vid ålyngelledares ingång respektive av substrattypen i dess ramp?

4 Material & Metoder

4.1 Ålyngeluppsamlarna

För att identifiera i vilken utsträckning placeringen av ålyngeluppsamlarna påverkar fångsten användes totalt fyra ålyngeluppsamlare vid Ätrafors kraftverk (Fig. 1). Dessa uppsamlare bestod av ramper som kläddes invändigt med Enkamat. Två av ålyngeluppsamlarna var nyinstallerade medan två befintliga uppsamlare renoverades och förseddes på samma sätt med Enkamat. De två nya ålyngeluppsamlarna anlades med samma bredd (400 mm) och lutning (35°) som de två befintliga. De fyra ramperna försågs med lockvatten vid ingången och vatten till själva rampen (rampvatten) med hjälp av dränkbara pumpar. Alla ramper försågs med samma mängd lock- och rampvatten. De dränkbara pumparna som användes hade en effekt på 250 W med en nominell pumpkapacitet på c. 2,2 L/s. Ålyngeluppsamlarna var försedda med predationsskydd i form av presenning på de övre $\frac{3}{4}$ delen av rampen och kycklingnät (25 mm maska) på den nedre $\frac{1}{4}$ delen. Den nedre delen försågs med nät för att möjliggöra passage för ålen vid olika vattennivåer i turbinutloppet, dvs. med presenning över hela rampen hade ingången hamnat under vattenytan vid en hög nivå. Under studiens gång vittjades ålyngeluppsamlarna varje morgon, varefter ålynglen räknades och längdmättes individuellt.



Figur 1. Ålyngeluppsamlarnas position i turbinutloppet vid Ätrafors kraftstation 2014 (Pos. 1-4), samt placeringen av ljustest (A), lockvattentest (B) och testramernas placering (C).

4.2 Testramper

För att testa inverkan av olika substrat/vandringsmedier i ramperna till ålyngeluppsamlare byggdes två identiska testramper (Fig. 3). De två ramperna var indelade i tre olika 320 mm breda och 1800 mm långa banor (delramper). De tre banorna var separerade från varandra genom 140 mm höga väggar. Rampen och de tre banorna mynnade ut i ett 800 liters plastkar. Vattentillförseln ombesörjdes av en dränkbar pump som tillförde lockvatten i karet framför varje bana (enkelstråle) samt rampvatten till varje bana/substrat. I slutet av varje bana placerades en hink i vilken de uppvandrande ålynglen samlades upp, räknades och mättes. För att minska risk för yttre påverkan förseddes banorna och plastkaret med en skyddande presenning. Vid försöken användes ålyngel som fångats i ålyngeluppsamlarna vid Ätrafors kraftstation (N=2853; 70 – 160 mm), samt ytterligare 70 större individer (170 – 350 mm) som fångades i en ålyngeluppsamlare vid Vessige kraftverk i Lillån, Vessigebro, av Jan-Åke Jacobsson.



Figur 3. De två testramperna som användes under studien.

4.3 Vandringsmedier/substraten

De tre olika substraten som testats i testramperna var Enkamät, nätrulle (plastat hönsnät) och Diadrain 25H (D-25) (Fig. 2). Enkamätet som är ett allmänt vedertaget vandringsmedie användes som kontroll (Armstrong *et al.*, 2010; Solomon and Beach, 2004). Diadrain 25H är ett material som används

vid anläggning av s.k. gröna tak där syftet är att hålla kvar växtlighet, vatten och jordmassor på lutande tak. Strukturen på D-25 kan liknas vid en äggkartong då materialet har upphöjda och nedsänkta koniskt formade knoppar med höjden/djupet 25 mm ($\varnothing$ 15-25 mm). Nätrullen bestod av rullat plastat hönsnät. Nätrullarna var 300 mm långa, 40 mm höga och häftades fast tvärs på en formplyfa, för att ge en ökad friktion kläddes formplyfan även med takfotsnät.



Figur 2. Substraten som användes vid försöken: D-25, Enkamat och Nätrulle.

Substraten testades i testramperna med två olika lutningar: 30° och 45°. De tre olika substraten roterades på dygnsbasis för att utesluta inverkan av banornas respektive placering.

4.4 Ljussförsök

Tre separata försök genomfördes för att testa ljusets påverkan på uppvandrande ålyngels vandringsbenägenhet, ett i turbinutloppet och två i testramperna. Huruvida ljus kan användas för att leda ålynglen mot en ålyngeluppsamlare testades vid ålyngeluppsamlaren som var placerad längst in i turbinutloppskanalen (Fig. 4). Två strålkastare (1700 Lumen) användes, vilket är likvärdigt med helljuset på en bil. Lamporna placerades så att de lyste upp motsatt sida av utloppskanalen i förhållande till ålyngeluppsamlarens placering, i syfte att mota ålynglen till ålyngeluppsamlarens sida (Fig. 1 & 4).

Ytterligare två ljusrelaterade test utfördes i testrampen; påverkan på fångsternas fördelning mellan delramperna i närvaro av 1) tak och 2) belysning. Under dessa två tester stängdes testrampens mittenbana av och de två kvarvarande banorna försågs med Enkamat samt tak/belysning. Vid taktestet försågs den ena delrampen med tak i form av en tjock presenning (behandling), och den andra delrampen försågs med en transparent plastfilm (kontroll). Placeringen av behandling och kontroll alternerades mellan de två banorna på dygnsbasis. Vid belysningstestet användes en ljuskälla i form av en ljusslinga som monterades så att den lyste upp mynningen till en av de två banorna. Åtgärden mellan de två banorna på dygnsbasis. Placeringen av behandling och kontroll alternerades mellan de två banorna på dygnsbasis.



Figur 4. Ålyngeluppsamlaren vid position 4 (Fig. 1, Pos. 4). Notera strålkastarnas placering överst i bild vid det öppna fönstret.

4.5 Lockvattenförsök

Betydelsen av lockvattnets utformning på ålynglens vägval studerades genom försök i turbinutloppskanalen och i testrampen. Vid försöken i testrampen blockerades mittenbanan i testrampen så att endast de två ytterbanorna var öppna. De två banorna kläddes med Enkamat. Vid mynningen av de två banorna testades två olika typer av lockvatten. Ett VP-rör placerades tvärs över testrampen varpå det borrades ett enkelhål i röret över den ena banan och c. 30 mindre hål över den andra banas mynning. Enkelhålet gav en kraftig och djupt gående signatur medan de mindre hålen gav en ytlig, bredare sprejande signatur. Flödet var det samma för de två lockvattentyperna (4 L/s) under försöket och typerna alternerades mellan de två banorna på dygnsbasis.

Det andra lockvattensförsöket utfördes vid en av ålyngeluppsamlarna i turbinutloppet (Fig. 4) och där alternerades det konventionella lockvattnet med en kombination av ett sprejande VP-rör tillsammans med konventionellt lockvatten. Samma flöde användes för de två olika lockvattenvarianterna och testades varannan natt.

4.6 Placeringsstudie

För att identifiera lokalen med störst fångst placerades enligt beskrivning ovan fyra ålyngeluppsamlare ut på olika platser i turbinutloppsakanalen (Fig. 1, Pos. 1-4). Antalet ålar som fångades på respektive lokal noterades och individernas längd mättes för att identifiera den effektivaste positionen.

4.7 Analys

De två tester som använts var *rbANOVA* och *parat t-test*. Testerna utfördes med programmet IBM SPSS Statistics version 21.0.0.0. Konfidensintervallet som används för att avgöra om resultaten av de olika försöken varit signifikanta eller inte har varit KI 95 % ($p < 0,05$)

5 Resultat

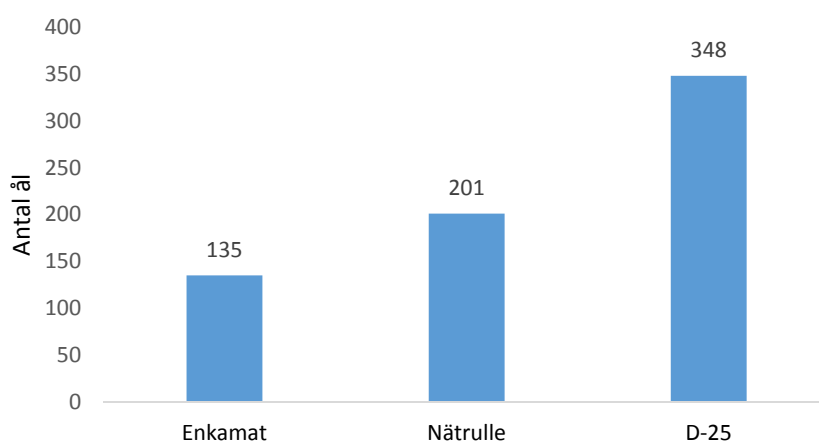
Totalt fångades 3736 ålyngel i ålyngeluppsamlare 4 vid Ätrafors kraftstation 1 juli – 12 augusti 2014, vilket var i storleksordningen 100 gånger högre än motsvarande fångst i samma uppsamlare 2010-2011 (Tabell 1).

Tabell 1. Årlig totalfångst, fångsttid samt catch per unit effort (CPUE) för ålyngeluppsamlare nummer 4 vid Ätrafors kraftstation (Fig. 1, Pos. 4). Data för 2010-2011 från (Calles *et al.*, 2012).

År	Fångst	Antal dagar	CPUE
2010	17	60	0,3
2011	76	78	1,0
2014	3736	38	98,3

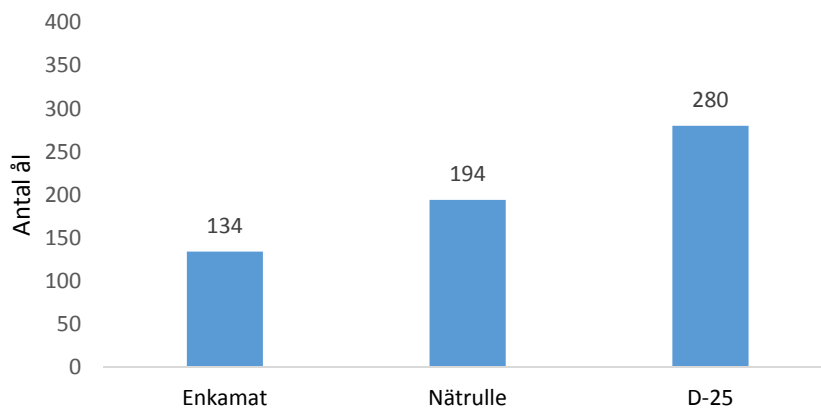
5.1 Vandringsmedier/substrat

Vid 30° lutning förelåg en skillnad i fångst mellan de olika substraten (ANOVA, $F_{2,42}=3,838$, $p=0,029$) (Fig. 5). Skillnaden hade sitt ursprung i att fler ålyngel vandrade upp i den ramp som var inredd med D-25 jämfört med Enkamat (post hoc Tukey, $p=0,026$), medan det inte fanns några signifikanta skillnader i jämförelserna mellan D-25 och nätrulle ($p=0,161$) eller Enkamat och nätrulle ($p=0,681$). Försöket pågick under nio dagar och inkluderade 900 ålyngel, varav 684 individer (76 %) valde något av substraten och ingick i analysen.



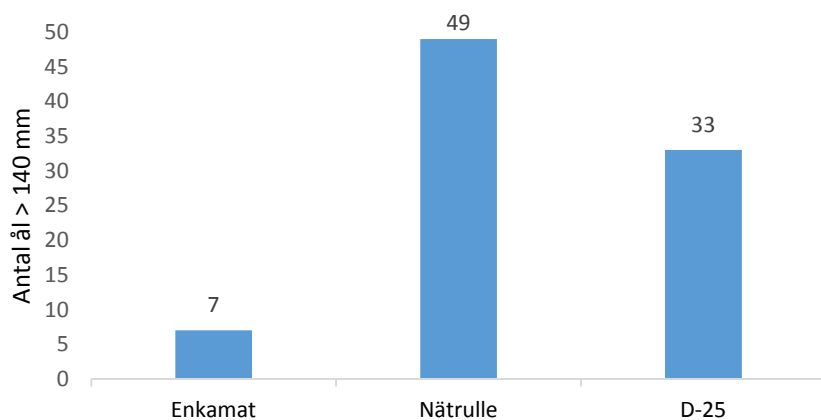
Figur 5. Antalet ålyngel som vandrat upp i en av tre ramper vid 30° lutning och tre olika substrat.

Även vid 45° lutning gav rampen klädd med D-25 störst fångst (ANOVA, $F_{2,47} = 6,048$, $p = 0,005$), där antalet fångade ålyngel var signifikant högre jämfört med Enkamat (post hoc Tukey, $p = 0,003$) men inte än nätrullen ($p = 0,307$) (Fig. 6). Försöket pågick under tio dagar och inkluderade 838 ålyngel, varav 723 individer (86 %) valde något av substraten och ingick i analysen.



Figur 6. Antalet ålyngel som vandrat upp i en av tre ramper vid 45° lutning och tre olika substrat.

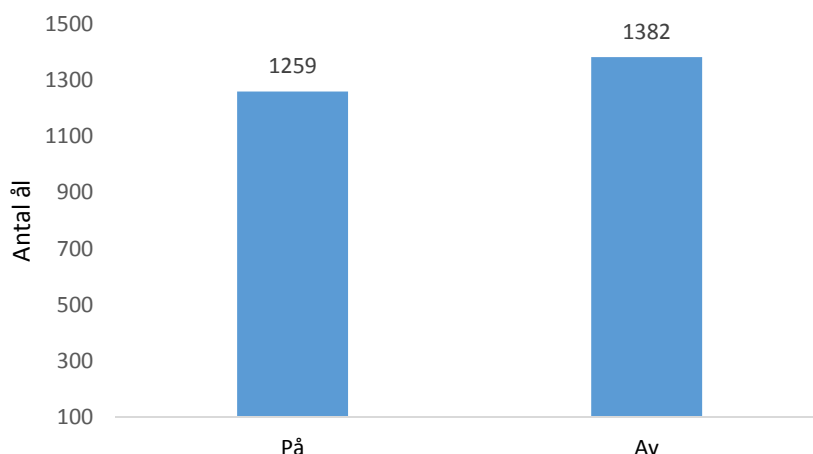
Fångstfördelning för stora ålyngel (140 - 350 mm) skiljde också mellan substrat (ANOVA, $F_{2,19} = 11,823$, $p < 0,001$), där flest ålyngel vandrade upp i den ramp som var inredd med nätrullen, där antalet fångade ålyngel var signifikant högre både jämfört med Enkamat (post hoc Tukey, $p < 0,001$) och jämfört med D-25 ($p = 0,040$) (Fig. 7). Substratet som hade den bredaste storleksfördelningen var D-25, men skillnaden var inte signifikant. Enkamaten var således det substrat som gav lägst fångst och som även fångade lägst antal stora ålyngel (Fig. 7). Försöket pågick under nio dagar och inkluderar 89 ålyngel, varav (100 %) valde något av substraten och ingick i analysen.



Figur 7. Antalet stora ålyngel (140-350 mm) som vandrat upp i en av tre ramper med 30° lutning och tre olika substrat.

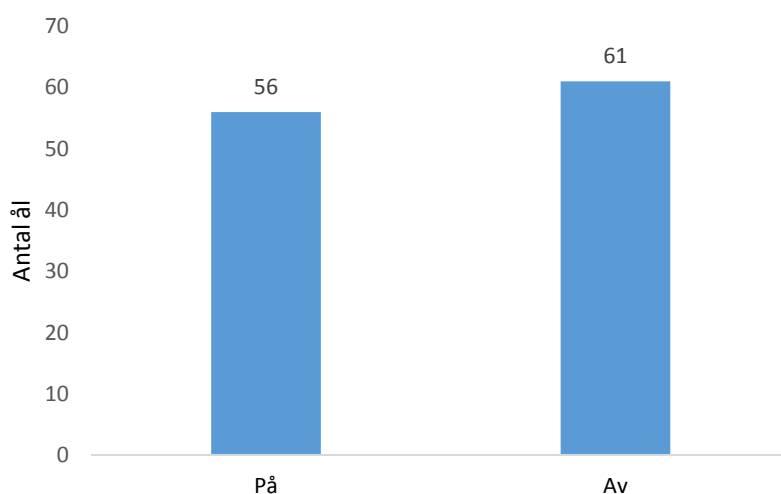
5.2 Ljuförsök

Ljustestet som utfördes under 29 dagar vid en av turbinutloppets ålyngeluppsamlare (Fig. 4) visade ingen effekt av ljus på fångstfördelningen (ljus på: 48 %, ljus av: 52 %; Fig. 8). Totalt fångades 2641 ålyngel under försöksperioden och det förelåg en stor skillnad i fångst mellan dygn, men det var ingen skillnad i totalfångst mellan ljusbehandling och kontroll.



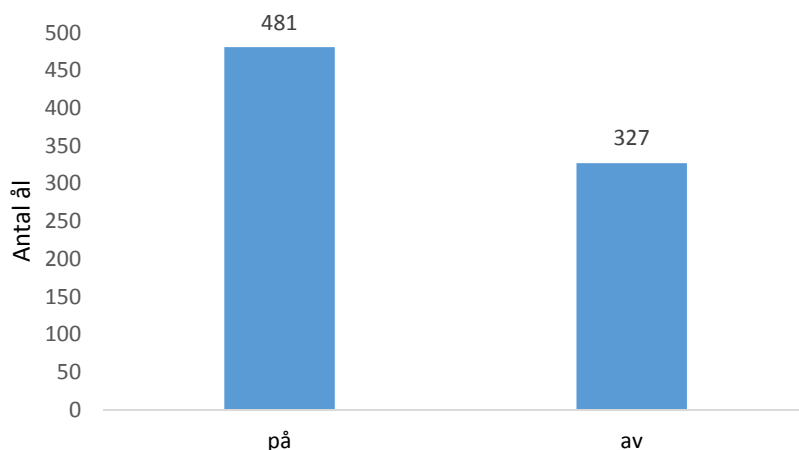
Figur 8. Fångst av ålyngel i uppsamlare i Ätrafors turbinutlopp med belysning av rampen (på) respektive utan belysning (av).

Ljustestet i testrampen visade inte heller någon effekt av ljusbehandlingen (parat t-test: $t_6 = -0,371$, $p = 0,723$) (ljus på: 39 %, ljus av: 42 %; (Fig. 9). Testet pågick under 7 dagar och inkluderade 144 ålyngel, varav 117 individer (81 %) valde något av substraten och ingick i analysen.



Figur 9. Antalet ålyngel som vandrat upp i en av två ramper vid 45° lutning och med eller utan belysning (på respektive av).

Vid testet på inverkan av ramp med och utan övertäckning (Fig. 10) var fångsterna högre i den övertäckta rampen (lock på: 56 %, lock av: 38 %), men skillnaden var inte signifikant (parat t-test: $t_7 = -0,860$, $p = 0,418$). Testet pågick under åtta dagar och inkluderade 857 ålyngel, varav 808 individer (94 %) valde något av substraten och ingick i analysen.

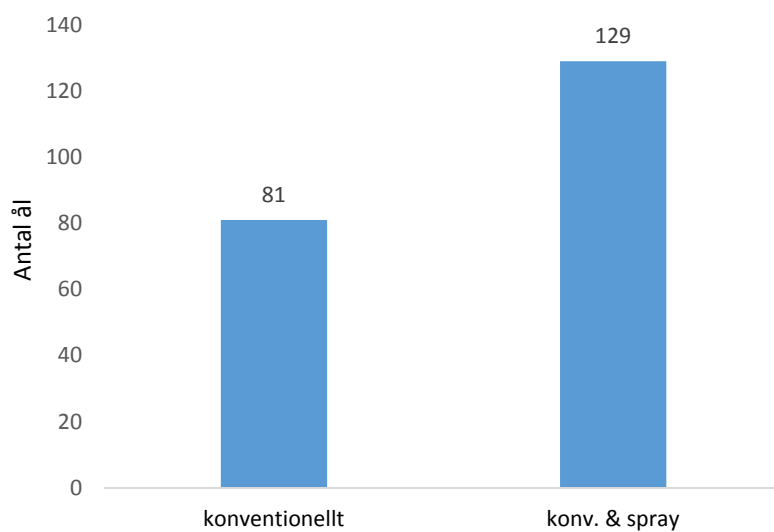


Figur 10. Antalet ålyngel som vandrat upp i en av två ramper vid 45° lutning och antingen med tak (på) eller utan tak men med plastfilm (av).

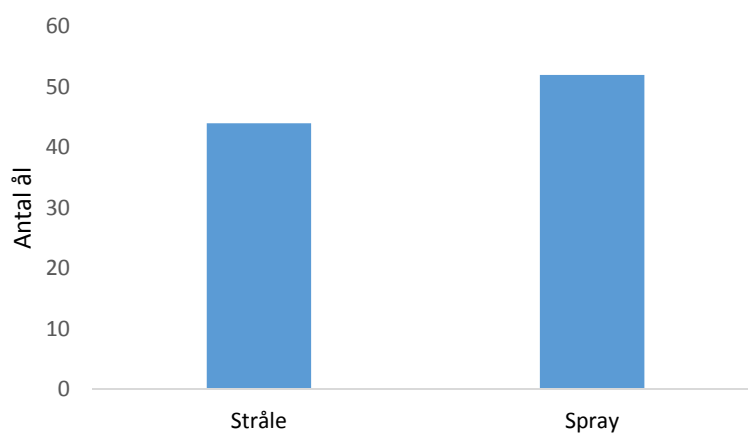
5.3 Lockvattentest

Lockvattentestet i turbinutloppskanalen pågick under 29 dygn och visade ingen effekt av lockvattnets utformning, men även här förelåg en stor mellandygnsvariation i fångst. Totalt fångades drygt 200 yngel, varav 60 % i ålyngeluppsamlaren som försetts med modifierad tillförsel av lockvatten (Fig. 4 & 11).

Inte heller lockvattentestet som utfördes i testrampen visade på någon inverkan av lockvattnets utformning (parat t-test: $t_5 = -1,235$, $p = 0,272$), (stråle: 39 %, spray: 46 %; Fig. 12). Försöket pågick under sex nätter och inkluderade 114 ålyngel, varav 96 individer (84 %) valde en ramp och därmed ingått i analysen.



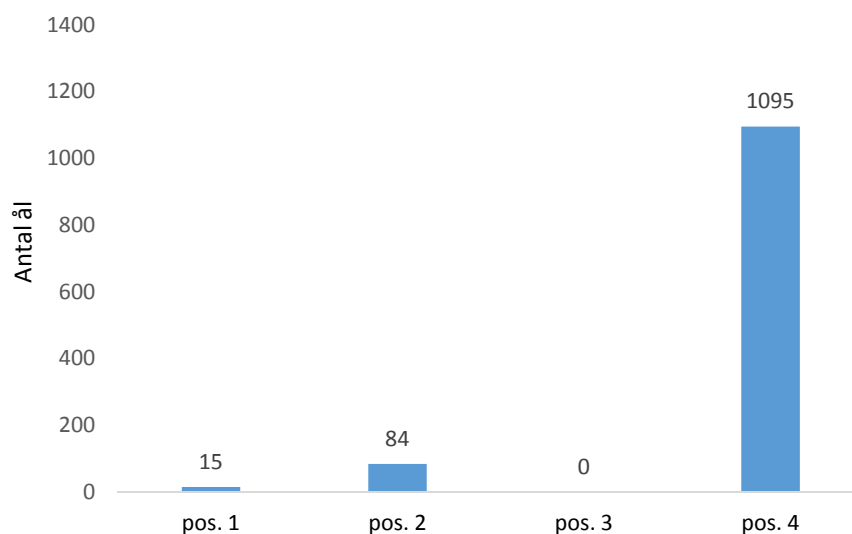
Figur 11. Antalet ålyngel som vandrat upp i ålyngeluppsamlaren i turbinutloppet vid Ätrafors kraftstation med konventionellt lockvatten respektive konventionellt lockvatten förstärkt med sprayande lockvatten.



Figur 12. Antalet ålyngel som vandrat upp i en av två ramper vid 45° lutning och antingen med lockvatten i form av en stråle eller spray.

5.4 Placeringsstudie

Placeringsstudien pågick under nio dagar och det fyra ålyngeluppsamlarna fångade sammanlagt 1194 ålyngel (Fig. 13). Den största fångsterna noterades för den ålyngeluppsamlare som var placerad längst in i turbinutloppskanalen (Fig. 4, Pos. 4), i vilken >92 % av de fångade ynglen påträffades.



Figur 13. Antal fångade ålyngel i de fyra ålyngeluppsamlare som placerats på olika platser i turbinutloppet vid Ätrafors kraftstation, Ätran 2014.

6 Diskussion

Substrattesten som utförts under den studie visar att det substrat som är vanligast förekommande i ålyngeluppsamlare, Enkamat, inte resulterade i störst ålyngelfångst. Dessutom visade det sig att Enkamatet uppvisade störst storleksselektion av substraten och uteslutande fångade små ålyngel. Under försöken observerades att de större ålynglen försöker vandra inuti Enkamatet, och att de efter ett antal försök gav upp (pers. obs., Jonas Christiansson). Eftersom rampen klädd med nätrullen fångade flest stora ålyngel och D-25 fångade flest ålyngel totalt, torde en kombination av de två substraten ge störst fångst av ålyngel av olika storlekar. Resultaten i denna studie ger således indikationer på vilket substrat som ska användas vid anläggandet av ålyngeluppsamlare och ålyngelledare, men andra ännu inte utvärderade substrat kan ge en ännu bättre funktion. Kommande studier bör eftersträva att testa ett substrat som kombinerar egenskaperna från D-25 och nätrullen, eller att helt enkelt kombinera de två. Vi kan inte säga om fångsterna skulle vara densamma för de tre substraten om inga alternativ fanns att tillgå och om tidsåtgången för passage skiljer mellan substrat, vilket skulle vara intressant att studera närmare.

Ljustesten som utförts i denna studie visade att den typ av ljusmanipulation som användes i studien inte påverkade ynglens vägval. Tidigare studier visar att ljusets våglängd är helt avgörande för en repellerande/attraherande beteenderespons och att detta ofta är arts specifikt (Larinier, 2008). Med andra ord kan avsaknaden av skillnader i fångst mellan de olika ljusbehandlingarna bero på den använda ljuskällans specifika egenskaper. Även ynglens storlek kan vara av betydelse, försöket i testrampen inkluderade endast 70 – 160 mm långa ålyngel och möjligen skulle resultaten sett annorlunda ut om större ålar studerats.

Experimentet på betydelsen av tak över rampen, visade på högre fångster i den takförsedda rampen, även om skillnaden inte var signifikant. Försöksperioden var relativt kort (åtta nätter) och resultaten kunde ha blivit tydligare om försöket pågått under en längre period och inkluderat fler individer. Det är dock viktigt att påpeka är att risken för predation är skäl nog till att täcka över ålyngeluppsamlare/ledare med någon form av skyddande struktur.

Lockvattentesten visade ingen skillnad mellan de två olika behandlingarna spray och enkel stråle, och således tycktes ålynglen finna dem båda lika attraktiva. Tidigare studier har dock visat att lockvattnets utformning har stor betydelse för hur mycket ål som lockas till ingången (Piper *et al.*, 2012) och möjligen var skillnaden mellan de två olika lockvattentyperna för liten i vår studie. Studier gällande lockvattnets "detektionsområde" dvs. från vilket avstånd och djup ålynglen kan upptäcka lockvattnet kan leda till användbar information. En annan intressant fråga att försöka besvara är: är det enbart volymen på lockvattnet eller har utformningen och lockvattnets signatur en påverkan på detektionsområdets storlek?

Det finns även anledning att titta på påverkan av "oönskat lockvatten" dvs. allt vatten från kraftverket och ev. damm (läckage, kylvatten etc.) som kan locka och uppehålla ålyngel och därmed försvåra för ålen att hitta in i en ramp. Vid Ätrafors kraftverk där studien ägde rum finns det kylvatten till generatorerna som sprutar ut c. >100 L/s vid G1 och G2, detta är ett avsevärd mycket större lockvatten än det som släpptes ut vid de fyra ålyngeluppsamlarna.

Studier på beteendebarrärer (ljus, ljud, bubblor, etc.) möjliga användning i ålyngelsammanhang är av stort intresse. Att med enkla medel mer effektivt kunna leda eller mota ålyngel till ålyngelledare/uppsamlare vid kraftverkens ofta stora turbinutlopp, skulle vara mycket värdefullt.

Placeringsstudien visar på hur viktigt det är med en korrekt placering av ålyngeluppsamlare/ledare. Det är sannolikt så att det finns ålyngelåtgärder runt om i Sverige som avslutats pga. de låga fångsterna under slutet av 1990-talet, där det sannolikt har varit en dålig placering i kombination med den minskad ålyngelrekrytering som varit orsaken snarare än att inga ålyngel vandrat upp i vattendragen. Förslagsvis använder man sig av ännu fler ålyngeluppsamlare vid framtida placeringsstudier. Observationer under tidigare ålyngelstudier utförda av Karlstads universitet tyder på att även mindre justeringar av placeringen på ett fåtal meter kan göra stora skillnader i fångsterna (Calles *et al.*, 2012), vilket bekräftas av våra observationer inom denna studie. Det är även viktigt att ta i beaktande att flera ålyngeluppsamlare/ledare kan behövas på en och samma lokal, eftersom den mest optimala placeringen kan variera till följd av varierade vattentemperaturer, flöde och flödesfördelning.

Det fångades betydligt fler ålyngel vid Ätrafors 2014 än under studierna 2010-2011 (Calles *et al.*, 2012). Det skulle kunna bero på att fler ålyngel kommer förbi Hertings kraftstation efter de passageförbättrande åtgärderna, men det kan även bero på en mellanårsvariation och att den totala ålyngeluppvandringen ökar på flera håll sedan några år tillbaka. Det är dock oklart hur lång tid det tar för ålyngel att simma de 20 km från Herting till

Ätrafors och således kan det dröja längre tid innan en ökad uppvandring av ålyngel vid Herting tydligt syns i fångsterna vid Ätrafors. För att utreda om flera ålyngel vandrar förbi Hertings kraftverk efter de passageförbättrande åtgärderna, rekommenderas långsiktiga uppföljningsstudier.

7 Referenser

- Anonymous. 2008. Swedish eel management plan (Jo 2008/3901). 51
- Armstrong GS, Aprahamian MW, Fewings GA, Gough P, Reader NA, Varallo PV. 2010. Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales. *Environment Agency, UK* 369
- Calles O, Christiansson J. 2012. Ålens möjlighet till passage av kraftverk - En kunskapssammanställning för vattendrag prioriterade i den svenska ålförvaltningsplanen samt exempel från litteraturen *Elforsk rapport* 57
- Calles O, Christiansson J, Andersson J, Sahlberg T, Stein F, Olsson B-M, Alenäs I, Tielman J. 2012. ÅL I ÄTRAN - En fallstudie för svensk ålförvaltning. *Karlstad University Studies* 51 (ISBN 978-91-7063-450-5).
- Calles O, Olsson IC, Comoglio C, Kemp PS, Blunden L, Schmitz M, Greenberg LA. 2010. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology*. **55**: 2167-2180.
- Dekker W, Casselman JM, Cairns DK, Tsukamoto K, Jellyman DJ, Lickers H. 2003. Worldwide decline of eel resources necessitates action: Quebec declaration of concern. *Fisheries*. **28**: 28-30.
- Larinier M. 2008. Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *HYDROBIOLOGIA*. **609**: 97-108.
- Piper AT, Wright RM, Kemp PS. 2012. The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*) at intertidal barriers. *Ecological Engineering*. **44**: 329-336.
- Porcher JP. 2002. Fishways for eels. *BULLETIN FRANCAIS DE LA PECHE ET DE LA PISCICULTURE*. **364**: (chapter 10) 147-155.
- Solomon DJ, Beach MH. 2004. Manual for provision of upstream migration facilities for Eel and Elver. *Science Report* 63