

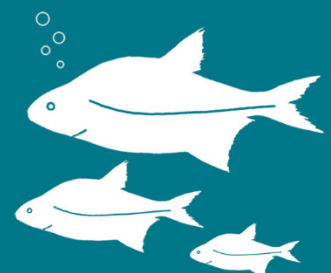
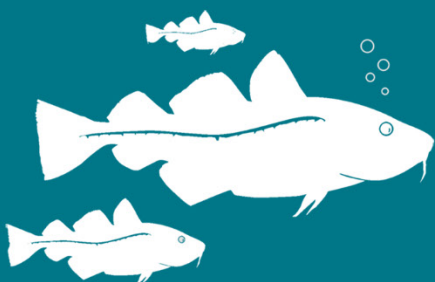


Aqua notes 2022:5

Faktorer som påverkar dödlighet hos ål vid fångst och transport förbi kraftverk

Birgitta Jacobson och Philip Jacobson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Faktorer som påverkar dödlighet hos ål vid fångst och transport förbi kraftverk

Factors affecting mortality of eel during trap and transport past hydropower plants

Birgitta Jacobson

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Philip Jacobson

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Elin Dahlgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Konrad Karlsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr 02958-2022 (SLU.aqua.2022.5.1-312)

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

Publikationsansvarig:	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Redaktör:	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår:	2022
Utgivningsort:	Uppsala
Illustration framsida:	Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
Serietitel:	Aqua notes
Delnummer i serien:	2022:5
ISBN:	978-91-8046-799-5
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.103nhc2ns8
Nyckelord:	Europeisk ål, <i>Anguilla anguilla</i> , förvaltningsåtgärd, stress, överlevnad.
Rekommenderad citering:	Jacobson, B., Jacobson, P. (2022). Faktorer som påverkar dödlighet hos ål vid fångst och transport förbi kraftverk. Aqua notes 2022:5. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. 26 s. https://doi.org/10.54612/a.103nhc2ns8

Uppdatering:

2023-05-11; tillagd författare (flyttad från tack till medförfattare). Tillägg i sammanfattning och i summary, på s. 9, på s. 11, samt s. 22 att data i denna studie kommer från projektet Krafttag ål. Förtydligande på s. 8 att den citerade studien Ward m.fl. (1997) är ett exempel på en studie om fångst och transport (det finns fler studier). Förtydligande på s. 9 att den citerade studien Piper m.fl. (2020) har undersökt europeisk ål. Förtydligande på s. 9 att data över transporterade ålar gäller för Sverige, kommer från SLU Aqua, och behandlar "metoden" fångst och transport (snarare än "förvaltningsåtgärd"). Förtydligande på s. 10, figurtext till figur 1, att figuren illustrerar fångst och transport (till skillnad från att vara en exakt beskrivning) och att ål vanligtvis fångas med bottengarn. Förtydligande på s. 11 att protokollen utformades av SLU Aqua. Förtydligande på s. 11–12 kring otydlig utformning av protokoll som ledde till oklarheter gällande användande av nollor eller ingen information (tom ruta). Förtydligande på s. 12 kring förklaringsvariabler, samt att "sumptyp" inte gick att ha med som en variabel i analysen eftersom informationen i protokollen angående sumptyp var begränsad. Ändring och förtydligande på s. 13 att termen "transporttillfällen" avser total dödlighet

under sumpning och transport. Ändring och förtydligande på s. 14, figurtext till figur 2, att procent död ål per körning gäller dödlighet under sumpning och transport. Ändring på s. 14, figurtext till figur 3, för att förtydliga hur frekvensdiagrammet ska tolkas; dödligheten visas för både sumpning och transport, under de flesta sumpning och transporttillfällena dog ingen ål, som mest dog 17 individer vilket inträffade vid ett tillfälle. Tillagda referenser på s. 24: Krafttag ål 2016 och 2018.



Medfinansieras av Europeiska unionen

Datinsamling inom DCF finansieras till 60 % av medel från Europeiska havs-, fiskeri- och vattenbruksfonden (EHFVF).

Sammanfattning

Den europeiska ålen (*Anguilla anguilla*) klassas idag som akut hotad. En anledning till att den minskat i antal är på grund av vandringshinder, så som vattenkraftverk, som påverkar ålens upp- och nedströmsvandring på ett negativt sätt. Vattenkraften blockerar vandringsvägar och leder till ökad mortalitet då lekvandrande ål har svårt att överleva passagen genom vattenkraftens snurrande turbiner under sin vandring från sötvatten till havet. En åtgärd för att minska mortaliteten i turbinerna är att man fångar och transporterar ål med lastbil förbi vandringshindren. Fångst och transport går till så att ål fångas ovanför vattenkraftverken och förvaras i sump, för att sedan köras med bil eller lastbilstransport förbi vattenkraftverken för att sedan släppas ut. Syftet med denna rapport är att undersöka vilka faktorer som påverkar dödlighet hos ål under fångst och transport, så kallad Trap & Transport. Data i denna studie kommer från projektet Krafttag ål, via Svenska Insjöfiskarens Centralförbund (SIC), där fiskare tillsammans med transportör har fört protokoll över fångst och transport under åren 2013–2022. Faktorer som vattentemperatur, tid i sump och transporttid testades mot dödlighet. Totalt dog det få ålar under fångst och transport (0,78 %) men vid vissa fångster och transporttillfällen var dödligheten så hög som 10 %. Enligt resultaten är det generellt hög vattentemperatur i kombination med lång sumpningstid som bör undvikas för att minska antalet ål som dör under fångst och transport.

Nyckelord: Europeisk ål, *Anguilla anguilla*, förvaltningsåtgärd, stress, överlevnad.

Summary

The European eel (*Anguilla anguilla*) is classified as critically endangered. One of the reasons for the decline is migration barriers, e.g., hydropower plants. In addition to blocking the migration routes, eels can also be injured or killed when they pass through hydropower turbines during their migration from freshwater to the sea. Trap and Transport is a management measure where eels are captured above the hydropower plant, stored in a fish-corf and transported below the plant to reduce turbine mortality. The purpose of this report is to investigate which factors that affect mortality of eels during Trap and Transport. The data used in this report came from a project called Krafttag ål, via the Swedish Inland Fishermen's Federation (Svenska Insjöfiskarens Centralförbund (SIC)), where the fishers together with the transporter have kept protocols on Trap and Transport between the years 2013-2022. Factors such as temperature, time in the fish-corf before transport, and transportation time were tested against mortality. The average mortality during trap and transport was low (0.78 %) but the mortality could sometimes be as high as 10 %. The results show that high water temperature in combination with keeping eels in the fish-corf for a long time increase mortality rates during Trap and Transport, wherefore this should be avoided to reduce mortality.

Keywords: European eel, *Anguilla anguilla*, management measure, stress, survival, Trap and Transport

Innehållsförteckning

1. Bakgrund	7
2. Material och Metod	10
2.1. Förvaltningsmetod fångst och transport	10
2.2. Tillgänglig data gällande dödlighet hos ål vid fångst och transport.....	11
2.3. Statistisk analys	12
3. Resultat.....	13
4. Diskussion.....	18
4.1. Faktorer som påverkar dödlighet under sump och transport	18
4.2. Behov av kontrollerade experiment.....	20
4.3. Slutsats	21
5. Tack.....	22
Referenser.....	23

1. Bakgrund

Den europeiska ålen (*Anguilla anguilla*) är en katadrom fisk med en komplex livscykel, som under sin livstid vandrar långa sträckor (van Ginneken & Maes 2005). De leker i Sargassohavet, sedan simmar den juvenila ålen, även kallad glasål, med hjälp av havsströmmar till Europas kuster där de antingen stannar eller vandrar vidare upp i vattendrag (Arai m.fl. 2000). Här kan de leva från fem till mer än 20 år, tills de blir könsmogna och vandrar tillbaka till Sargassohavet för lek, varefter de förmodligen dör (van Ginneken & Maes 2005; Miller m.fl. 2019).

Antropogena faktorer så som klimatförändringar, fiske och vandringshinder har gjort att ålen har minskat kraftigt i antal under 1900-talet och idag är den europeiska ålen klassad som akut hotad av International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Dekker 2003; Pike m.fl. 2020). Redan på 1950-talet märktes en minskning av fångster av vuxen ål i det kommersiella fisket i Sverige, men det var inte förrän på 80-talet som man observerade en kraftig minskning av rekryteringen av glasål till Europa (Dekker 2000). Det uppskattas att antalet glasål minskat med 95-98% sedan referensperioden 1960-1979 (ICES 2021). Dammar och vattenkraft har påverkat nedgången av ål då de blockerar vandringsvägar för den ål som lever i inlandsvatten (för både upp- och nedvandrande ål), och fragmenterar och minskar mängden tillgängligt uppväxthabitat i sötvatten. Vattenkraften leder också till en ökad mortalitet då lekvandrande ål ofta har svårt att överleva passagen genom de snurrande turbinerna under sin tillbakavandring från sötvatten till Sargassohavet (Pedersen m.fl. 2012). Turbindödlighet för ål skiljer sig åt mellan olika kraftverk och kan variera från 30-70 % (Dekker m.fl. 2021). Dock är det ofta flera vattenkraftverk i ett vattensystem varför den kumulativa mortaliteten av samtliga kraftverk som ålen behöver passera ofta blir hög. Ål har ett högt ekonomiskt, ekologiskt och kulturellt värde, då den är långlivad och fungerar som länk mellan olika ekosystem och hittas i konst, hantverk, legender och inom mytologi (Dekker 2019). Ål har upprepade gånger benämnts som världens mest mytiska fisk (Svensson 2019).

Mot bakgrund av den rådgivning som gäller fisket riktat mot den Europeiska ålen som International Council for the Exploration of the Sea (ICES) årligen utför bedömde EU-kommissionen 2007 att något måste göras för att den europeiska ålen

inte skulle utrotas helt, och det togs fram ett gemensamt ramverk över hur medlemsländerna ska arbeta för att vända den negativa utvecklingen med syfte att återställa populationen. Målet i den gemensamma förvaltningen är att minska den antropogena mortaliteten så att minst 40 % av biomassan av blankål med stor sannolikhet tar sig ut i havet, i förhållande till den bästa uppskattning av hur mycket ål som skulle ha funnits utan antropogen påverkan (EG 1100/2007). Målet om 40 % är satt i förhållande till den bästa uppskattningen av utvandring av ål utan antropogen påverkan, och WGEEL har definierat åren 1960-1979 som referensperiod (ICES 2020). EU-medlemsländerna ska uppnå förvaltningsmålet genom bland annat en minskning av det kommersiella fisket, begränsa fritidsfisket, genomföra ålyngelutsättningar och sätta in åtgärder för att minska dödligheten i vattenkraftverk (EG 1100/2007). Till följd av detta EU-beslut utvecklades en nationell förvaltningsplan för ål i Sverige, kallad Ålförvaltningsplanen (Jordbruksdepartementet 2008) vilken syftar till att öka produktionen och minska mortaliteten för ål i svenska vatten.

Införandet av den svenska ålförvaltningsplanen innebar att allt fritidsfiske efter ål förbjöds år 2007, med undantag för markägare/fiskerättsägare vid sjöar där man anser att ålen inte har någon möjlighet att vandra till Sargassohavet på grund av vandringshinder (FIFS 2004:36). År 2012 förbjöds även kommersiellt fiske av ål i Västerhavet norr om Öresund (norr om latitud 56,25°). I Östersjön och sötvatten förekommer kommersiellt fiske efter ål i Sverige vilket kräver särskilt tillstånd, och sedan 2008 har inga nya tillstånd för att fiska ål kommersiellt beviljats av Havs- och vattenmyndigheten. Ålyngelutsättningsåtgärder, eller snarare omplacering av ålyngel (eftersom man inte lyckas reproducera ål i fångenskap) sker med glasål från vattendrag med hög rekrytering till vattendrag med låg rekrytering. Den ål som sätts ut i Sverige kom tidigare från England men efter Brexit-avtalet kommer ålen nu från Frankrike då handel med ål inte får ske utanför EUs gränser (CITES 2007). Det görs även uppflyttning av ål inom vattendrag, då samlas ål in i så kallade ålyngelsamlare vid vandringshinder (vattenkraftverk) och flyttas uppströms dessa. Yngelutsättningar görs både som en förvaltningsåtgärd för att stärka beståndet, och som en åtgärd för att stärka fiskemöjligheterna. De utsättningar som görs för att stärka fisket bekostas av fiskevattenägare eller det yrkesverksamma fisket, eller av kraftverksbolag, i de fall utsättning/uppflyttning av ål är ett villkor i vattendomen.

För att minska mortaliteten i vattenkraftverk kan diverse tekniska lösningar införas för att avleda ålen från turbinerna med hjälp av olika typer av galler och/eller avledningsstrukturer (Carlsson m.fl. 2022). I vattensystem där ovannämnda lösningar saknas utförs ofta så kallad fångst och transport (Trap and Transport) med syfte att öka överlevnaden förbi vattenkraftverk (till exempel Ward m.fl. 1997). Fångst och transport går ut på att vandringsfisk fångas och förflyttas uppströms eller nedströms vandringshinder, metoden används även för andra arter som

påverkas av vandringshinder såsom lax (*Salmo salar*) och stör (*Acipenser sturio*) (McDougall m.fl. 2013; Nyqvist m.fl. 2019; Piper m.fl. 2020; Weigel m.fl. 2019). För att fångst och transport ska vara till nytta och fungera som en förvaltningsåtgärd krävs det att ålen, efter att de fångats och transporterats, fortsätter sin migration och kan bidra till lekbiomassan i Sargassohavet. Till vår kunskap finns det idag endast en studie som har undersökt fångst och transport för vuxen Europeisk ål (Piper m.fl. 2020). Piper m.fl. (2020) jämförde vandringsbeteende under den första delen av vandringen för ål som hade förvarats i kar och transporterats med en kontrollgrupp som enbart hade förvarats i ett kar, ingen skillnad i vandringsbeteende kunde konstateras. Andra studier som undersökt hur ålyngel som har transporterats för yngelutsättning påverkas av transporten har visat att transporten kan öka ålens metabolism och ibland leda till att de dör (Bogdan & Waluga 1980, Boerrigter m.fl. 2015). Även om ålen klassas som en relativt tålig art som klarar av att anpassa sig snabbt mellan söt- och saltvatten (Rankin 2009), kan de uppleva stress under fångst, sumpning, och transport vilket kan påverka deras kondition samt vandringsbenägenhet och därför även deras förmåga att nå Sargassohavet för lek.

År 2010 undertecknades en frivillig överenskommelse (avsiktsförklaring) mellan dåvarande ansvarig myndighet (Fiskeriverket, numera Havs- och Vattenmyndigheten) och ett antal kraftbolag i syfte att reducera den totala turbindödligheten i svenska vattendrag (Krafttag ål 2015). I syfte att gå från avsiktsförklaring till handling och genomföra de åtgärder som angavs i den frivilliga överenskommelsen så startade det gemensamma projektet ”Krafttag ål” 2011 (Krafttag ål 2015). Inom projektet Krafttag ål så har bland annat fångst och transport utförts i avrinningsområdena Göta älv, Motala ström, Lagan och Ätran (Krafttag ål 2018).

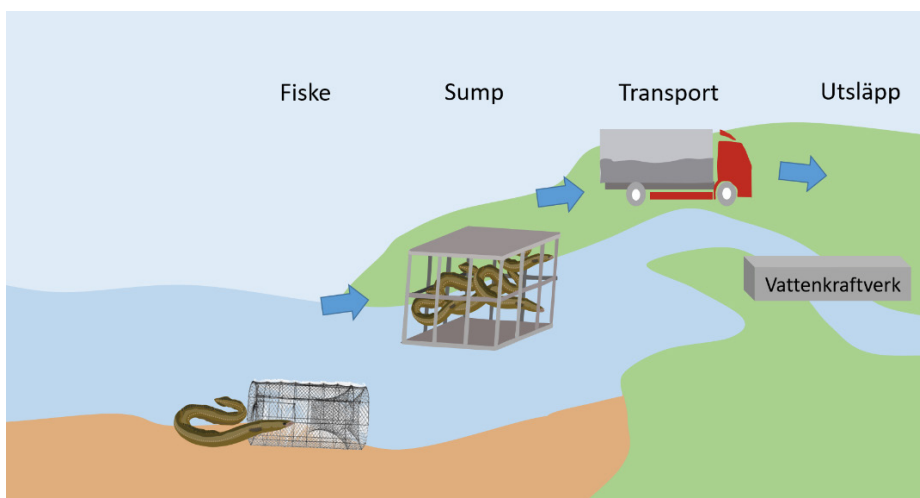
Data från Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser (SLU Aqua) visar att det i Sverige transporterades i snitt 16 875 ålar per år för perioden 2013–2020 med metoden fångst och transport, med syfte att öka andelen blankål som lämnar svenska vatten för lek i Sargassohavet. Vi vet dock relativt lite om hur effektiv denna metod är då vi inte vet om och i så fall hur ålen påverkas av att ha fångats, sumpats, flyttats, transporterats och sedan släppts ut. Vi vet inte heller om de når Sargassohavet efter fångst och transport, men denna vandring är mycket dåligt känd även för naturligt rekryterad ål (Wright m.fl. 2022).

Syftet med denna rapport är att undersöka vilka faktorer som påverkar ål under fångst och transport och undersöka om det finns ett samband mellan dessa faktorer och hur mycket ål som dör under hanteringsmomenten. Befintligt data som analyserats bestod av protokoll över fångst och transport, som fiskare tillsammans med transportör har fyllt i åren 2013–2022. Förslag på metoder för att följa upp åtgärdens effektivitet ytterligare ges i avsnitt 4.2.

2. Material och Metod

2.1. Förvaltningsmetod fångst och transport

Syftet med förvaltningsmetoden fångst och transport är att öka antalet ål som lämnar svenska vatten genom att minska mängden ål som dör i vattenverkens turbiner under lekvandringen. Fångst och transport går till så att ål som fångas uppströms vattenkraftverk (kan fångas i fällor vid kraftverken eller av yrkesfiskare med bottengarn eller ryssjor) förvaras i sump för att sedan köras med transport förbi vattenkraftverken för att sedan släppas ut nedströms dessa (fig. 1). Antalet sumpar, samt sumparnas utformning och storlek, varierar mellan fiskare. Sumparna kan bestå av olika typer av tunnor eller burar med hål placerade i vattnet, eller kar på land som syresätts genom ett kontinuerligt vattenflöde från sjö eller brunn alternativt genom syrepumpar. I vissa fall kör fiskaren själv ålen till utsläppningsplatsen nedströms kraftverken, i andra fall hämtar en transportör upp ål från flera fiskare innan utsläpp. För att minska risken att sjukdomar sprids och för att värna djurvälefärderna så finns det regler kring förflyttning och transport av vattenlevande djur. De transportörer som kör fångst och transport av ål ska uppfylla reglerna för transport av fisk (Jordbruksverket 2022).



Figur 1. Flödesschema som illustrerar fångst och transport. Ålen fångas uppströms vattenkraftverken (vanligtvis med bottengarn) för att sedan förvaras i en sump tills att de blir hämtade med lastbil och transporterade förbi kraftverken och sedan utsläppta.

2.2. Tillgänglig data gällande dödlighet hos ål vid fångst och transport

Data i denna rapport har samlats in från Svenska Insjöfiskarens Centralförbund (SIC), där fiskare, som fångar ål på uppdrag av kraftbolagen inom ramen för Krafttag ål, tillsammans med transportör har fört protokoll över fångst och transport för åren 2013–2022 (tabell 1). Notera dock att SIC inte ansvarar för all flyttning av ål som sker i Sverige, och inte heller av utformningen av protokollen (protokollen togs fram av SLU Aqua). Datat digitaliserades från protokollen till Microsoft Excel.

Tabell 1. Innehåll i de protokoll som fiskare och transportör har fört då de utfört fångst och transport.

Protokollinnehåll

Datum för transport

Namn på transportör och fiskare

Fiskeredskap

Första och sista vittjningsdag med tidsintervall i sump (dagar)

Storlek på sump (liter)

Antal ål och totalvikt (kg)

Transporttid (h)

Temperatur (i sump, transport och vid utsläpp) (grader Celsius)

Antalet gulål och blankål, samt skarvskadad och död ål (i redskap, i sump och i transport)

Tid mellan vittjningarna har varierat och framgår inte av protokollen, så ingen analys kunde göras för den delen av processen. Då sumpen har fyllts på allteftersom är det endast ål från första vittjningen som förvarats i sump under hela sumpningsperioden. Tid i sump utgörs därför av en maximal tid, inte exakt antal dagar för varje individuell ål. Protokollens utformning har varierat över åren och kommit i olika format, vilket medförde svårigheter att tolka datat. Vissa protokoll saknade också sumptyp eller storlek på sump. I många fall fanns inte heller information om hur många sumpar som använts, eller hur mycket ål som förvarats i varje sump (en fiskare kan ha använt upp till 50 sumpar med ål i samtidigt). Detta gör att datat över antal ål som förvarats i sump (ål-täthet i sump) blir mycket osäkert

och det kunde därför inte inkluderas i analyserna. Det var även oklarheter kring användandet av nollor eller ingen information (tom ruta). Enligt kontaktpersonen på SIC så motsvarar tomma rutor nollor. År 2013 saknade hälften av alla protokoll data på hur mycket ål som skadades eller dog. År 2014 - 2015 var ungefär hälften av protokollen ifyllda med nollor även för fiskare från vilka ingen ål hämtats under en transport, i dessa fall fanns information om fiskarens namn, samt att det varit noll död ål och noll ål som skadats, medan all övrig information saknades. Eftersom så många protokoll var otydligt utformade för dessa år så uteslöts all data från 2013-2015.

2.3. Statistisk analys

För att testa vilka faktorer som bidrog till att förklara dödligheten av ål under fångst och transport utfördes två separata analyser: 1) faktorer som påverkar dödligheten i sump och 2) faktorer som påverkar den totala dödligheten under sump och transport tillsammans. För dödlighet i sump inkluderades faktorerna: maximalt antal dagar i sump och temperatur i sump som förklaringsvariabler. För den totala dödligheten testades faktorerna från sump tillsammans med faktorerna från transport, vilket innebar att transporttid och temperatur under transport inkluderades som förklaringsvariabler. Proportionen död ål i förhållande till totalt antal ål som transporterades testades mot förklaringsvariablerna från sump och transport genom att anpassa logistiska regressionsmodeller med binomialfördelning. Logistiska regressionsmodeller användes då responsvariabeln (dödlighet) är binomialfördelad; ålen är antingen död eller levande.

Alla kombinationer av förklaringsvariablerna (sumpning: tid i sump och temperatur i sump, transport: transporttid och temperatur i transport) testades. För att avgöra vilka modeller som bäst förklarade dödligheten i denna studie användes Akaike Information Criterion korrigerad för stickprovsstorlek (AICc), där modeller inom två AICc från den med lägst AICc valdes ut (Song m.fl. 2017). Eftersom sumparnas utformning skiljer sig åt hade det varit önskvärt att ha med ”sumptyp” som en variabel i analysen, men eftersom informationen i protokollen angående sumptyp var begränsad var detta inte möjligt.

Samtliga analyser utfördes med programvaran R (version 4.2.1), de logistiska regressionsmodellerna anpassades med funktionen `glm()` från R-paketet `stats` (version 4.2.1) och modellselektion baserat på AICc utfördes med funktionen `dregde()` från R-paketet `MuMin` (version 1.47.1’).

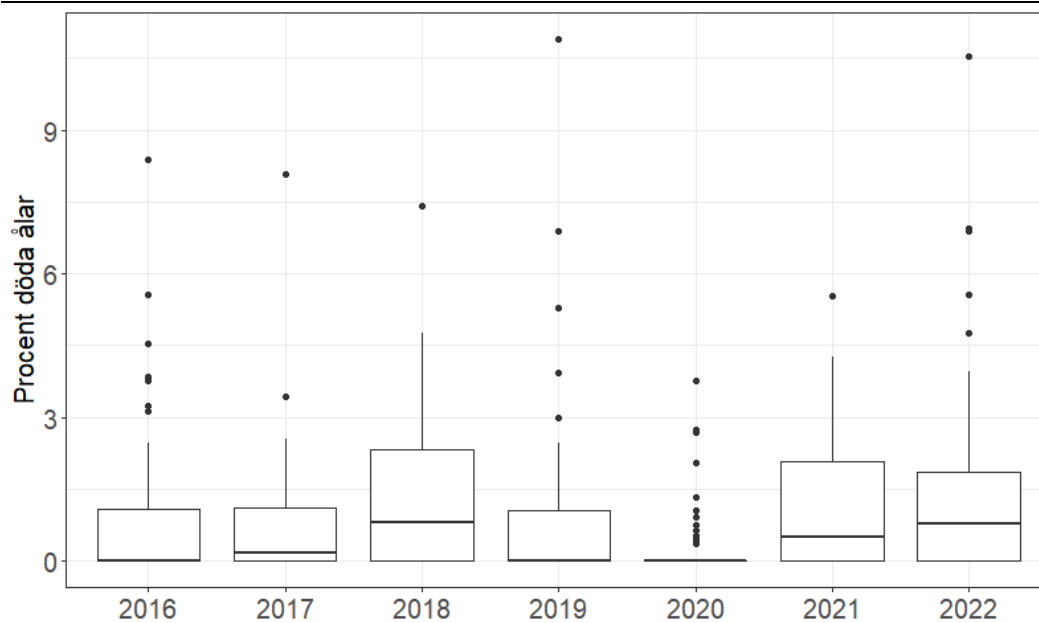
3. Resultat

I de protokoll som ingick i denna analys transporterades totalt 72 470 stycken ålar, varav 656 ålar dog (0,78 %) under fångst och transport åren 2016–2022 (tabell 2). Dödligheten vid enskilda sumpnings- och transporttillfällen (total dödlighet under sumpning och transport) varierade mellan 0–10% men var generellt lägre än 1% under åren 2016–2022 (fig. 2). Av de 656 stycken ålar som totalt dog under 2016–2022 så dog 560 under sumpning medan resterande 96 dog under transport. Vid de sumpnings- och transporttillfällen då ål dog var det oftast en eller två som dött per tillfälle och det var mycket sällan fler än fyra ålar som dog vid samma tillfälle (fig. 3).

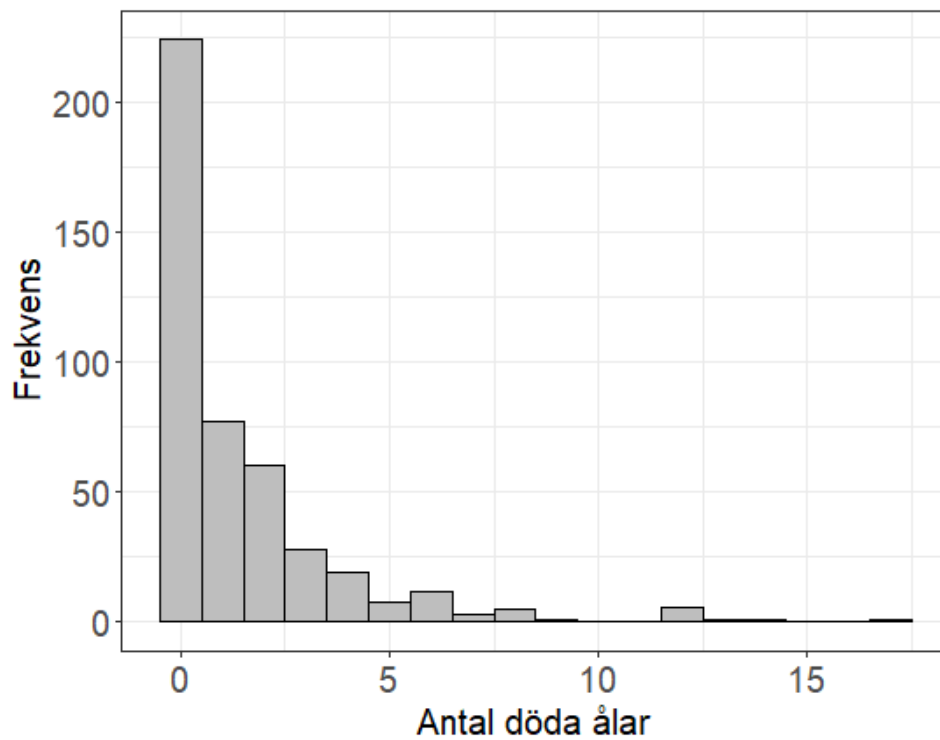
Tabell 2. Antal fiskare som utförde fångst och transport fördelat på år, vilket fiskeredskap de använde, antal körningar som utfördes, hur mycket ål som transporterades, hur mycket ål som dog (i antal och procent) samt källa, alltså från vem protokollen kom ifrån. Sista raden innehåller samma information för åren 2016–2022 sammanslaget.

År	Antal fiskare	Utrustning	Antal körningar	Antal Ål	Tot. död ål	Procent död ål	Källa
2016	11	Bottengarn	20	11154	76	0,68 %	SIC
2017	12	Bottengarn	18	10437	75	0,72 %	SIC
2018	11	Bottengarn	20	10031	128	1,28 %	SIC
2019	10	Bottengarn	20	11011	95	0,86 %	SIC
2020	13	Bottengarn	14	7499	33	0,44 %	SIC
2021	11	Bottengarn	14	9106	118	1,30 %	SIC & Statkraft
2022	12	Bottengarn	21	13232	131	0,99 %	SIC & Statkraft

År	Antal fiskare	Utrustning	Antal körningar	Antal Ål	Tot. död ål	Procent död ål	Källa
2016–2022	20	Bottengarn	127	72470	656	0,78 %	SIC & Statkraft

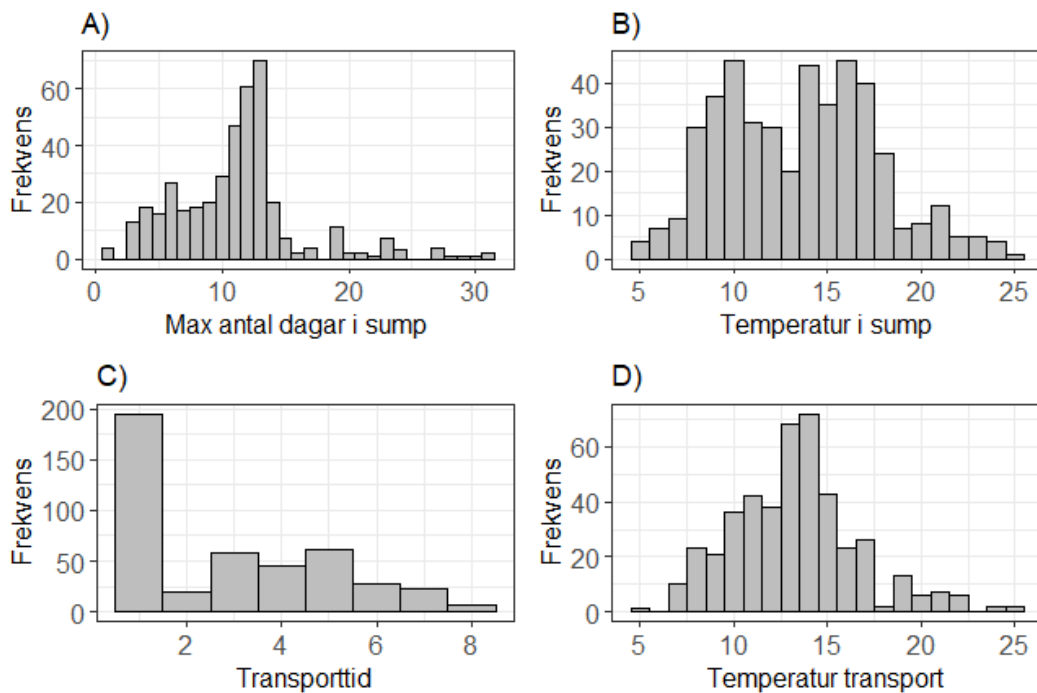


Figur 2. Procent död ål under sumpning och transport för åren 2016 – 2022. Varje boxplot visar medianvärdet, 25:e och 75:e percentilen, maximalt värde samt extremvärden (outliers).



Figur 3. Frekvensen av hur många ålar som dött under sumpning och transport för åren 2016–2022. Under de flesta sumpnings- och transporttillfällena dog ingen ål, som mest dog 17 individer, vilket inträffade vid ett tillfälle (under sumpning).

Medeltiden som ål förvarades i sump var 11 dagar, vanligast var att ål förvarades 14 dagar i sump (fig. 4A), medeltemperaturen i sump var 13,6 °C (fig. 4B). Medeltiden för transport var tre timmar (fig. 4C) och medeltemperaturen under transport var 13,3 °C (fig. 4D).

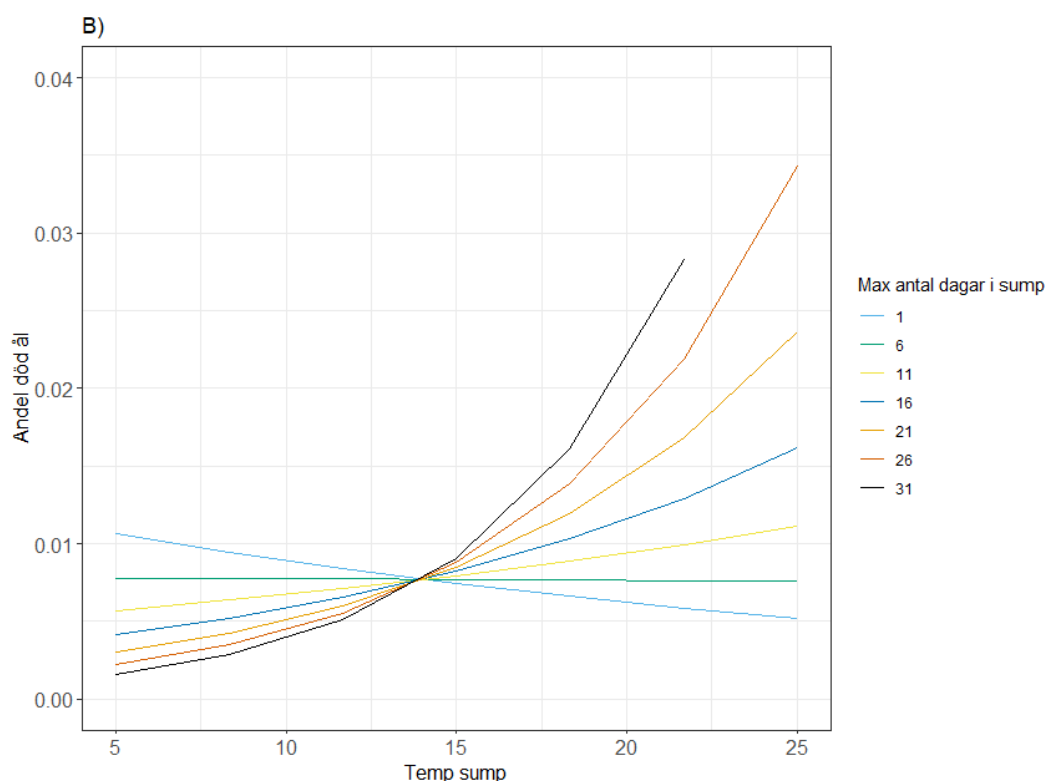


Figur 4. Frekvens av A) maximalt antal dagar i sump, B) temperatur i sump, C) transporttid och D) temperatur under transport.

Enligt modellsektionen baserad på AICc förklarade modellen med max dagar i sump tillsammans med temperatur i sump dödligheten i sump (tabell 3). Vid en dag i sump minskar andelen död ål när temperaturen ökar och efter sex dagar i sump har temperaturen ingen påverkan på andelen ål som dog. Vid elva dagar upp till 31 dagar i sump ökar andelen ål som dog i sump med ökad temperatur och ökad tid i sump. (fig. 5). Till exempel, jämför man elva dagar i sump (gula linjen i figur 5) med 25 dagar i sump (brandgula linjen i figur 5) vid en temperatur av $17,5^{\circ}\text{C}$ i sump så dog ca 0,9 % efter elva dagar och 1,3 % efter 25 dagar i sump. Skillnaden i andel död ål blir större mellan de olika antalen dagar i sump när temperaturen ökar, vilket tyder på att temperaturen i sump får en större påverkan på dödligheten vid en längre förvaringstid i sump (jämför linjerna i figur 5).

Tabell 3. Akaike Information Criterion (AICc) för modellsektion för anpassade logistiska regressionsmodeller för att förklara dödlighet i sump.

Modell	$\Delta AICc$
Döda sump \sim Max dagar sump * Temp. Sump	0
Döda sump \sim Temp. sump	4,73
Döda sump \sim Max antal dagar + Temp. sump	6,76



Figur 5. Linjediagram över hur andelen död ål påverkades av temperatur i sump och av maximalt antal dagar i sump vid en dag (blå linje), sex dagar (grön linje), 11 dagar (gul linje), 16 dagar (mörkblå linje), 21 dagar (orange linje), 26 dagar (brandgul linje) respektive 31 dagar i sump (svart linje). Medelvärden av den estimerade responsvariabeln (temperatur i sump) är samma för alla linjer vilket gör att linjerna skär i samma punkt.

Under transport dog 96 av de 656 ålar som totalt dog under fångst och transport (Tabell 2). Det som sker i sump påverkar dödligheten under transport, därför är det inte lämpligt att undersöka transporten separat. Faktorerna under transport testades därför tillsammans med faktorerna från sump för att utvärdera vilka som hade störst påverkan på den totala dödligheten. De faktorer som bäst förklarade den totala dödligheten under sump och transport enligt AICc var modellen som innehöll förklaringsvariablerna max antal dagar i sump och temperatur i sump. Modellen visade att dödligheten av ål ökade vid högre temperaturer (fig. 5). Transporttid och temperatur under transport ingick inte i de modellerna som enligt AICc förklarar dödligheten hos ål under fångst och transport bäst.

4. Diskussion

För ål och andra vandrande fiskarter är det mycket viktigt med fria vandringsvägar, men många vattendrag är blockerade av dammar och vattenkraftverk. Det bästa alternativet sett ur flera perspektiv är att återskapa fria vandringsvägar i utbyggda vattendrag. I väntan på sådana åtgärder, eller vid kraftverk där det inte anses vara tekniskt möjligt att återskapa fria vandringsvägar, kan andra metoder vara viktiga. Generellt sett så är fångst och transport en bra förvaltningsmetod då alternativet är att majoriteten ål förmodligen skulle dö när de försöker ta sig förbi vattenkraftverkens turbiner under sin påbörjande lekvandring (Pedersen m.fl., 2012). Men, vi vet inte om ålens vandringsbeteende påverkas eller om de dör/påverkas negativt av de moment som ingår i fångst och transport efter att de har släppts ut. Resultaten i denna studie visar att det är under sumpningsdelen av hanteringskedjan som den största andelen ål dör (85 %), jämfört med under transport då 15 % dör. Dödligheten i sump påverkades av vattentemperatur och tiden de förvarades i sump, högre temperatur och lång förvaringstid ökade dödligheten. Det som påverkade den totala dödligheten under både sumpning och transport var vattentemperatur i sump och tiden i sump.

4.1. Faktorer som påverkar dödlighet under sump och transport

Vattentemperatur och tid i sump påverkade dödligheten när både dödlighet i sump och den totala dödligheten under sump och transport undersöktes. Vattentemperaturens påverkan på dödligheten i sump skiljde sig beroende av hur länge ålen förvarats i sumpen. När maximalt antal dagar i sump ökade var effekten av temperatur i sump starkare. Skillnaden i dödlighet mellan olika tider i sump ökade vid högre vattentemperaturer, vilket tyder på att ålen blir känsligare mot stresspåslag över tid. Ål är generellt sett ganska tålig mot höga temperaturer och har en övre kritisk temperatur gräns (CTmax) vid 38 grader (Sadler 1979), men kombinationen av höga temperaturer och stress kan påverka fisk på ett annorlunda sätt jämfört med bara höga temperaturer som en enskild faktor. Vid höga temperaturer ökar syrekonsumtionen, i ålen höjs bland annat hjärtfrekvensen för att

möta det ökade syrebehovet (Claesson m.fl. 2016). Även om detta gör att ålen klarar av höga temperaturer är det en respons på att den upplever stress (Schreck & Tort 2016).

Förflyttning från sump till lastbil kan ge ett stresspåslag. En studie på atlantlax (*Salmo salar*) visade att omlastning av fisk mellan sump-tank och transporttank gav ett större stresspåslag än själva transporten (Iversen m.fl. 2005). Förutom att ålen kan uppleva stress från hanteringen när den flyttas från ett kärl till ett annat, om temperaturerna skiljer sig mellan kärLEN kan en plötslig skillnad i temperatur påverka stressnivån hos fiskar (Raman m.fl. 2013).

Att fler ålar dog i sump jämfört med transport kan även bero på att medeltiden ålen var i sump var 14 dagar jämfört med medeltiden i transport som var 3 timmar, vilket ökar risken att en ål hinner dö under sumpning än under transport. Vad som har skett innan ålen har hamnat i sump kan även vara avgörande för ålens välbefinnande och dess överlevnad under sumpning. Information saknas om hur lång tid det gått mellan vittjningarna och därmed hur länge ålen varit fångad i yrkesfiskarnas redskap, hur mycket ål som fiskats per vittjning, information på individnivå gällande skador som uppstått under tiden i redskapen (eller innan de hamnade i redskapen), och exakt antal dagar som varje ål förvarats i sump. Därför kan effekten som tiden i fiskeredskapet skulle kunna ha på dödligheten under fångst och transport inte utvärderas. För att undersöka om skador har en effekt på dödlighet under sumpning eller transport så krävs data på individnivå, vilket tyvärr inte finns i detta dataset. Den låga dödligheten under transport kan också vara en underskattning eftersom det kan vara svårt att se och räkna all död ål vid utsläpp.

Individtätheten i sump (individer per liter vatten) kan också ha en effekt, men denna faktor kunde inte ingå i analyserna eftersom dataunderlaget var för osäkert. I fiskodlingar har man sett att höga individtätheter kan påverka stress hos fisk, och att stress under en längre tid kan ha en negativ påverkan på metabolism, sjukdomsresistens, rörelsemönster, tillväxt och reproduktion (Bégout Anras & Lagardère 2004; Schreck & Tort 2016). Fiskar, inklusive ål, har slembilande celler i sitt yttersta hudlager som fungerar som ett första skydd i immunförsvaret (Conforto m.fl. 2021). Vid hög densitet i fiskodlingar har man sett att slemmet påverkas negativt då stress påverkar slemproduktionen, och hög täthet kan leda till att slemmet skavs bort om fiskarna ligger tätt mot varandra och tankväggen (Andrade m.fl. 2014; Ashley 2006; Conforto m.fl. 2021). Stressen påverkar även immunförsvaret invärtes då det minskar förmågan att bilda antikroppar (Schreck m.fl. 2000). Stress under en längre tid kan leda till att fisken bli mindre resistent mot patogener som den vid ett gott hälsotillstånd inte hade påverkats av (Schreck 2010; Schreck & Tort 2016). Vid en hög densitet i sump skulle ålen alltså kunna

utsätts för liknande stress som i fiskodlingar, vilket kan vara orsaken till att dödligheten i sump var högre än under transport.

4.2. Behov av kontrollerade experiment

Hur mycket stress ålen faktiskt utsätts för under fångst och transport kan inte utvärderas med de befintliga data som fanns tillgängliga och som har använt i denna studie. Vilka effekter fångst och transport har på ålens generella välmående kunde inte heller undersökas. Enligt Boerrigter m.fl. (2015) ökade metabolismen, och koncentrationen av stresshormonet kortisol och glukos, i blodet hos ålyngel under transport, vilket tyder på att de upplever stress under transport men att de återhämtade sig relativt snabbt efter transport (efter 6 timmar var nivåerna tillbaka på referensnivå). Om detta även gäller för vuxen ål vet vi inte idag men det är en viktig parameter att undersöka. Genom att ta reda på stressnivåer hos vuxen ål på individnivå under fångst och transport så kan förvaltningsmetoden ytterligare optimeras, med syfte att påverka ålens välbefinnande så lite som möjligt.

Då det finns många studier som visar att fisk upplever stress under förhållanden med höga individtätheter (Bégout Anras & Lagardère 2004; Ashley 2006; Andrade m.fl. 2014; Schreck & Tort 2016; Conforto m.fl. 2021) så hade det varit relevant att undersöka om ålen också upplever stress vid höga tätheter i sump och under transport. I protokollen framgår endast storlek på sump, men inte hur många sumpar som användes, eller hur många ålar som förvarades i varje sump. För att undersöka hur ålen påverkas av olika tätheter kan ett kontrollerat experiment utföras, där stress hos ål vid olika tätheter i sump och under transport undersöks. Nivåer av stress kan exempelvis undersökas med biologgers (interna märken som mäter och lagrar puls, kroppstemperatur och aktivitet/rörelse), och genom blodprovstagning för att mäta mängd stresshormoner.

En osäkerhet för datat som använts i denna studie är att ål från flera fiskare transporterats i samma transportkar, vilket gör det svårt att avgöra från vilken fiskare en ål som dog under en viss transport kom från. Det kan gå att avgöra från vilken fiskare en viss ål kommer ifrån då ålens skick ofta varierar mellan fiskar (personlig kommunikation, Mats Ingemarsson, SIC). En sådan metod skulle dock vara alltför osäker. För att garantera datainsamling på individnivå, i de fall man är i behov av sådan, måste ålen märkas med någon typ av individuellt märke, exempelvis så kallade Passive Integrated Transponders, PIT-tags, som sedan kan läsas av.

För att ålens fortsatta vandring mot Sargassohavet inte ska påverkas negativt av fångst och transport metoden så behövs av data över stressnivåer under fångst och

transport, samt data över hur lång tid efter fångst och transport som ålen eventuellt är påverkad. För att ta reda på om ål som fångats och transporteras uppvisar naturliga vandringsbeteende bör kontrollerade studier på individnivå utföras, där ål märks med exempelvis satellitmärken eller akustiska märken.

4.3. Slutsats

Totalt dör det relativt få ålar under fångst och transport (0,78 %) men vid vissa fångster och transporttillfällen kan dödligheten vara 10 %. Detta visar att fångst och transport generellt är en bra metod för att öka överlevanden förbi vattenkraftverk, men det finns rum för förbättringar med avseende på ålens välfärd och överlevnad. Enligt resultaten från denna studie så är det generellt hög vattentemperatur som bör undvikas för att minska antalet ål som dör under fångst och transport i kombination med lång förvaring i sump. Då ålen är klassad som akut hotad (Pike et al. 2020) samtidigt som den ses som en relativt tålig art (Näslund m.fl. 2022) borde ett mål om 0 % dödlighet vid fångst och transport eftersträvas, och därför bör också de åtgärder som är möjliga för att nå detta mål implementeras.

5. Tack

Tack till alla fiskare och transportörer som fört protokoll över fångst och transport under åren 2013-2022. Tack till Krafttag ål och till Mats Ingemarsson och SIC som har delat data och svarat på frågor kring fångst och transport. Tack till Konrad Karlsson för hjälp med de statistiska analyserna, och till Josefin Sundin för projektplanering och korrekturläsning.

Referenser

- 200709-Assessment-10.2305_IUCN.UK_.2020-2.RLTS_.T60344A152845178.en_.pdf (2020).
https://www.fishsec.org/app/uploads/2022/11/200709-Assessment-10.2305_IUCN.UK_.2020-2.RLTS_.T60344A152845178.en_.pdf [2022-11-22]
- Andrade, T., Afonso, A., Pérez-Jiménez, A., Oliva-Teles, A., de las Heras, V., Mancera, J.M., Serradeiro, R. & Costas, B. (2014). Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: Implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture*, 438, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.034>
- Arai, T., Otake, T. & Tsukamoto, K. (2000). Timing of metamorphosis and larval segregation of the Atlantic eels *Anguilla rostrata* and *Anguilla anguilla*, as revealed by otolith microstructure and microchemistry. *Marine Biology*, 137 (1), 39–45. <https://doi.org/10.1007/s002270000326>
- Ashley, P.J. (2006). Fish welfare: Current issues in aquaculture. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.001>
- Bégout Anras, M.-L. & Lagardère, J.P. (2004). Measuring cultured fish swimming behaviour: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks. *Aquaculture*, 240 (1), 175–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.02.019>
- Boerriqter, J.G.J., Manuel, R., van den Bos, R., Roques, J.A.C., Spanings, T., Flik, G. & van de Vis, H.W. (2015). Recovery from transportation by road of farmed European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture Research*, 46 (5), 1248–1260. <https://doi.org/10.1111/are.12284>
- Claësson, D., Wang, T. & Malte, H. (2016). Maximal oxygen consumption increases with temperature in the European eel (*Anguilla anguilla*) through increased heart rate and arteriovenous extraction. *Conservation Physiology*, 4 (1), cow027. <https://doi.org/10.1093/conphys/cow027>
- Conforto, E., Vilchez-Gomez, L., Parrinello, D., Parisi, M.G., Esteban, M.A., Gammarata, M. & Guardiola, F.A. (2021). Role of mucosal immune response and histopathological study in European eel (*Anguilla anguilla* L.) intraperitoneal challenged by *Vibrio anguillarum* or *Tenacibaculum soleae* | Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.05.011>
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) (2007) Inclusion of *Anguilla anguilla* (L.) in Appendix II in accordance with Article II s2(a). 37 pp. (u.å.). <https://cites.org/sites/default/files/common/com/ac/22/EFS-AC22-Inf07.pdf> [2022-11-04]
- Dekker, W. (2000). The fractal geometry of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science*, 57 (1), 109–121. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0562>
- Dekker, W. (2003). Status of the European Eel Stock and Fisheries. *Eel biology / Aida, K., K. Tsukamoto, K. Yamauchi.* https://doi.org/10.1007/978-4-431-65907-5_17

- Dekker, W. (2019). The history of commercial fisheries for European eel commenced only a century ago. *Fisheries Management and Ecology*, 26 (1), 6–19. <https://doi.org/10.1111/fme.12302>
- Dekker, W., Van Gemert, R., Sjöberg, N. & Wickström, H. (2021). Aqua reports 2021:12. Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2021. Fourth post-evaluation of the Swedish eel management. 108
- FIFS, 2004:36 (2004). Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2004:36) om fiske i Skagerrak, Kattegatt och Östersjön. 185
- van Ginneken, V.J.T. & Maes, G.E. (2005). The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15 (4), 367–398. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-0005-8>
- ICES WGEEL (2020). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. *ICES Scientific Reports*. https://ices-library.figshare.com/articles/_/18620861 [2022-12-07]
- ICES WGEEL (2021). Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL), and Country Reports 2020–2021. *ICES Scientific Reports*. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8143>
- Iversen, M., Finstad, B., McKinley, R.S., Eliassen, R.A., Carlsen, K.T. & Evjen, T. (2005). Stress responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts during commercial well boat transports, and effects on survival after transfer to sea. *Aquaculture*, 243 (1), 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.019>
- Jordbruksdepartementet (u.å.). *Transport av vattenlevande djur*. <https://jordbruksverket.se/djur/ovriga-djur/fiskar-kraftdjur-och-blottdjur/fiskar-kraftdjur-och-blottdjur-i-kommersiell-verksamhet/transport> [2023-01-03]
- Krafttag ål (2015). Krafttag ål 2011-2014, Åtgärder, forskning och utveckling. Energiforsk rapport 2015:104. ISBN 978-91-7673-104-8
- Krafttag ål (2018). Krafttag ål 2015-2017, Åtgärder och forskning. Energiforsk rapport 2018:504. ISBN 978-91-7673-504-6
- Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia*, 609 (1), 97–108. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9398-9>
- McDougall, C.A., Hrenchuk, C.L., Anderson, W.G. & Peake, S.J. (2013). The Rapid Upstream Migration of Pre-Spawn Lake Sturgeon following Trap-and-Transport over a Hydroelectric Generating Station. *North American Journal of Fisheries Management*, 33 (6), 1236–1242. <https://doi.org/10.1080/02755947.2013.831001>
- miljoatgarder-i-vattendrag-exempelsamling-energiforskrappport-2022-856.pdf (2022). <https://energiforsk.se/media/31091/miljoatgarder-i-vattendrag-exempelsamling-energiforskrappport-2022-856.pdf> [2022-11-16]
- Miller, M.J., Westerberg, H., Sparholt, H., Wysujack, K., Sørensen, S.R., Marohn, L., Jacobsen, M.W., Freese, M., Ayala, D.J., Pohlmann, J.-D., Svendsen, J.C., Watanabe, S., Andersen, L., Møller, P.R., Tsukamoto, K., Munk, P. & Hanel, R. (2019). Spawning by the European eel across 2000 km of the Sargasso Sea. *Biology Letters*, 15 (4), 20180835. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0835>
- Nationell förvaltningsplan för ål (2008). Havs- och vattenmyndigheten. <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/aldre-publikationer/ovriga-publikationer-fran-fiskeriverket/2012-11-05-nationell-forvaltningsplan-for-al.html> [2022-11-28]

- Nyqvist, D., Zagars, M., Calles, O. & Comoglio, C. (2019). Behavior of trap-and-transported Atlantic salmon spawners of hatchery origin in the Daugava River system (Latvia). *Journal of Limnology*, 78 (2). <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2019.1871>
- Näslund, J., Wickström, H., Degerman, E. & Sundin, J. (2022). Negative influence of a threatened species on ecological status classification: A case study of the influence of European eel within the Swedish fish index VIX. *Ecological Indicators*, 144, 109537. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109537>
- Pedersen, M.I., Jepsen, N., Aarestrup, K., Koed, A., Pedersen, S. & Økland, F. (2012). Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology*, 28 (2), 189–193. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01913.x>
- Pike, C., Crook, V. & Gollock, M. (2020). *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species e.T60344A152845178. https://www.fishsec.org/app/uploads/2022/11/200709-Assessment-10.2305_IUCN.UK_2020-2.RLTS_T60344A152845178.en.pdf
- Piper, A.T., Rosewarne, P.J., Rosalind, M.W. & Kemp, P.S. (2020). Using ‘trap and transport’ to facilitate seaward migration of landlocked European eel (*Anguilla anguilla*) from lakes and reservoirs | *Elsevier Enhanced Reader*. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105567>
- Raman, R., Prakash, C., Marappan, M. & Pawar, N.A. (2013). Environmental stress mediated diseases of fish: an overview. *Advances in Fish Research*, 141–158
- Rankin, J.C. (2009). Acclimation to Seawater in the European Eel *Anguilla anguilla*: Effects of Silvering. I: van den Thillart, G., Dufour, S., & Rankin, J.C. (red.) Spawning Migration of the European Eel: Reproduction Index, a Useful Tool for Conservation Management. Dordrecht: *Springer Netherlands*. 129–145. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9095-0_6
- RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 1100/2007 (u.å.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R1100&from=EN> [2022-11-03]
- Sadler, K. (1979). Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla* L. *Journal of Fish Biology*, 15 (4), 499–507. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1979.tb03633.x>
- Schreck, C.B. (2010). Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology*, 165 (3), 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.07.004>
- Schreck, C.B., Contreras-Sanches, W. & Fitzpatrick, M.S. (2000). Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny | *Elsevier Enhanced Reader*. 3–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50005-9>
- Schreck, C.B. & Tort, L. (2016). 1. The Concept of Stress in Fish | *Elsevier Enhanced Reader*. *Fish Physiology*, (35), 1–34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1>
- Song, G., Dong, X., Wu, J. & Wang, Y.-G. (2017). Blockwise AICc for Model Selection in Generalized Linear Models. *Environmental Modeling & Assessment*, 22 (6), 523–533. <https://doi.org/10.1007/s10666-017-9552-8>
- Svensson, P. (2019). Ålevangeliet, berättelsen om världens mest gåtfulla fisk. Albert Bonniers Förlag, ScandBook AB, Falun. <https://www.albertbonniersforlag.se/bocker/225439/alevangeliet/> [2022-11-15]
- Ward, D.L., Boyce, R.R., Young, F.R. & Olney, F.E. (1997). A Review and Assessment of Transportation Studies for Juvenile Chinook Salmon in the Snake River. *North American Journal of Fisheries Management*, 17 (3), 652–662. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1997\)017<0652:ARAAOT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1997)017<0652:ARAAOT>2.3.CO;2)

- Weigel, D., Koch, I., Monzyk, F., Sharpe, C., Narum, S. & Caudill, C.C. (2019). Evaluation of a trap-and-transport program for a threatened population of steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Conservation Genetics*, 20 (5), 1195–1199. <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01200-5>
- Wright, R.M., Piper, A.T., Aarestrup, K., Azevedo, J.M.N., Cowan, G., Don, A., Gollock, M., Rodriguez Ramallo, S., Velterop, R., Walker, A., Westerberg, H. & Righton, D. (2022). First direct evidence of adult European eels migrating to their breeding place in the Sargasso Sea. *Scientific Reports*, 12 (1), 15362. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19248-8>