



Aqua reports 2025:5

Uppföljning av blankålars lekvandring efter fångst och transport

– en märkningsstudie

Håkan Westerberg och Niklas Sjöberg



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Uppföljning av blankålars lekvandring efter fångst och transport – en märkningsstudie

*Monitoring of spawning migration of silver eels following catch and transport
– a tagging study*

Håkan Westerberg, <https://orcid.org/0000-0001-9867-9442>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för akvatiska resurser

Niklas Sjöberg, <https://orcid.org/0000-0002-9803-7260>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Torbjörn Säterberg, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Karl Gullberg, Länsstyrelsen i Gävleborgs län

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr 2024-001392 (SLU.aqua.2024.5.1-10)

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.

Rekommenderad citering:	Westerberg, H. och Sjöberg, N. (2025). Uppföljning av blankålars lekvandring efter fångst och transport: en märkningsstudie. Aqua reports 2025:5. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. https://doi.org/10.54612/a.1d3a4qgeb2
Publikationsansvarig:	Sara Bergek, 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:	2025
Utgivningsort:	Uppsala
Omslagsbild:	Skuggan av en ål. Foto: Håkan Westerberg
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Aqua reports
Delnummer i serien:	2025:5
ISBN (elektronisk version):	978-91-8046-546-5
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.1d3a4qgeb2
Nyckelord:	ål, vandringsbeteende, fångst och återutsättning

© 2025 Håkan Westerberg och Niklas Sjöberg

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Fångst och transport av ål nedströms vandringshinder används som bevarandeåtgärd, främst för att minska dödligheten i vattenkraftverk. I vilken utsträckning hanteringen påverkar vandringsbeteendet och på lång sikt även påverkar reproduktionen är dåligt känt. Undersökningens syfte är att genom märkning följa ålar som genomgått fångst och transport, både i närområdet och under den marina fasen av lekvandringen. Målet är att över en längre tidsperiod jämföra beteendet hos transporterade ålar med ålar som inte blivit transporterade.

Försöksupplägget var att märka ålar med interna akustiska märken och externa satellitmärken i fyra experimentgrupper:

1. En referensgrupp, fångad och utsatt utan transport vid Utlängan i Hanöbukten.
2. En grupp transporterad från Vänern till Göta älv.
3. En grupp transporterad från Glan till Bråviken.
4. En grupp transporterad från Mälaren till västkusten.

Grupp 2 och 3 ingår i pågående åtgärder för att minska dödligheten i respektive avrinningsområde. Grupp 4 avsåg att studera effekten av fångst och transport mellan avrinningsområden.

I vardera gruppen märktes 25 ålar med akustiska märken och 20 med satellitmärken. Passage av de individuellt kodade akustiska märkena registrerades under ett år vid fast utplacerade lyssnarkedjor i respektive utsättningsområden och i Östersjöns utlopp. Satellitmärkena var programmerade att lösas ut från ålen efter ett år och då sända lagrade data om simdjup och temperatur till Argos Global Satellite System.

Resultaten av de akustiska märkningarna visar att beteendet under övergången från sötvatten till den marina miljön var kritisk, vilket innebar att försöksupplägget hade begränsningar. Registrering av de akustiskt märkta ålar från Vänern och Mälaren som sattes ut i Göta älv, gjordes bara i nedre delen av älven. En kontinuerlig övervakning som kunde visa i vilken utsträckning och hur länge ålarna blev kvar i estuariet saknades. Även referensgruppen saknade kontinuerlig akustisk övervakning av närområdet. Utsättningen i Bråviken hade bättre förutsättningar genom en kedja lyssnarbojar i yttre delen av fjärden. Alla försöksgrupper visade dock att en hög andel övervintrade nära utsättningsplatsen och även att många fortfarande var kvar när projektet avslutades. Skillnaden i förutsättningar gör emellertid att en detaljerad jämförelse mellan referens- och försöksgrupper inte går att göra. Ingen klar skillnad observerades mellan utsättning i samma avrinningsområde (grupp 2), och transport mellan avrinningsområden (grupp 4).

Den stora andelen övervintrare tycks också förklara det oväntat stora databortfallet för satellitmärkningen. Endast cirka hälften av märkena registrerades av Argossystemet och av dessa gav 65 % alltför fragmenterade data för en säker analys. En stor andel märken utlöstes i närheten av utsättningsplatsen. Strandade och upphittade märken visade att övervintringen skett på så grunt vatten att sändning startade, men utan att märket kommit upp till ytan och kunde få kontakt med satelliterna. Ålar i alla experimentgrupper vandrade i förväntad riktning, på ostkusten mot Östersjöns utlopp och på västkusten mot norr och väster och med liknande vandringshastighet. Med det begränsade materialet kan man dock inte dra några långtgående slutsatser. Ingenting i

satellitmärkningarna visar på att ålar som genomgått fångst och transport beter sig uppenbart avvikande från referensålarna. En skillnad är dock att referensålarna vandrat de längsta sträckorna och i större utsträckning lämnat Östersjön.

Ål är en toppredator och övervintring och kvardröjande i kustområdet kan förväntas påverka det lokala ekosystemet. Kannibalism på glasål och småål kan vara kontraproduktivt ur bevarandesynpunkt. Säl- och skarvpredation på fisk är hög i kustområdet och ett extra år före starten av lekvandringen kan potentiellt öka mortaliteten hos ål.

Slutsatsen av den stora andelen övervintrare är att ål som skall användas för fångst och transport bör väljas på en tidpunkt och från en plats där man kan förvänta sig att ålen har startat lekvandringen. Detta för att undvika en potentiellt förhöjd mortalitet och kannibalism i området där ålen sätts ut. Det kan innebära en fångstplats så nära utloppet i ett vattensystem som möjligt och att man undviker långvarig sumpning.

Vid uppföljning av fångst och transport av ål med hjälp av akustisk märkning bör kontinuerlig övervakning ske i övergångszonen till salt eller bräckt vatten.

Summary

The primary use of assisted migration - trap and transport - in eel management is to reduce mortality in hydropower facilities or pumping stations. To what extent trap and transport affects migration behaviour and ultimately reproduction is unknown. The purpose of this study was to use two tagging methods to track eels that had passed through trap and transport, both in the immediate release area and during the marine migration. The aim was to compare the behaviour of trap and transported eels with eel not subjected to transport.

The experimental design was to use internal acoustic ID-tags and external satellite tags in four experimental groups

1. A reference group caught and released at Utlängan in the southern Baltic.
2. A group transported from Lake Vänern to Göta älv.
3. A group transported from Lake Glan to Bråviken.
4. A group transported from Lake Mälaren to Göta älv.

Groups 2 and 3 were included in ongoing trap and transport schemes run by hydropower operators. The aim of group 4 was to study the effect of long distance transport between different catchments areas.

In each group, 29 female silver eels were tagged with satellite tags and 25 with acoustic ID-tags. Movement of acoustically tagged eels was monitored by receiver buoy arrays in the release areas and in the Baltic outlets. The satellite tags were programmed to release after one year and to transmit stored swimming depth and temperature data via the Argos Global Satellite System.

The acoustic tagging showed that this experimental design had limitations. The only monitoring of group 2 and 4 in the Göta älv were in the lower region of the two river branches. There was no monitoring of the estuaries, able to show to which extent eels remained in the transition zone

between fresh and salt water. The conditions for Group 3 were better with a receiver array placed in the bay outside the release site. All experimental groups showed that a high proportion of eels overwintered and remained instead of immediately continuing on a marine migration. The diverse conditions makes a detailed comparison between groups difficult, but there was no difference between eels transported within a catchment area (group 2) and eels transported from one area to another (group 4). The large proportion of overwintering and lingering eels also seems to explain the unexpectedly large loss of data in the satellite tagging. Just half of the tags were detected by the Argos system and among those 65% gave too fragmented data to make a reliable analysis. Several activated transmission close to the place of release. Tags found on the beach showed that those eels had overwintered in so shallow water that transmission had started while the tag still was submerged and without satellite contact. The detections that did occur showed that eels from all groups migrated in the expected direction – out from the Baltic and north, northwest on the Swedish west coast. Due to the limited data set no definitive conclusions can be drawn. However, nothing in the satellite tagging indicates that trap and transported eels behaved fundamentally different from the reference eels. The main difference is that reference eel migrated longer distance and that a higher proportion of those left the Baltic.

Eels are top predators and overwintering and remaining in the coastal area will likely impinge on the local ecosystem. Cannibalism on glass eel and elvers that gather in the estuaries could be counterproductive from an eel recovery point of view. An extra year in the coastal zone where predation by cormorants and seals is high could potentially increase the mortality of trap and transported eels.

The conclusion from the high proportion of overwintering and delay is that, in order to avoid a potentially increased mortality and cannibalism in the release area, eels for trap and transport ought to be caught at a time and place where the eels can be expected to have started active spawning migration. In practise, this means near the outlet of lakes or in the river. Long periods of storage should also be avoided. When evaluating the effect of a release using acoustic tagging, the whole transition zone between fresh and saltwater should be monitored.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	7
2.	Metoder	8
2.1	Akustisk märkning	10
2.2	Satellitmärkning.....	12
3.	Resultat	14
3.1	Akustiska ID-märken	14
3.1.1	Ål från Vänern och Mälaren till Göta älv	14
3.1.2	Ålar från Glan till Bråviken	20
3.1.3	Referensålar fångade och utsatta vid Utlängan	23
3.1.4	Ålar från Mälaren utsatta vid Södertälje kanal	23
3.1.5	Tidigare märkningsförsök	24
3.2	Satellitmärkningar	26
3.2.1	Vandringsriktning och hastighet	29
3.2.2	Långa tidsserier	32
4.	Diskussion	38
4.1	Akustiska märken.....	38
4.2	Satellitmärken	40
5.	Slutsatser.....	42
Tack		44
Referenser.....		45

1. Inledning

Fångst och transport nedströms vandringshinder (engelska Trap and Transport, T&T) bedrivs i stor omfattning som metod för att minska dödligheten av ål i vattenkraftsturbiner och pumpar både i Sverige och i övriga Europa. År 2023 flyttades sammanlagt cirka 130 ton blankål i Sverige, Finland, Nederländerna, Irland, Frankrike, Spanien, Frankrike och Grekland (ICES, 2024). Sveriges andel var cirka 19 ton (<https://energiforsk.se/program/krafttag-al/>).

Tidigare utvärderingar av T&T har i stor utsträckning begränsats till kontroll av att ålarna lämnar vattendraget där de satts ut (Lagenfelt, 2011; Lagenfelt & Westerberg, 2009). I några fall har märkningar använts för att även studera den fortsatta vandringen i havet (Tambets et al., 2021; Westerberg et al., 2014), dock utan kontrollgrupper vilket minskar resultatens användbarhet för att utvärdera effekten av T&T.

Havs- och vattenmyndigheten beslöt 2024-04-11 om bidrag till Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser, för utvärdering av effekten av fångst och transport av blankål som förvaltningsåtgärd för att minska antropogen dödlighet. SLU-projektet har två delprojekt:

1. Stress hos ål under sumpning och transport
2. Uppföljning av lekvandring hos återutsatt ål – en märkningsstudie

Delprojekt 1 har som mål att samla in data över hjärtfrekvens, som en proxy för stress, under sumpning och transport under de vattentemperaturer som normalt råder under sommaren. Delar av resultaten har publicerats (Sundin et al., 2025) och arbetet pågår med ytterligare publicering.

Denna projektredovisning gäller delprojekt 2. Det huvudsakliga syftet var att med hjälp av akustik- och satellitmärkning samla in data om vandringsbeteendet hos återutsatt ål och jämföra med beteendet hos ålar som inte genomgått transport före utsättning.

2. Metoder

Märkningar gjordes med interna akustiska märken och externa satellitmärken i fyra experimentgrupper:

3. En referensgrupp, fångad och utsatt utan transport vid Utlängan i Hanöbukten.
4. En grupp fångad i Vänern och flyttad till Göta älv.
5. En grupp fångad i Glan och flyttad till Bråviken.
6. En grupp fångad i Mälaren och flyttad till västkusten.

Tabell 1 redovisar antal, utsättningsdatum och transportväg för de olika grupperna. Utöver de fyra försöksgrupperna dubbelmärktes två ålar från Mälaren och sattes ut utanför Södertälje kanal.

Figur 1 visar fångst och utsättningsplatsernas belägenhet. Alla ålar som märktes var honor och togs från de som hade samlats för T&T. Vikt, längd, ögondiameter och bröstfenornas längd mättes på samtliga ålar. Satellitmärkenas storlek gjorde att i första hand stora individer valdes ut för denna märkning. Tabell 2 redovisar längd och vikt samt de olika index som används för att bestämma ålarna utvecklingsstadium. De akustikmärkta ålarna var i genomsnitt något mindre, men alla var i blankålsfas IV eller V enligt skalan i (Durif et al., 2005).

Tabell 1. Alla experimentgrupper i märkningsstudien. Avståndet avser körsträcka med bil.

Typ av märke	Fångst- plats	Utsättnings- plats	Datum	Antal	Avstånd km
PSAT	Vänern	Göteborgs fiskhamn	2023-09-05	19	190
PSAT	Glan	Bråviken	2023-09-26	20	20
PSAT	Mälaren	Göteborgs fiskhamn	2023-10-03	20	390
PSAT		Södertälje	2023-10-02	2	110
PSAT	Utlängan	Utlängan	2023-09-20	20	0
Akustiskt ID-märke	Vänern	Lilla Edet	2023-09-05	25	150
Akustiskt ID-märke	Glan	Bråviken	2023-09-26	22	20
Akustiskt ID-märke	Mälaren	Lilla Edet	2023-10-03	25	335
Akustiskt ID-märke		Södertälje	2023-10-02	2	110
Akustiskt ID-märke	Utlängan	Utlängan	2023-09-20	25	0



Figur 1. Fångst- och utsättningsplatser

Tabell 2. Morfologiska mått för de märkta ålarna.

Mått	medel (satellitmärkta)	std (satellitmärkta)	medel (akustiskt märkta)	std (akustiskt märkta)
Längd (mm)	942	64	897	69
Vikt (g)	1810	345	1509	345
Ögonindex	9,8	1,4	9,3	1,5
Fenindex	4,9	0,4	4,8	0,4
Fulton konditionfaktor	0,210	0,024	0,206	0,023

2.1 Akustisk märkning

För att studera beteendet i utsättningsplatsens närområde märktes 25 ålar i varje grupp med akustiska märken av fabrikatet Thelma Biotel (<https://www.thelmabiotel.com/>). Märkena har diameter och längd 9 respektive 24 mm och opereras in i bukhålan (Thorstad et al., 2013). De sänder en individuellt kodad signal för identifiering med 20-60 sekunders intervall under 20 till 40 månader.



Figur 2. Placeringen av akustiska mottagare.

Passage av akustiskt märkta ålar registrerades kontinuerligt i ett system av lyssnarbojar som ingår i European Tracking Network (ETN; <https://www.europeantrackingnetwork.org/en>). För ålar utsatta i Östersjön är kedjorna av lyssnarbojar i Öresund och de danska Bälten de som är mest relevanta (Fig 2). Inom ramen för detta projekt placerades även lyssnarbojar på utsättningsplatsen i Göta älv vid Lilla Edet, i nedre delen av Nordre älv och i Göta älv öster om Hisingen (Fig 3).

Kedjor av mottagare fanns också i Bråviken, Kalmarsund och Södertälje kanal (Fig 2).



Figur 3. Mottagare i Göta älv.

Lagrade data bearbetades med Thelma Biotels program ComPort (<https://www.thelmabiotel.com/software/comport/>). Tid och datum för första och sista registreringen noterades för samtliga passerande ålar. Avläsningar gjordes en eller flera gånger under försöket (Tabell 3).

Tabell 3. Avläsningstillfällen.

Lyssnarbojar	Första	Sista
Göta älv	maj 2024	november 2024
Bråviken	mars 2024	november 2024
Kalmarsund		oktober 2024
Öresund	mars 2024	november 2024
Danska bälten		november 2024
Södertälje		maj 2024

2.2 Satellitmärkning

I vardera försöksgruppen märktes 20 ålar med satellitmärken (PSAT). Märkena var av modell X-tag från tillverkaren Microwave Telemetry Inc. (<https://www.microwavetelemetry.com/>), längd 120 mm och max diameter 33 mm, flytkraften motsvarar cirka 4 g. De fästes utvändigt strax framför ryggfenan (Økland et al., 2013).

Satellitmärkena var programmerade att registrera simdjup och temperatur var 15e minut vartannat dygn under ett år, varefter det utlöses från ålen, flyter upp till ytan och sände data via Argos satellit service (<https://www.argos-system.org/>). Det fanns en uppenbar risk att blankål som sattes ut sent på hösten när temperaturen sjönk skulle välja att övervintra nedgrävda i botten. Eftersom X-tag har en säkerhetsfunktion så att data från märket inte skall gå förlorade utlöses det och börjar sända data om det registrerar konstant tryck under en förutbestämd tid, t.ex. om fisken dör och sjunker till botten, eller om märket lossnar och börjar driva. För att undvika att denna mekanism skulle aktiveras i samband med övervintring programmerades de att inte utlösa under första månaden och sedan bara om märket registrerade konstant djup närmare än 4 m från ytan under 2 dygn i följd.

När ett satellitmärke sänder lokaliseras signalen av Argossatelliterna med hjälp av signalens dopplerförskjutning. Det kan dröja några dagar mellan tidpunkten då märket når ytan och signalen lokaliseras av Argos. Under den tiden kommer märket att driva med ström och vind. Finns djupdata kan man avgöra tiden då märket når ytan och det går att korrigeras för driften. Positionen registreras sedan kontinuerligt och lagrade temperatur, ljus och djupdata förs över, vilket kan ta flera dagar och inte säkert sker fullständigt. Om sändningen påbörjats när märket och ålen varit nergrävt och batterikapaciteten är låg, eller om märket spolats upp på land och antennen är skyddad, kommer bara korta fragment av tidsserien att föras över. Det finns också tillfällen då Argos systemet registrerat signaler från märket, men signalstyrkan varit för låg för att ge en position. Den enda informationen är att då att märket utlösts från ålen.

De data som överförs från märket till Argos service är i binär form och måste avkodas av Microwave Telemetry före vidare bearbetning och analys. Detta innebär en eller flera månaders fördröjning mellan att märket registreras av Argos och data blir tillgängliga.

3. Resultat

3.1 Akustiska ID-märken

3.1.1 Ål från Vänern och Mälaren till Göta älv

Förutsättningarna för övervakning av de utsatta ålarnas beteende skiljer sig mellan utsättningarna på västkusten, där utsättningen gjordes i Göta älv och registrerande mottagare bara fanns i älven, och utsättningarna på ostkusten, där kedjor av mottagare övervakade olika passager av vandringsvägen ända till Östersjöns utlopp.

Mottagarna i Göta älv sattes ut i september 2023, före den första utsättningen i T&T-försöken. Mottagarna i danska sunden och på ostkusten var då redan etablerade. Vid avläsningstillfällena i Göta älv avsöktes också den nedre delen av älvgrenarna manuellt efter kvarvarande ålar.

En första kontroll gjordes i maj 2024. Då var båda mottagarna i Nordre älv kvar, men hade flyttats en knapp km mot mynningen av strömmen. Efter avläsning återutsattes mottagare 2812 på sin gamla position nära Kornhalls färjeläge, medan 3038 togs bort. I den östra grenen av älven återfanns mottagare 3069, som också flyttats med strömmen en knapp km. Den återutsattes med bättre förankring på den ursprungliga positionen i höjd med Bäckebol. Mottagare 3070 kunde inte återfinnas. Vid utsättningsplatsen var båda mottagarna kvar och 3065 togs upp. I september söktes hela den nedre delen av älven av efter mottagare 3070, dock utan resultat.

Alla mottagare avlästes och togs upp i slutet av november 2024.

Tabell 4. Sista registreringarna vid mottagare vid Kornhall i Nordre Älv och Bäckebo i östra grenen av Göta älv av ålar som flyttats från Väneren och satts ut vid Lilla Edet den 5 september 2023. Ål som inte nått kontrollstationerna är gulmarkerade.

Tag nr	Sista registrering (Lilla Edet)	Dagar efter utsättning (Lilla Edet)	Sista registrering (Nordre älv)	Dagar efter utsättning (Nordre älv)	Sista registrering (Göta älv)	Dagar efter utsättning (Göta älv)
8463	2023-09-05 20:30	0,1	2023-10-20 21:37	45,1		
8464	2023-10-22 17:19	46,9			2023-10-28 21:10	53,1
8465	2023-09-09 19:05	4,0	2023-09-19 14:57	13,8		
8466	2024-02-23 14:49	170,8				
8467	2023-09-11 00:35	5,2	2023-09-20 21:26	15,1		
8468	2023-09-05 18:56	0,0	2023-09-10 23:33	5,2		
8469	2023-09-05 22:48	0,2	2023-10-19 20:15	44,1		
8470	2023-10-21 15:59	45,9	2023-10-30 19:13	55,0		
8489	2023-10-12 17:42	37,0	2023-10-13 23:52	38,2		
8490	2023-09-07 23:00	2,2	2023-09-12 20:49	7,1		
8491	2023-09-07 23:37	2,2			2023-09-10 19:49	5,0
8492	2023-09-10 20:22	5,1			2023-09-12 21:53	7,1
8493	2023-09-05 20:19	0,1			2023-09-28 09:51	22,6
8494	2023-09-11 23:24	6,2			2023-10-23 06:31	47,5
8495	2023-09-07 21:05	2,1	2023-09-16 01:15	10,3		
8496	2023-09-08 23:38	3,2			2023-09-22 08:25	16,6
8497	2023-09-06 20:05	1,1	2024-01-04 17:39	121,0		
8498	2023-09-08 19:49	3,0	2023-09-17 15:21	11,9		
8499	2023-09-10 21:42	5,1	2023-09-20 17:45	15,0		
8500	2023-10-19 17:16	43,9	2024-01-14 08:34	130,6		
8501	2023-09-05 20:07	0,1			2023-09-12 04:13	6,4
8502	2023-10-05 18:03	30,0	2023-10-06 05:49	30,5		
8503	2023-09-10 20:40	5,1			2023-10-25 18:21	50,0
8505	2023-09-26 17:42	21,0			2023-09-29 05:18	23,4
8506	2023-09-05 20:01	0,1	2023-10-19 20:19	44,1		
Antal		25		15		9
Medel		17,6		39,1		25,8
Stdv		35,7		38,8		19,5
Median		4,0		30,5		22,6

Totalt registrerades 24 av de 25 Vänerålarerna vid kontrollstationerna nedströms. Signalen från #8466 upphörde i februari vid utsättningsplatsen, men ålen har inte passerat kontrollstationerna (Tabell 4). I november 2024 återfanns #8469 i södra delen av Nordre älvs estuarium. I östra Göta älv-grenen lokaliserades #8501 och #8494 i september respektive november, båda i hamnområdet.

Motsvarande data för Mälåråarna var att 23 av 25 registrerades vid kontrollstationerna (Tabell 5). I Nordre älv återfanns #8509 i november. I östra grenen återfanns #8516 i september och #8518 i november, båda i hamnområdet.

Tabell 5. Sista registreringarna vid mottagare i Nordre Älv och i östra grenen av Göta älv för ålar som flyttats från Mälaren och satts ut vid Lilla Edet den 3 oktober 2023. Ål som inte nått kontrollstationerna är gulmarkerade.

Tag nr	Sista registrering (Lilla Edet)	Dagar efter utsättning (Lilla Edet)	Sista registrering (Nordre älv)	Dagar efter utsättning (Nordre älv)	Sista registrering (Göta älv)	Dagar efter utsättning (Göta älv)
8480	2023-10-18 02:28	14,4				
8481	2023-10-09 03:43	5,4	2023-10-11 22:28	8,2		
8482	2023-10-11 09:25	7,7	2023-10-12 05:00	8,5		
8483	2023-10-08 23:46	5,3	2023-10-22 04:43	18,5		
8484	2023-10-16 02:19	12,4			2023-10-18 21:37	15,2
8485	2023-10-03 18:22	0,1	2023-10-17 07:55	13,6		
8486	2023-10-04 03:57	0,5	2023-10-11 22:30	8,2		
8487	2023-10-08 05:18	4,5			2023-10-10 20:15	7,1
8488	2023-10-21 17:58	18,0			2023-10-30 19:19	27,1
8507	2023-10-07 01:20	3,3	2023-11-09 08:48	36,7		
8508	2023-10-30 23:38	27,3	2023-11-15 06:51	42,6		
8509	2023-10-14 08:41	10,7	2024-11-22 04:29	415,5		
8510	2023-10-31 19:56	28,1	2024-05-15 14:45	224,9		
8511	2023-10-03 18:38	0,1	2023-10-17 04:03	13,5		
8512	2023-10-14 18:41	11,1			2023-10-15 05:01	11,5
8513	2023-10-03 19:21	0,1	2023-10-11 19:38	8,1		
8514	2023-10-17 17:30	14,0	2023-10-18 10:36	14,7		
8515	2023-10-16 19:14	13,1				
8516	2023-10-19 19:36	16,1			2023-10-23 21:44	20,2
8517	2023-10-14 23:11	11,3			2023-10-15 22:47	12,2
8518	2023-10-13 17:14	10,0			2023-10-14 08:16	10,6
8519	2023-10-04 02:25	0,4	2023-10-06 07:53	2,6		
8520	2023-10-03 17:53	0,0	2023-10-28 23:51	25,3		
8521	2023-10-04 03:55	0,5			2023-10-11 01:51	7,4
8522	2023-10-04 01:40	0,4			2023-10-12 23:53	9,3
Antal		25		14		9
Medel		8,6		60,1		13,4
Stdv		8,2		116,9		6,5
Median		7,7		14,2		11,5

Vattenflödet i älven mäts kontinuerligt vid kraftverket i Lilla Edet. Sträckan från Lilla Edet till delningen vid Kungälv är 32.5 km. Vattenföringen fördelas normalt så att 65-75 % av flödet går via Nordre älv. Från Kungälv till kontrollstationerna i Nordre älv är det 10.5 km och till mottagaren i östra grenen cirka 9 km. Den totala tiden för passiv drift med strömmen över de olika delsträckorna har beräknats baserat på flödet vid tidpunkten då ålen nått kontrollstationen, medelvärde av älvfårans tvärsnittsarea och den tillryggalagda sträckan.

Tabell 6 visar den observerade tiden från att ålen lämnar utsättningsområdet till att den anländer vid kontrollstationerna, jämfört med om den drivit passivt med strömmen.

Normalt är vandringshastigheten lägre än passiv drift, typiskt är medianvärdet för drift minst 3-4 gånger större än den observerade hastigheten (Tabell 6 a och b). I ett fåtal fall är vandringen snabbare än förflyttningen med strömmen (t.ex. märke 8502 och 85129). Ålarna har då tillryggalagt hela sträckan på ungefär ett halvt dygn, vilket baserat på start- och ankomsttiderna har skett på natten.

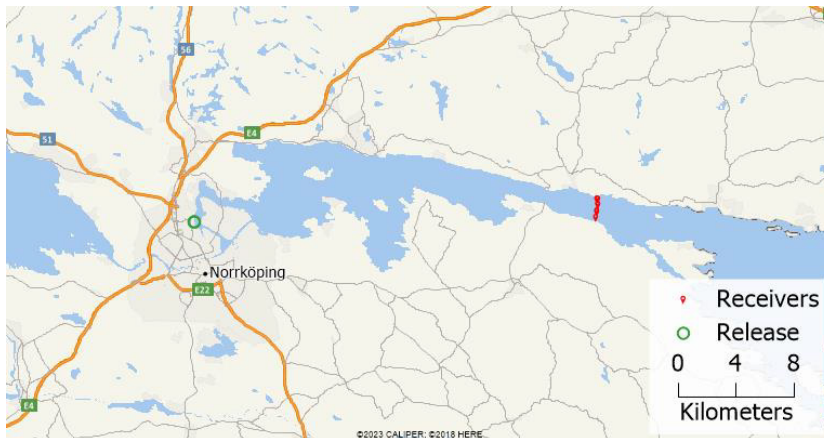
Tabell 6a. Observerat antal dagar mellan utsättning och kontrollstationerna och den beräknade tiden om ålarna drivit passivt för ålar från Vänern Ål som inte nått kontrollstationerna är gulmarkerade.

Tag nr	Ankomst (Nordre älv)	Dagar från Lilla Edet	Passiv drift	Ankomst (Göta älv)	Dagar från Lilla Edet	Passiv drift
8463	2023-10-20 20:11	45,0	0,8			
8464				2023-10-28 20:50	6,1	0,7
8465	2023-09-11 18:32	2,0	0,8			
8466						
8467	2023-09-13 15:21	2,6	0,7			
8468	2023-09-10 15:02	4,8	0,7			
8469	2023-09-20 19:40	14,9	1,6			
8470	2023-10-30 18:10	9,1	0,8			
8489	2023-10-13 21:46	1,2	0,8			
8490	2023-09-08 22:56	1,0	0,8			
8491				2023-09-10 19:22	2,8	0,6
8492				2023-09-12 21:10	2,0	0,7
8493				2023-09-21 12:34	15,7	1,3
8494				2023-10-23 05:55	41,3	0,8
8495	2023-09-11 22:07	4,0	0,8			
8496				2023-09-22 07:13	13,3	1,1
8497	2023-09-08 04:37	1,4	0,8			
8498	2023-09-10 01:48	1,2	0,7			
8499	2023-09-12 23:06	2,1	0,8			
8500	2023-10-20 17:00	1,0	0,8			
8501				2023-09-09 14:51	3,8	0,6
8502	2023-10-06 03:58	0,4	0,7			
8503				2023-10-25 17:45	44,9	0,9
8505				2023-09-29 04:47	2,5	0,6
8506	2023-09-13 02:37	7,3	0,8			
Antal		15	15		9	9
Medel		6,5	0,8		14,7	0,8
Stdv		11,3	0,2		16,8	0,2
Median		2,1	0,8		6,1	0,7

Tabell 6b . Observerat antal dagar mellan utsättning och kontrollstationerna och den beräknade tiden om ålarna drivit passivt för ålar från Mälaren. Ål som inte nått kontrollstationerna är gulmarkerade.

Tag nr	Ankomst (Nordre älv)	Dagar från Lilla Edet	Passiv drift	Ankomst (Göta älv)	Dagar från Lilla Edet	Passiv drift
8480						
8481	2023-10-11 18:37	2,6	0,8			
8482	2023-10-12 02:01	0,7	0,8			
8483	2023-10-22 01:43	13,1	0,8			
8484				2023-10-18 21:00	2,8	0,7
8485	2023-10-17 03:19	13,4	0,8			
8486	2023-10-11 18:02	7,6	0,8			
8487				2023-10-10 19:38	2,6	0,7
8488				2023-10-30 18:43	9,0	0,7
8507	2023-11-09 07:12	33,2	1,1			
8508	2023-11-14 17:14	14,7	0,9			
8509	2023-10-19 15:49	5,3	0,9			
8510	2024-05-03 00:03	184,2	0,7			
8511	2023-10-13 23:45	10,2	0,8			
8512				2023-10-15 04:31	0,4	0,8
8513	2023-10-11 13:41	7,8	0,8			
8514	2023-10-18 07:34	0,6	0,8			
8515						
8516				2023-10-23 20:59	4,1	0,8
8517				2023-10-15 21:59	0,9	0,7
8518				2023-10-14 07:36	0,6	0,7
8519	2023-10-05 01:11	0,9	0,7			
8520	2023-10-28 07:57	24,6	0,8			
8521				2023-10-11 01:15	6,9	0,7
8522				2023-10-12 23:15	8,9	0,7
Antal		14	14		9	9
Medel		22,8	0,8		4,0	0,7
Stdv		47,4	0,1		3,4	0,1
Median		9,0	0,8		2,8	0,7

3.1.2 Ålar från Glan till Bråviken



Figur 4. Utsättningsplats och mottagare Bråviken

Som del av Tekniska verkens pågående T&T-projektet inom ramen för Krafttag ål märktes 22 ålar som fångats i Glan. De transporterades och sattes ut vid Karlsro i inre Bråviken den 26 september 2023. En kedja med lyssnarbojar fanns då redan på plats cirka 30 km längre ut i Bråviken (Fig. 4). En annan mottagarkedja finns i Kalmarsund, cirka 250 km vattenvägen från utsättningsplatsen. Den vidare vandringen övervakades också i Öresund och Bälten.

Av de 22 utsatta ålarna passerade 13 mottagarna i Bråviken. En, #7202, registrerades vid mottagarkedjan, men var fortfarande kvar där vid avläsningen i november 2024. Två ålar registrerades i Kalmarsund och ytterligare en i Öresund (Tabell 7). Den ål som registrerades i Öresund hade passerat öster om Öland.

Den genomsnittliga vandringshastigheten över de olika delsträckorna har sammanställts i Tabell 8.

Tabell 7. Sista registreringarna vid mottagare i Bråviken, Kalmarsund och Öresund av ålar som flyttats från Glan och satts ut vid Karlsro den 26 september 2023.

Tag nr	Sista registrering (Bråviken)	Dagar efter utsättning (Bråviken)	Sista registrering (Kalmar sund)	Dagar efter utsättning (Kalmar sund)	Sista registrering (Öresund)	Dagar efter utsättning (Öresund)
7184	2023-10-30 00:17	33,3				
7186	2024-06-02 03:36	249,4				
7187	2023-09-30 23:26	4,3				
7188	2023-10-14 13:02	17,8				
7189	2023-11-08 03:48	42,5	2023-11-16 18:35	51,1		
7193	2023-10-03 00:04	6,3				
7194	2023-11-24 03:36	58,4				
7195	2023-11-08 03:40	42,4				
7196	2024-07-09 13:31	286,9				
7197	2023-10-04 14:28	7,9			2024-02-15 20:57	142,2
7201	2024-07-30 02:15	307,4				
7202	2024-11-06 08:16	406,6				
7203	2023-10-10 01:35	13,4	2023-12-01 15:45	65,9		
7204	2023-10-06 23:47	10,3				
Antal		14		2		1
Medel		106,2		58,5		
Stdv		140,1		10,5		
Median		37,9		58,5		

Tabell 8. Antal dagar mellan utsättning och passage av kontrollstationerna samt vandringshastighet för hela sträckorna.

Tag nr	Bråviken Första registrering	Bråviken Dagar efter utsättning	Bråviken Hastighet (km/d)	Kalmarsund Första registrering	Kalmarsund Dagar efter utsättning	Kalmarsund Hastighet (km/d)	Öresund Första registrering	Öresund Dagar efter utsättning	Öresund Hastighet (km/d)
7184	2023-10-24 02:07	27,4	1,1						
7186	2024-06-02 03:20	249,4	0,1						
7187	2023-09-30 11:16	3,8	8,0						
7188	2023-10-14 12:22	17,8	1,7						
7189	2023-11-08 02:28	42,4	0,7	2023-11-16 18:08	51,0	4,8			
7193	2023-10-02 23:08	6,3	4,8						
7194	2023-11-24 01:08	58,3	0,5						
7195	2023-11-08 02:30	42,4	0,7						
7196	2024-05-25 21:31	242,2	0,1						
7197	2023-10-04 08:24	7,6	4,0				2024-02-15 17:31	142,0	4,8
7201	2024-05-19 00:01	235,3	0,1						
7202	2023-10-15 02:06	18,4	1,6						
7203	2023-10-10 00:08	13,3	2,3	2023-12-01 14:43	65,9	3,7			
7204	2023-10-06 23:00	10,3	2,9						
Antal		14	14		2	2		1	1
Medel		69,6	2,1		58,5	4,3			
Stdv		94,9	2,3		10,5	0,8			
Median		22,9	1,4		58,5	4,3			

3.1.3 Referensålar fångade och utsatta vid Utlängan

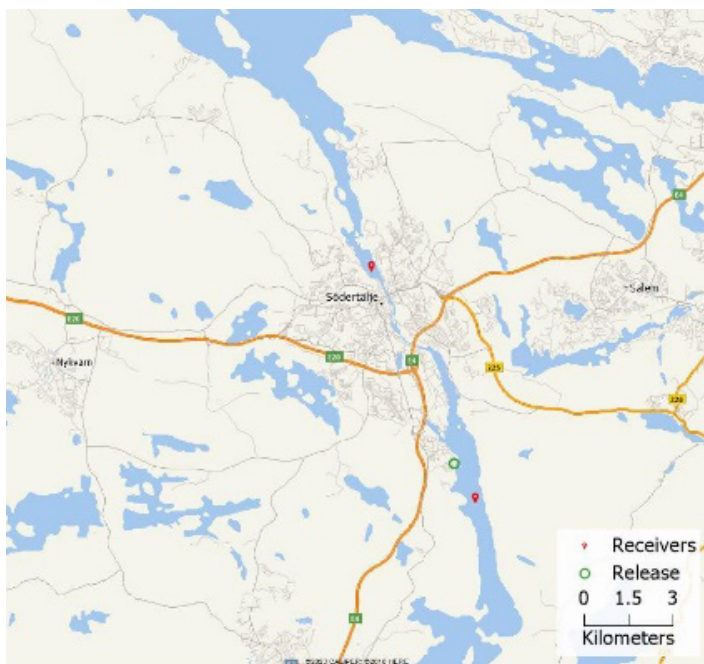
Som kontrollgrupp märktes 25 ålar som fångats i redskap nära Utlängan och sattes ut där den 20 september 2023. Kontrollstationerna i Öresund och de danska Bälten täcker vägen ut ur Östersjön (Fig. 2). Inga detektioner av dessa ålar gjordes i övriga kontrollstationer i Östersjön. Sammanlagt vandrade fyra av ålarna (16 %) via Öresund. En av dem, #7165 registrerades senare med en enstaka signal med svag signalstyrka i Stora Bält. Det är oklart om detta är en tillförlitlig observation eller en felregistrering.

Tabell 9. Registreringar av ålar utsatta vid Utlängan 2023-09-20.

Tag nr	Första registrering (Öresund)	Sista registrering (Öresund)	Dagar efter utsättning (Öresund)	Hastighet (km/d) (Öresund)	Första registrering (Stora bält)	Dagar efter utsättning (Stora bält)	Hastighet (km/d) (Stora bält)
7157	2023-10-22 18:33	2023-10-22 18:37	32,8	10,1			
7160	2023-11-25 00:49	2023-11-25 02:01	66,0	5,0			
7165	2023-12-12 17:17	2023-12-12 17:31	83,7	4,0	2024-03-10 00:06	172,0	3,1
7181	2023-11-19 16:49	2023-11-19 17:01	60,7	5,5			
Antal			4	4		1	1
Medel			60,8	6,1			
Stdv			21,1	2,7			
Median			63,4	5,2			

3.1.4 Ålar från Mälaren utsatta vid Södertälje kanal

I samband med märkningen 2 oktober i Mälaren dubbelmärktes två ålar med satellitmärke och akustiskt märke. Dessa sattes ut nedströms slussen i Södertälje kanal (Fig 5). Båda registrerades vid en mottagare omedelbart söder om utsättningsplatsen någon timme senare. En dröjde sig kvar i området över en månad. Ingen av ålarna vände tillbaka till Mälaren, men satellitsändaren på #8523 utlöste i södra Östersjön i augusti 2024.



Figur 5. Kontrollpunkter och utsättningsplats vid Södertälje kanal.

Tabell 10. Registreringar av två ålar från Mälaren utsatta i Södertälje kanal

PSAT nr	Tag nr	Första registrering	Sista registrering	Dagar efter utsättning
241408	8523	2023-10-02 19:36	2023-10-05 09:36	2,6
245246	8524	2023-10-02 19:39	2023-11-06 20:16	35,0

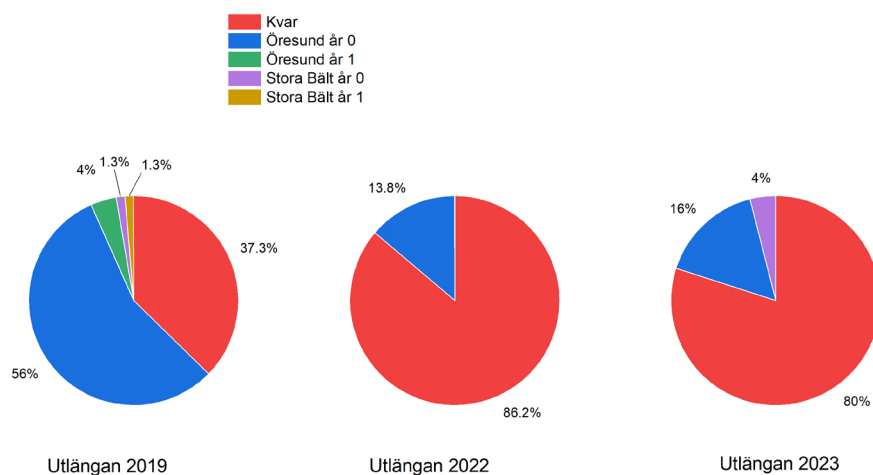
3.1.5 Tidigare märkningsförsök

I Göta älv gjordes märkning med akustiska ID-märken 2010 (Lagenfelt, 2011). Vid detta försök märktes sammanlagt 30 ålar som fångats och transporterats från Vänern, hälften den 7 och resten den 15 september. Kontrollstationer fanns i Nordre älv, vid Kastellgården, och öster om Hisingen vid Rösbo ca 6 respektive 3 km nedströms förgreningen vid Kungälv. Resultatet visade att 80 % av ålarna nådde kontrollstationerna under hösten. Inga passager registrerades under den följande vintern och våren. Även vid detta försök valde huvuddelen av ålarna Nordre älv (67 %). Vandringshastigheten varierade, men typiskt tog det två dygn från Lilla Edet till kontrollstationerna. I vilken utsträckning ålar stannat kvar och övervintrat i mynningsområdena har inte undersökts.

Under samma period gjordes märkningar med akustiska märken i Vänern och tillrinnande vattendrag. Av dessa ålar registrerades 24 stycken under hösten 2010 uppströms kraftverket i Lilla Edet. Nedströms kraftverket registrerades därefter 21 ålar, men endast 14 nådde kontrollstationerna under hösten, och två först våren

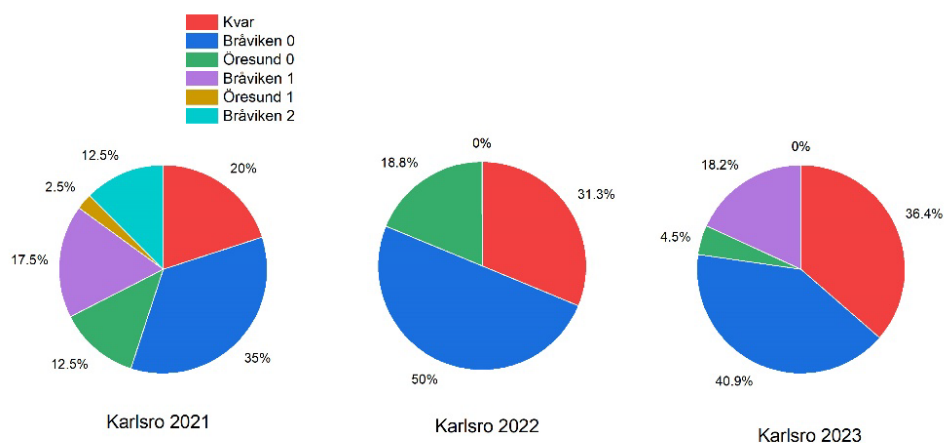
2011. Fördelningen mellan älvgrenarna var 69 % via Nordre älv. Den tid det tog att nå kontrollstationerna var typiskt 2 dygn. Skillnaden i andel som nådde älvens nedre del mellan de naturligt nedvandrande ålarna och T&T-ålar kan troligen förklaras av fördröjd dödlighet och trauma vid kraftverkspassagen (Lagenfelt & Westerberg, 2009).

Ett antal tidigare märkningsförsök med akustiska ID-märken har gjorts av SLU i samband med EU:s datainsamlingsprogram. Vid Utlängan märktes 75 ålar i oktober 2019 och 29 i september 2022. Detta kan jämföras med de 25 referensålar som sattes ut i september 2023. Variationen i andelen ålar som lämnat Östersjön är stor mellan åren (Fig. 6). Ålar som vandrat ut efter mer än ett år har inte kontrollerats för utsättningen 2023.



Figur 6. Antal övervintringar och sista registrering av ålar som lämnar Utlängan.

I Krafttag åls T&T-program med ål från Glan som satts ut vid Karlsro märktes 40 ålar med akustiska ID-märken 2021 och 15 år 2022. Detta kan jämföras med de 22 som märktes 2023 (Figur 7). Samtliga utsättningar gjordes i slutet av september. Övervakningen av kontrollstationerna pågick fram till november 2024 varför resultaten av utsättningarna omfattar olika antal övervintringar, begränsat av de akustiska märkenas batterikapacitet.



Figur 7. Antal övervintringar och sista registrering av ålar som lämnar inre delen av Bråviken.

De två ålar som sattes ut vid Södertälje efter transport från Mälaren ger begränsat resultat, men frågan om T&T från Mälaren direkt till ostkusten har blivit aktuell. År 2019 märktes 50 ålar vid Ängsö i Mälaren och sattes ut 90 km bort vid Yxlö i skärgården. Av de utsatta ålarna hade under de första två åren endast fyra med säkerhet passerat Öresund och en Stora Bält, totalt 10 %. Tre av dessa efter att ha övervintrat i Östersjön. Alla hade vandrat öster om Öland. I Kalmarsund registrerades ytterligare två ålar från utsättningen, båda efter att ha övervintrat på kusten.

3.2 Satellitmärkningar

Generellt gav märkningarna med satellitmärken anmärkningsvärt lite data. Knappt hälften av märkena sände över huvud taget data till Argos systemet. Detta kan jämföras med att cirka 80 % kommunicerade med Argos-systemet av de över 250 satellitmärken av samma modell som använts i tidigare studier av ålars vandring i Atlanten (Righton et al., 2016; Wright et al., 2022). Data var också i många fall av mycket låg kvalitet med stort databortfall (Tabell 11). En stor del av användbara data kommer från märken som hittats uppspolade på stranden och där detaljerade, lagrade data kunnat laddas ner.

Tabell 11. Totalt antal märkta ålar samt antal som registrerats av Argos-satelliterna, antalet med <10% av lagrade data överförda till Argos och därför otillräckliga för detaljanalys, samt antalet hittade med fullständig datanedladdning.

Från	Till	Registrerade		Antal med	
		Utsatta	totalt	<10 % data	Upphittade antal
Vänern	Göteborg	19	6	4	2
Mälaren	Göteborg	20	13	7	5
Glan	Bråviken	20	7	6	0
Utlängan	Utlängan	20	13	10	3
Mälaren	Södertälje	2	1	1	0
Totalt		81	40	28	10

Den troliga anledningen till bortfallet är att de utsatta ålarna inte omedelbart påbörjat vandringen i havet efter transporten och utsättningen, utan stannat upp och övervintrat i estuariet där utsättningen skett. Detta ser man också i resultaten från de akustiska märkningarna, där tex 30 % av ålarna från Glan och minst 20 % av ålar från Vänern och Mälaren var kvar i utsättningsområdet ett år efter utsättningen.

När ålar övervintrar gräver de ner sig i sedimenten och förblir stationära under lång tid (Itakura et al., 2018; Nilsson, 1860; Tomie et al., 2013). För att undvika förtida aktivering av satellitsändarna var de programmerade att bara utlösa nära ytan (se Metoder). Djupbegränsningen valdes från erfarenheter från studier i Mälaren (Westerberg & Sjöberg, 2015) där övervintring skedde på 7-20 m djup. Övervintring börjar emellertid i praktiken på det djup ålen befinner sig när temperaturen går under cirka 5-10°C.

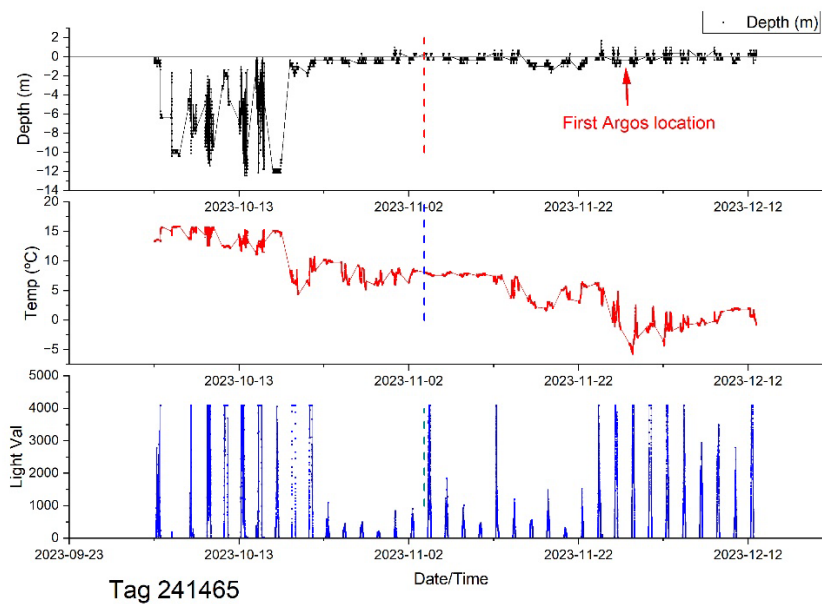
Om ålen ligger passiv på botten eller gräver ner sig i sedimenten och djupet är <4±3 m kommer märkets elektrolytiska mekanism att aktiveras för att lösgöra det från ålen. Två saker kan då inträffa:

- Elektrolysen misslyckas på grund av för låg salinitet eller för låg vattencirkulation.
- Elektrolysen lyckas, men märket kan inte stiga till ytan på grund av överlagrade sediment.

I båda fallen startar överföringen av data till satellit, men eftersom antennen befinner sig under vatten sker ingen kontakt. Efter 2-4 veckor är batteriet uttömt och märket dött.

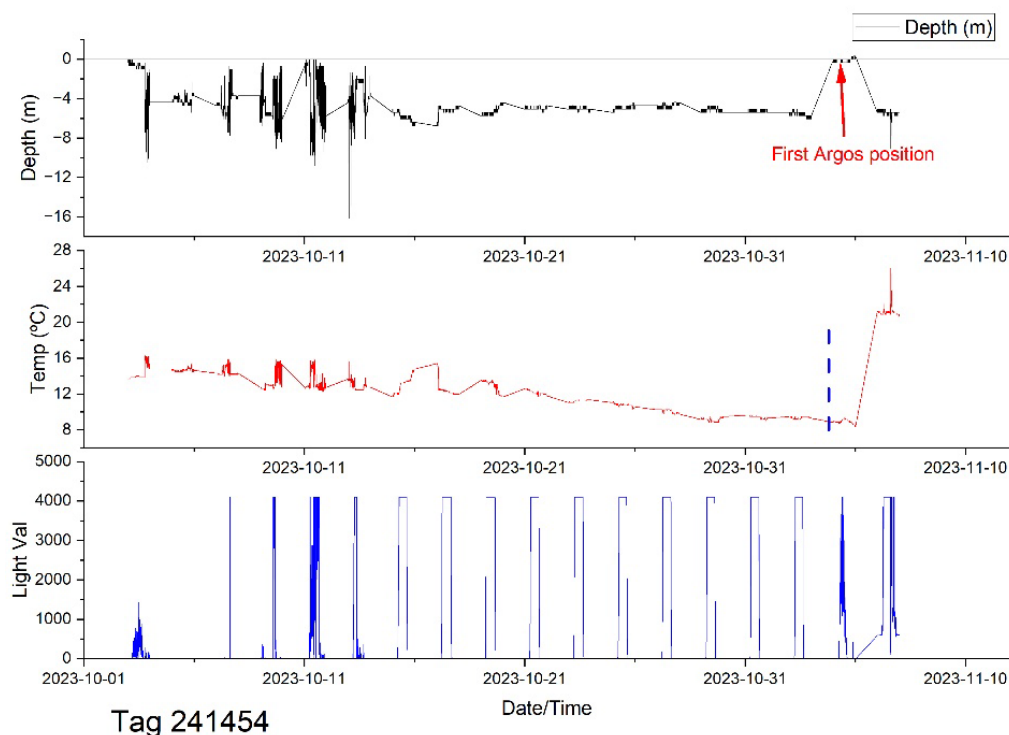
Ett exempel på detta ges av data som nedladdats från ett upphittat märke med fullständiga data varannan dag under 2 månader (Fig. 8). Ålen transporterades från Mälaren och sattes ut i Göteborg 3/10. Märket hittades i januari cirka 9 km från utsättningsplatsen. Slutet av den första månaden, när utlösningmekanismen aktiverats, har markerats med en vertikal streckad linjer i respektive tidsserie. Man ser att ålen då befinner sig nära ytan, men att dagsljusnivån är nära noll (ljusvärdet 4000 motsvarar 240 lux, vilket är en fjärdedel av dagsljusnivån en helmulen dag). Detta indikerar att märket är nedgrävt. Runt 24/11 ökar ljusnivån och temperaturen

sjunker snabbt. Två kontakter med Argos sker 26/11 varefter batteriet tycks ta slut och sändningen upphör.



Figur 8. Djup-, temperatur- och dagsljusdata från ett upphittat märke, där utlösning pga konstant tryck aktiverats när märket var nedgrävt.

Motsvarande tidsserie från ett annat märke, också en Mälarål utsatt i Göteborg, visar vad som händer när märket inte är nedgrävt och utlösningsmekanismen fungerar (Fig. 9). Märket hittades den 6/11 flytande nära stranden och togs då in i rumsvärme. Man kan notera att utlösningen aktiverade på 5 m djup.



Figur 9. Djup-, temperatur- och dagsljusdata från ett upphittat märke, där utlösning pga konstant tryck aktiverats utan att märket varit nedgrävt.

3.2.1 Vandringsriktning och hastighet

Den första Argospositionen är inte nödvändigtvis ålens slutposition. Det kan dröja några dagar mellan tidpunkten då märket når ytan och att signalen lokaliseras av Argos. Under den tiden kommer märket att driva med ström och vind. Om djup och andra data är tillräckliga för att avgöra tiden då märket når ytan så kan positionen korrigeras för driften. I många fall saknas emellertid tillräckliga data för att avgöra när märket lämnat ålen. Det finns också tillfällen då Argos systemet registrerat signaler från märket, men signalstyrkan varit för låg för att ge en position. Tabellerna 11 och 12 sammanställer kvalitén på dataunderlaget och i vilken utsträckning slutpositionen kunnat beräknas.

Tabell 12. Antal satellitmärken som registrerats av Argos och typ av slutpositioner.

Från	Till	Argos- data	Drift- korrigerade (antal)	Drift- korrigerade (%)	Icke korrigerade (antal)	Icke korrigerade (%)	Utan position (antal)	Utan position (%)
Vänern	Göteborg	6	2	33	1	17	3	50
Mälaren	Göteborg	13	6	46	3	23	3	23
Glan	Bråviken	7	7	100	1	14		
Utlängan	Utlängan	13	3	23	7	54	3	23
Mälaren	Södertälje	1	1	100%				

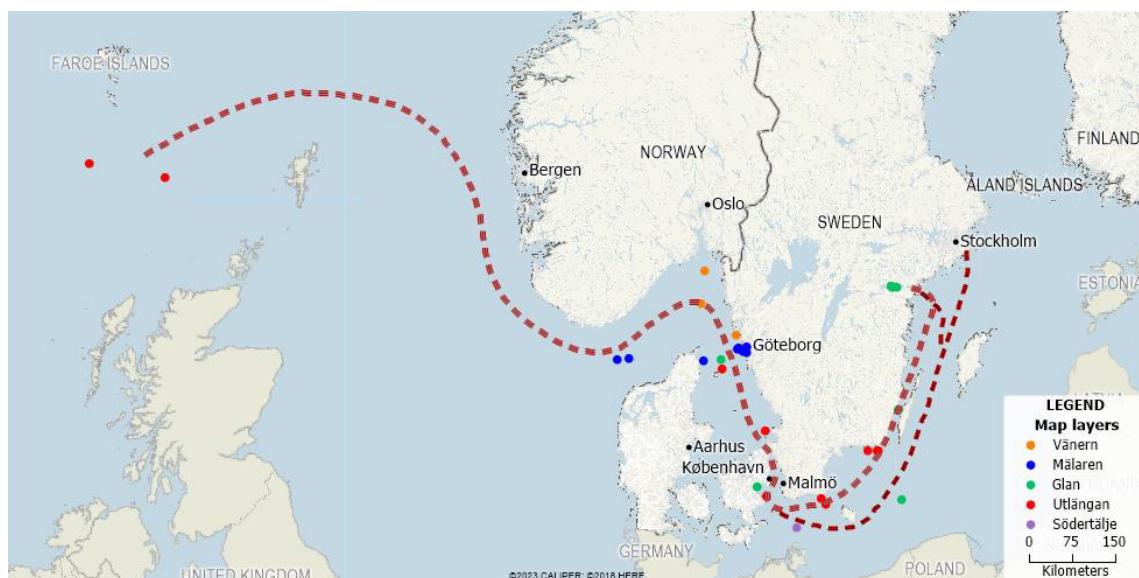
En enkel chi-2 test av relativa antalet satellitmärken som registrerades av Argossystemet visade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan experimentgrupperna.

Minimi- och medianvärdet visar att de flesta satellitmärkena började sända kort efter de 30 dagar efter utsättningen som utlösningmekanismen var avstängd (Tabell 13). I fall när märket hittats och alla data laddats ner, eller där Argosdata var mer fullständiga, syns att märket då redan kan ha drivit en längre period.

Tabell 13. Dagar från utsättning till första Argospositionen

Plats	Dagar till första Argosposition (medel)	Dagar till första Argosposition (median)	Dagar till första Argosposition (max)	Dagar till första Argosposition (min)
Vänern	46	38	88	31
Utlängan	64	44	157	32
Mälaren	37	33	52	31
Glan	124	49	345	32

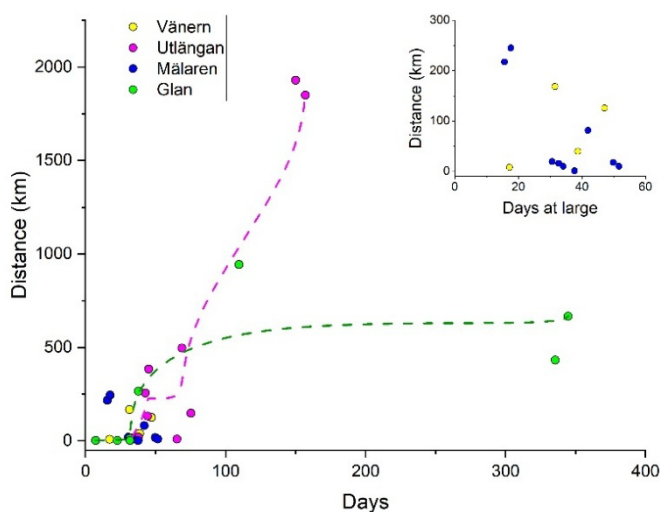
Antalet märken är för litet och data kvalitén för låg för att kunna rekonstruera vandringsvägen i detalj, men man kan konstatera att alla ålar har rört sig mot Östersjöns utlopp och sedan norr och västerut genom Kattegatt och Skagerrak. Två ålar från referensgruppen (utsatta vid Utlängan) nådde som längst till mellan Skottland och Färöarna. Figur 10 visar översiktligt alla slutpositioner och den sammantagna ungefärliga vandringsvägen.



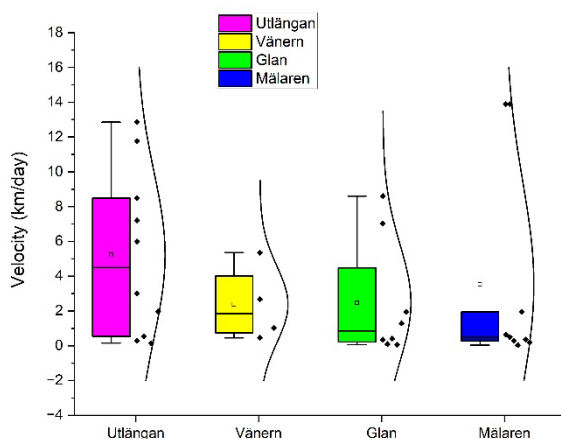
Figur 10. Slutpositioner, färgkodade efter fångstplats.

Tiden från utsläppsdagen till den första kontakten med Argos-systemet och avståndet till den första positionen (korrigerad för drift) varierar mycket. Figur 11 visar relationen för individuella ålar ur alla försöksgrupper. Referensålarna och ålarna från Glan har vandrat längst respektive under längst tid. De streckade linjerna visar det glidande medelvärdet utjämnat med ett första-ordningens binominalfilter. Ålar transporterade från Väner och Mälaren rörde sig kortare tid och sträcka, se den expanderade delen i figuren.

Märket från en av de två ålar som transporterades från Mälaren till Södertälje kanal kom efter 311 dygn upp 600 km från utsättningsplatsen i Arkonabassängen söder om Skåne. Medelhastigheten var 1.9 km/dag.



Figur 11. Tid och tillryggalagd distans för satellitmärkta ålar i de olika experimentgrupperna.



Figur 12. Låddiagram för medelhastigheten i de olika experimentgrupperna. Baserat på driftkorrigerad slutposition där underlag finns.

Den tillryggalagda sträckan har beräknats som kortaste avståndet över vatten från utsättningsplatsen till första Argos-positionen.

Den beräknade vandrings-hastigheten blir då en lägsta skattning av den verkliga hastigheten. Ingen hänsyn har heller tagits till effekten av havsströmmar. Figur 12 visar låddiagram för vandrings-hastigheten i grupperna.

I alla grupper finns ett antal ålar som bara rört sig korta sträckor. Eftersom slutpositionen normalt inte registreras förrän efter en månad ger det en systematisk förvrängning mot låga hastigheter. Ett exempel är de höga beräknade hastigheterna för två Mälaraålar, som på grund av att fullständiga djupdata visade att märken nådde ytan redan tidigt och kunde korrigeras för drift under cirka två veckor. I övriga fall är den använda vandrings-tiden en månad eller mer och driftkorrektionen obetydlig.

En konsekvens av skevheten är att skillnaden i vandringshastighet mellan grupperna inte är statistiskt signifikant vid t-test. Dock är både medel- och medianhastigheten högre för referensålarna än för de grupper som satts ut efter transport.

3.2.2 Långa tidsserier

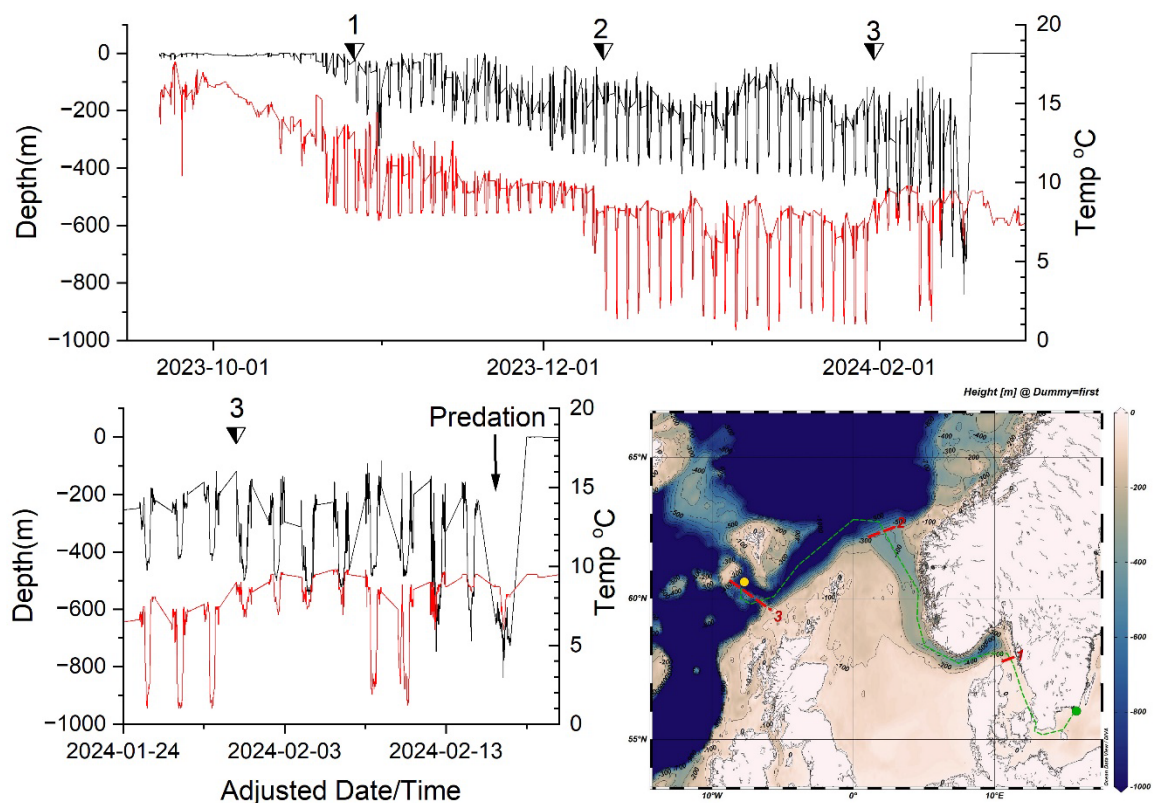
De längsta vandringarna gjordes av två av referensålarna, där märkena utlöstes efter 4-5 månader, cirka 2000 km från utsättningsplatsen. I båda fallen kan man med hjälp av hur det maximala simdjupet och lägsta temperaturen varierar identifiera passagen av specifika platser.

1. Övergången till Norska rännan i Skagerrak. Djup >100 m och temperaturen sjunkande.
2. Övergången från Norska rännan till Norska havet. Djup >400 m och minimitemperatur <2°C.
3. Passage över Färö-Skottlandsryggen. Djup >400 m och minimitemperaturen >6°C.

Vandringsvägen via Norska havet är känd från tidigare märkningar och har beskrivits i (Westerberg et al., 2014). Figur 15 visar hela temperatur- och simdjupserien för märke #241435. Siffrorna markerar de olika passagera enligt ovan. Ålen har först passerat till Atlantsidan av Färö-Skottlandsryggen den 31/1, med varmare djupvatten, för att sedan efter 8-10 dagar först vända tillbaka till Norska havet och sedan tillbaka till Atlantsidan, vilket framgår av variationen i temperaturen på djupt vatten (en detalj av förloppet finns i nedre vänstra delen av Fig. 15). Kort därefter upphör den regelbundna vertikalkvandrigen mellan dag och natt och märket stannar på 6-700 m djup ett helt dygn före det kommer upp till ytan. En trolig förklaring är att detta beror på att ålen fallit offer för en predator på djupt vatten.

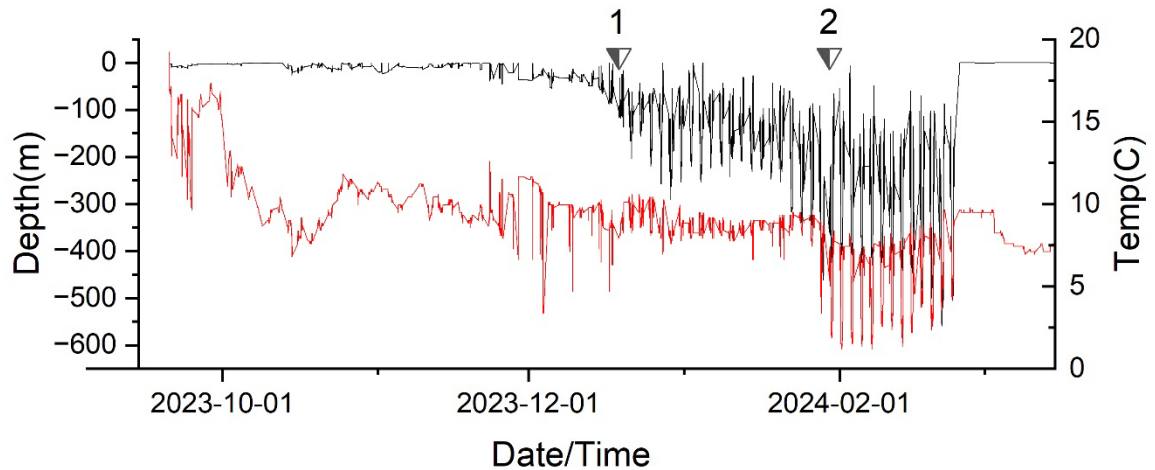
Kartan i nedre högra delen av Fig. 13 visar bathymetrin i området. Utsättnings- och slutposition är markerade med grönt respektive gult. De röda streckade linjerna visar passagera. Vandringshastigheten på de olika delsträckorna var

- Utsättningsplatsen till passage 1 – 15 km/dag.
- 1 till 2 – 19 km/dag.
- 2 till 3 – 13 km/dag.



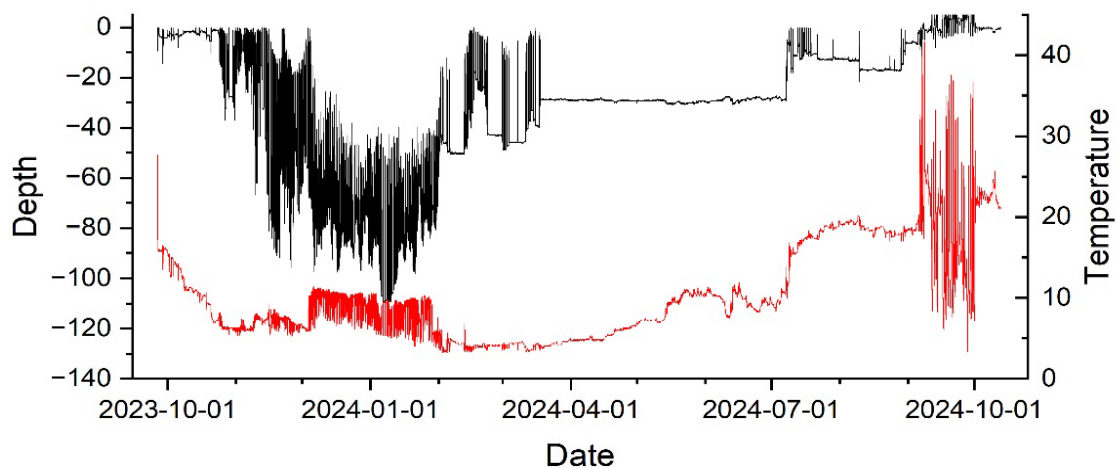
Figur 13. Temperatur (röd) och simdjup (svart) för märke 242435. Diagrammet nere till vänster visar en expansion av slutet av tidsserien. I den bathymetriska kartan till höger är de olika passagera markerade med röda linjer och nummer som i texten. En gul punkt anger slutpositionen.

Den andra referensålen #245233 visar ett liknande vandringsmönster (Fig. 14), men märket kommer upp till ytan inne i Norska havet (Fig. 10). Vad som orsakar att det utlöser kan inte avgöras eftersom det sker en av dagarna utan datasamling. Perioden till den första passagen är betydligt längre och hastigheten på denna delsträcka bara 6 km/dag. Vandringshastigheten längs Norska rännan var däremot 20 km/dag, ungefär som den andra referensålen.



Figur 14. Temperatur och simdjup för märke 245233. Beteckningar som i Fig. 15.

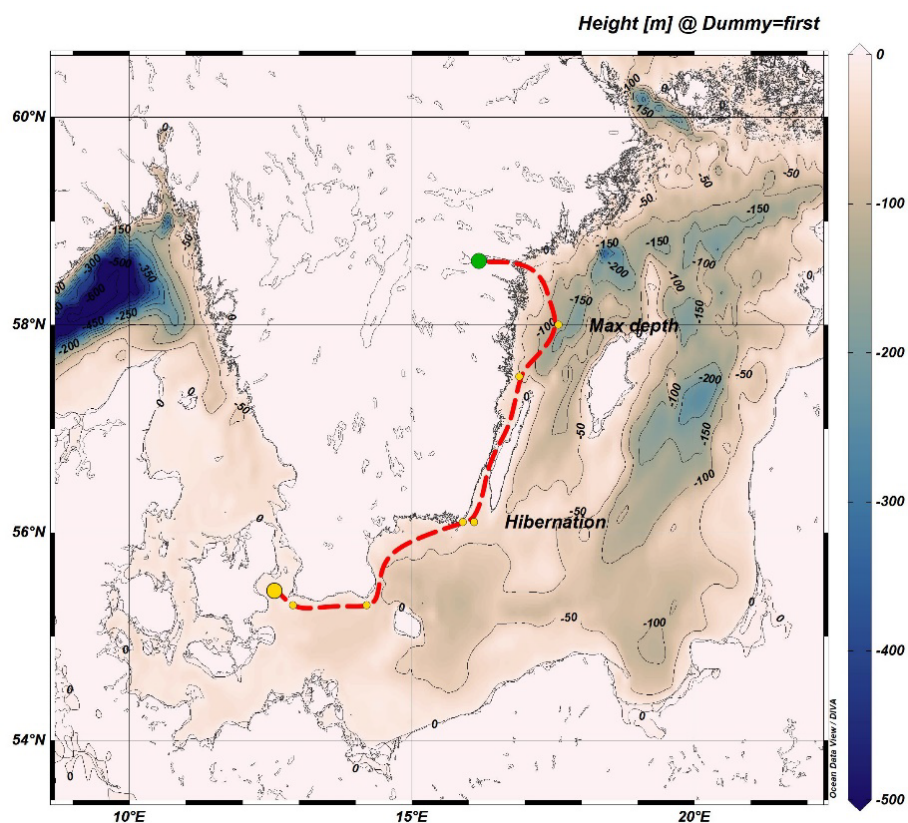
En ål som transporterades från Glan till Bråviken hittades efter ett år på stranden i Kögebukten. Den hade då kvar fästnanordningen och märket hade inte löst ut, även om ålen var borta. Sändningen började 8 dagar efter att den hamnade på stranden. Fullständiga data har laddats ner och tidsserierna visas i Fig. 15.



Figur 15. Temperatur (röd linje) och djup (svart) för märke 245238.

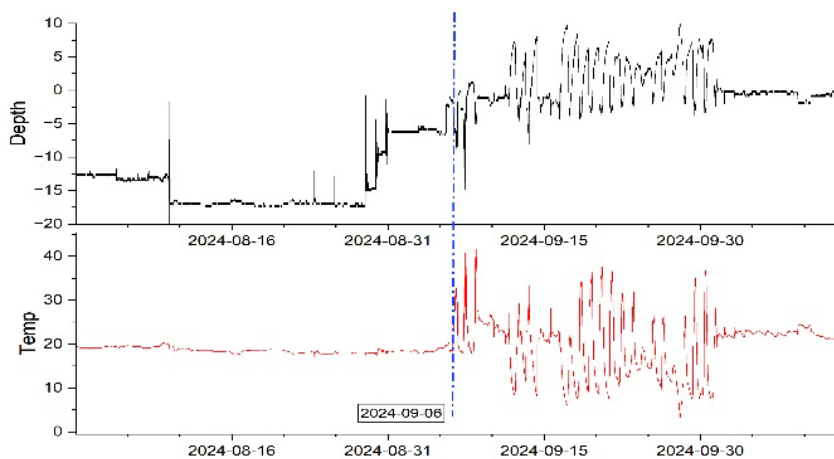
Djup och temperatur gör att man kan rekonstruera ålens ungefärliga vandringsväg. Runt den 8/1 2024 når den ett maxdjup på 110 m. Fram till 6/2 rör sig ålen aktivt upp och ned, därefter avbryts vertikalaktiviteten intermittent där bottendjupet är cirka 50 m. Den 19/2 startar en 133 dagar lång period fram till 7/7, då ålen tycks övervintra stationär på 30 m djup. Temperaturen har då gradvis ökat från 4 till 10°C. Därefter har ålen sökt sig mot grundare vatten och beteendet är bentisk aktivitet, likt den man ser hos gulål.

Fig. 16 visar en ungefärlig rekonstruktion av hur ålen rört sig.



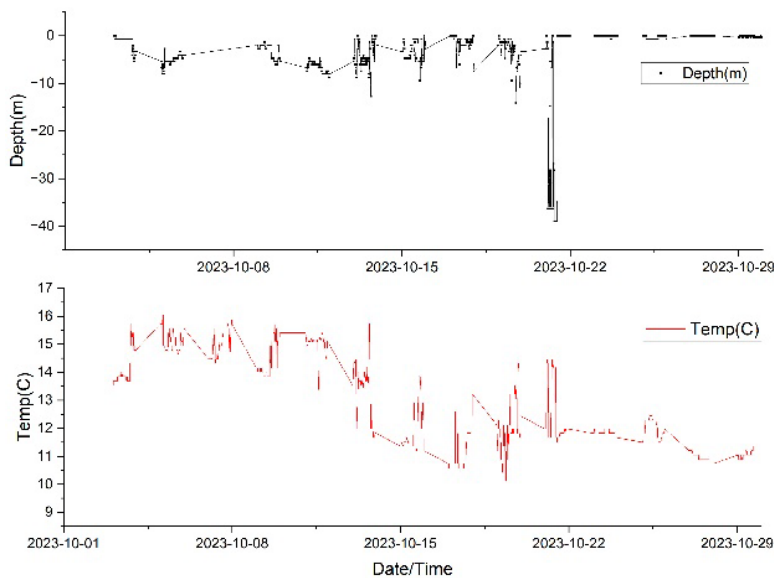
Figur 16. Trolig vandringsväg för ål 245238

Vägen under slutet av perioden är svår att rekonstruera (Fig 17). Man kan dock klart se när märket spolat upp på land genom den stora temperaturvariationen på grund av soluppvärmningen mellan dag och natt.

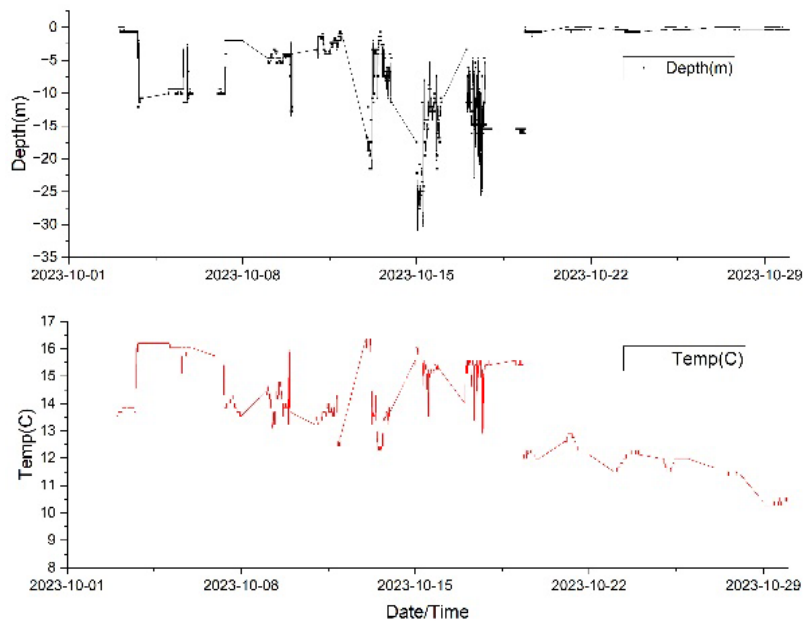


Figur 17. Slutfasen för ål 245238

Få av de andra ålarna i T&T grupperna har rört sig några längre sträckor med användbara djup- och temperaturdata. Två Mälarålar som sattes ut i Göteborg började sända från Skagerrak väster om Skagen en månad efter utsättningen. Data visar att båda sökt sig till botten men att märket lossnat och flutit upp till ytan redan 17 till 18 dagar efter utsättningen. Temperatur och djupdata har enstaka luckor men visar klart förhållandena före och efter att märket börjat driva (Fig. 18 och 19) Orsaken till att märket utlöst går inte att säkert avgöra från beteendet.



Figur 18. Simdjup och temperatur för Mälarål #241448 utsatt i Göteborg. Märket lossnat efter 17 dagar och märket driver i Skagerrack under 13 dygn före första Argospositionen.



Figur 19. Simdjup och temperatur för Mälarål #241452 utsatt i Göteborg. Märket har lossnat efter 15 dagar och märket driver i Skagerack under 16 dygn före första Argospositionen.

Båda märken hade drivit cirka två veckor före första Argospositionen. Med hjälp av SMHIs program "Opendrift" beräknades den troliga positionen där märkena flöt upp till ytan, vilket utgör den driftkorrigerade slutpositionen för ålen. Driftsträckorna var 35 respektive 22 km.

4. Diskussion

4.1 Akustiska märken

Det viktigaste resultatet av de akustiska märkningarna var att en stor del av de utsatta ålarna blir kvar på kusten eller i estuarier. I Göta älv lämnade både ålar som transporterats från Vänern och från Mälaren i stort sett alla utsättningsplatsen vid Lilla Edet. Ålar från Vänern dröjde i genomsnitt kvar en längre tid före nedvandringen (Tabell 4 och 5), men de sattes ut en månad tidigare än ålarna från Mälaren vilket kan förklara skillnaden. Tidigare märkningsförsök i samband med fångst och utsättning från Vänern (Lagenfelt, 2011) visar också på en stor andel nervandring och en liknande fördelning mellan älvgrenarna. Det nya är att i detta projekt har kontroller gjorts över längre tid och också omfattat estuariet. Man ser då att flera ålar stannat upp i estuariet vid övergången till saltare vatten. Här saknas fasta lyssnarkedjor och de manuella genomsökningarna var inte heltäckande. Trots det registrerades att minst 20 % var kvar efter ett år, och eventuellt söks sig tillbaka till älven efter övervintring såsom beskrivits från försök i Estland (Tambets et al., 2021).

Det är uppenbart att även ålar som bedöms vara i blankålstadiet och alltså vandringsbenägna faktiskt inte omedelbart påbörjar lekvandringen efter utsättning. En jämförelse av morfologiska data för ålar som startat vandring utsättningsåret och de i försöksgruppen som övervintrat eller var kvar visar ingen statistiskt signifikant skillnad i längd, vikt eller de index som mäter graden av utveckling mot blankålstadiet (Tabell 14-16).

Det finns en tendens att bland ålarna som sattes ut i Göta älv var de som stannat kvar något större och med bättre konditionsfaktor än de som startade vandringen tidigt. För ålarna från Glan var förhållandet däremot det omvända.

Tabell 14. Morfologiska mått för övervintrare och ålar som påbörjat vandringen utsättningsåret.

Grupp 2	Passerat	Passerat	Övervintrat eller kvar	Övervintrat eller kvar
Vänern	medelvärde	SD	medelvärde	SD
Antal	21		4	
Längd mm	867,8	43,7	915,5	109,4
Vikt g	1252,2	230,7	1440,8	279,6
Ögonindex	10,4	1,3	10,8	0,5
Fenindex	4,9	0,3	5,1	0,4
Fulton faktor	0,189	0,014	0,190	0,037

Tabell 15. Morfologiska mått för övervintrare och ålar som påbörjat vandringen utsättningsåret.

Grupp 3	Passerat	Passerat	Övervintrat eller kvar	Övervintrat eller kvar
Glan	medelvärde	SD	medelvärde	SD
Antal	10		12	
Längd mm	947,4	71,6	922,0	56,3
Vikt g	1775,6	373,5	1617,4	284,0
Ögonindex	9,1	1,4	9,4	1,2
Fenindex	4,9	0,2	4,9	0,4
Fulton faktor	0,207	0,021	0,205	0,018

Tabell 14. Morfologiska mått för övervintrare och ålar som påbörjat vandringen utsättningsåret.

Grupp 4	Passerat	Passerat	Övervintrat eller kvar	Övervintrat eller kvar
Mälaren	medelvärde	SD	medelvärde	SD
Antal	20		5	
Längd mm	953,0	34,9	946,4	29,0
Vikt g	1791,1	153,5	1897,0	94,2
Ögonindex	9,9	1,2	8,7	1,6
Fenindex	4,8	0,3	4,7	0,2
Fulton faktor	0,207	0,017	0,224	0,018

Ålar som används för T&T har normalt fångats i inlandsvatten med redskap som både fångar stationära och vandrande ål. Av 114 stora blankålar som fångats, märktes och sattes ut i Vänern 2008 vandrade endast 22 % ner i Göta älv under vandringsäsongen (Lagenfelt & Westerberg, 2009). Märkningsförsök med ål som fångats under aktiv vandring visar att dessa snabbt startat vandring i havet utan övervintring eller återvandring (Huisman et al., 2016; Sjöberg et al., 2017; Verhelst et al., 2022). Man kan inte utesluta att T&T innebär ett skevt urval med större andel kvardröjande ål än vid naturlig ner- eller utvandring. Från Mälaren har tidigare märkningsförsök även visat på hur till synes vandringsmogen ål inte lämnar sjön efter märkning, utan blir kvar med uppenbara svårigheter att söka sig mot utloppet för att istället återfångas av fisket i sjön (Westerberg & Sjöberg 2015; Sjöberg et al. 2017). Tolkningen har varit dess härkomst som transporterad och utsatt ål från

England eller Frankrike och därmed avsaknad av prägling. Våra försök visar att det även kan bero på grad av vandringsmognad och att det är omöjligt att med yttre kännetecken avgöra detsamma.

Försöksgruppen som fångats i Glan transporterades till Karlsro i innersta delen av Bråviken, där de sattes ut direkt i brackvatten. Cirka 40 % lämnade Bråviken under de första månaderna och ytterligare 18 % efter att ha övervintrat i inre Bråviken. Efter ett år var 36 % kvar. I vilken utsträckning detta var ålar som vandrat tillbaka upp i sötvatten eller dött är oklart. Märkningsförsök 2022 visade en liknande bild. Vid motsvarande märkning 2021 registrerades 12 % av ålarna ha vandrat ut först efter två övervintringar.

Den akustiska övervakningen av referensålarna som sattes ut vid Utlängan saknar kontroller i närområdet. Den aktivitet som kan mätas är antalet ålar som passerat Öresund eller Bälten. Här visar resultatet 2023 att 20 % av ålarna lämnade Östersjön. De flesta via Öresund efter en till tre månader och en ål via Stora Bält efter ett halvår. Vid en liknande märkning 2022 lämnade bara 14 % Östersjön, medan vid märkning 2019 passerade 57 % sunden första året. Orsaken till den stora variationen är oklar. Det kan bero på skillnader i meteorologiska och hydrografiska förhållanden mellan åren, eller tekniska problem som medfört luckor i lyssnarkedjorna i sunden. Resultatet av satellitmärkningen visade att 20 % av referensålarna passerade Öresund vilket bestyrker resultaten av de akustiska märkningarna 2023.

Med anledning av intresset för direktutsättning av ålar från Mälaren i Stockholms skärgård är resultatet av ett märkningsförsök 2019 relevant. Detta visade att totalt endast 10 % registrerades ha lämnat Östersjön och 75 % av dessa efter en övervintring på ostkusten.

4.2 Satellitmärken

Som diskuterats ovan var databortfallet stort, vilket begränsar möjligheten att jämföra de olika experimentgrupperna. Orsaken till bortfallet hänger samman med den stora andelen ålar som valt att övervintra istället för att påbörja lekvandringen mot Sargassohavet. Detta var oväntat då tidigare studier visat på att en hög andel utsatta på svenska västkusten vandrat aktivt till väster om Skottland och Irland (Westerberg et al. 2014). För denna studie innebär det att beteendet under den marina fasen av vandringen bara går att rekonstruera i enstaka fall.

De fullständigaste och längsta dataserierna kommer från referensålarna. Två av dem vandrade via Norska havet till tröskeln mellan Färöarna och Shetland. Detta är en vandringsväg som dokumenterats vid tidigare satellitmärkningar (Westerberg et al., 2014). Här finns ”vägmärken” i form av plötsliga ändringar i djup och temperatur när ålen passerar. Med hjälp av dem kan vandringshastigheten beräknas. Hastigheten är jämförelsevis hög längs vägen i Norska rännan, där ålen har hjälp

av Baltiska strömmen. I Kattegatt varierar hastigheten beroende på i vilken utsträckning ålarna varit stilla på botten under perioder.

Den ål från Glan som hittades i Danmark och vars data har laddats ner, täcker ett helt års vandring i Östersjön. Den visar beteendet efter utsättningen med en mycket aktiv vertikal aktivitet i intervallet 10-80 meter, runt termo- och haloklinen, med dykningar ner till som mest 110 m. Ett liknande beteende har observerats i centrala Östersjön vid telemetrispårning från båt (Tesch et al., 1991). Efter en tid förblev ålen stationär på 30 m djup, där den övervintrade under 4-5 månader. Under våren tycks ålen ha återgått till gulålsbeteende, för att slutligen av okänd anledning ha spolats upp på land i september.

Två ålar som transporterats från Mälaren till Göteborg vandrade västerut med en hastighet av cirka 13 km/dag. De stannade under några dagar på botten i kanten av Djupa rännan varefter märkena av okänd anledning flöt upp. Vandringsväg och hastighet är den samma som referensålarnas i detta område.

5. Slutsatser

Det övergripande syftet med projektet var att studera hur ålar i fångst och transport-projekt klarade sig under lekvandringen i havet och kunde förväntas bidra till rekryteringen. Här visade det sig att beteendet under övergången från sötvatten till den marina miljön var kritisk, vilket innebar att försöksupplägget som valdes hade begränsningar. Kontrollpunkterna för de akustiska märkningarna på västkusten fanns bara i nedre delen av älven och kontinuerlig övervakning, som kunde visa i vilken utsträckning och hur länge ålarna blev kvar i estuariet, saknades. Nu kunde endast ett ofullständigt manuellt letande ge en undre gräns för hur stor andel som verkligen påbörjade vandringen till havs. Även referensgruppen saknade kontinuerlig akustisk övervakning av närområdet. Utsättningen i Bråviken hade bättre förutsättningar genom en kedja lyssnarbojar i yttre delen av fjärden. Den visade att en hög andel övervintrade nära utsättningsplatsen och även att många fortfarande var kvar när projektet avslutades. Skillnaden i förutsättningar gör att en detaljerad jämförelse mellan referens- och försöksgrupper inte går att göra. Man kan inte utesluta att fångst och transport innebär ett skevt urval med större andel kvardröjande ål med stationärt gulålsbeteende än vid naturlig nervandring där ålen med själv valt att påbörja lekvandringen. Med detta förbehåll kan man dock konstatera att inget i resultaten av de akustiska märkningarna visar att fångst och transport leder till ett annat beteende än referensålarnas. Det finns heller ingen skillnad mellan utsättning i samma eller ett annat avrinningsområde, vilket visas av transporten av Mälårl till västkusten.

Ålen är en toppredator med bred diet – ägg, bottenlevande invertebrater och fisk – och övervintrade och kvardröjande T&T-ålar i estuarier och grundområden kan påverka det lokala ekosystemet (Van Liefferinge et al., 2012). Ålar är också kannibalistiska och en ökad population av vuxen ål i de estuarier och ålgräsängar, där glasål och elvers samlas under våren inför uppvandring i sötvatten, kan få negativa effekter. Samtidigt riskerar kvardröjande T&T-ålar att utsättas för skarv- och sälpredation (Bryhn et al., 2023).

Dessa erfarenheter bör beaktas vid eventuella uppföljningar av projektet med fångst i Storsjön och transport till Gavleån och även om T&T från Mälaren till ostkusten kommer till stånd.

Tendensen att ålarna dröjde kvar i övergångszonen mellan söt- och saltvatten gjorde också att databortfallet i satellitmärkningarna blev mycket stort. En stor

andel märken utlöstes i närheten av utsättningsplatsen. Med det begränsade materialet kan man inte dra några långtgående slutsatser. Det finns ingenting i satellitmärkningarna som visar på att ålar som genomgått fångst och transport beter sig annorlunda än referensålarna vad gäller den generella vandringsriktningen eller hastighet där den kunnat beräknas. En skillnad är att referensålarna vandrat de längsta sträckorna och i större omfattning lämnat Östersjön. Dessa har dock troligen redan varit under aktiv vandring då de fångades.

För att studera lekvandringen i Atlanten krävs en annan programmering av satellitsändarna eller att man använder datasamlingsmärken med tidsprogrammerad utösning. Eftersom denna studie tyder på att ålar som fångas och sätts ut i havet tenderar att stanna i området där de sätts ut, och att dessa ålar eventuellt inte varit redo för vandring, bör ett urval av vandringsbenägna ålar göras vid fångst och utsättning. . Dessa ålar bör väljas vid en tidpunkt och från en plats där man kan förvänta sig att ålen redan har påbörjat lekvandringen, för att på så vis undvika att ålar stannar i ett område där mortaliteten eventuellt är hög. Detta kan innebära en fångstplats så nära utloppet i ett vattensystem som möjligt och att man undviker långvarig sumpning.

Tack

Fiskare Roland Karlsson på Utlängan, Johan Axelsson i Glan, Boris Åström i Väneren och Per Vidlund i Mälaren för att tillhandahållit ål till märkningsförsöken.

Joakim Wester, Johannes Johansson, Roberth Hellberg och Jens Kosterhed för hjälp med arbete på Göta älv.

Transportören Jörgen Sejrbo som körde ålarna från Väneren och Mälaren.

Emil Lindgren för hjälp med akustik i Bråviken och till Linnéuniversitetet för arbete med akustik i Kalmarsund.

SLU:s personal Birgitta Jacobson, John Persson, Petter Lundberg och Gustav Hellström för hjälp med märkning och akustiska mottagare.

SMHI:s avdelning för samhällsberedskap som varit behjälplig med driftmodellering.

Krafttag ål för att vi fick möjlighet att märka ål under ordinarie fångst och transportverksamhet.

Referenser

- Bryhn, A. C., Lunneryd, S. G., & Königson, S. (2023). Predator damaged eel caught in coastal fisheries of the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106827>
- Durif, C., Dufour, S., & Elie, P. (2005). The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *J Fish Biology*, 66, 1025–1043. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00662.x>
- Huisman, J., Verhelst, P., Deneudt, K., Goethals, P., Moens, T., Nagelkerke, L. A. J., Nolting, C., Reubens, J., Schollem, P. P., Winter, H. V., & Mouton, A. (2016). Heading south or north: Novel insights on European silver eel *Anguilla anguilla* migration in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 554, 257–262. <https://doi.org/10.3354/meps11797>
- ICES. (2024). Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.27233457>
- Itakura, H., Miyake, Y., Kitagawa, T., & Kimura, S. (2018). Site fidelity, diel and seasonal activities of yellow-phase Japanese eels (*Anguilla japonica*) in a freshwater habitat as inferred from acoustic telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, 27(3), 737–751. <https://doi.org/10.1111/eff.12389>
- Lagenfelt, I. (2011). Trap and transport av ål i Göta älv. En uppföljning. Rapport 2011-09-12. Havs- och Vattenmyndigheten.
- Lagenfelt, I., & Westerberg, H. (2009). Eels in the Göta älv, the Sävån and the Rolfsån rivers. Telemetry studies on silver eel migration. Swedish Board of Fisheries. March 2009
- Nilsson, S. (1860). Aufenthalt, Lebensweise, Nahrung und Fortpflanzung des Susswasser-Aales. *Zeitschrift Gesamten Naturwissenschaften*, 16.
- Økland, F., Thorstad, E. B., Westerberg, H., Aarestrup, K., & Metcalfe, J. D. (2013). Development and testing of attachment methods for pop-up satellite archival transmitters in European eel. *Animal Biotelemetry*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/2050-3385-1-3>
- Righton, D., Westerberg, H., Feunteun, E., Økland, F., Gargan, P., Amilhat, E., Metcalfe, J., Lobon-Cervia, J., Sjöberg, N., Simon, J., Acou, A., Vedor, M., Walker, A., Trancart, T., Brämick, U., & Aarestrup, K. (2016). Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea. *Science Advances*, 2(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501694>
- Sjöberg, N. B., Wickström, H., Asp, A., & Petersson, E. (2017). Migration of eels tagged in the Baltic Sea and Lake Mälaren—in the context of the stocking question. *Ecology of Freshwater Fish*, 26(4), 517–532. <https://doi.org/10.1111/eff.12296>

- Sundin, J., Karlsson, K., Jacobson, B., & Jacobson, P. (2025). Assessment of mortality during trap and transport in adult European eel. *Fisheries Research*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2025.107264>
- Tambets, M., Kärgerberg, E., Järvalt, A., Økland, F., Kristensen, M. L., Koed, A., & Bernotas, P. (2021). Migrating silver eels return from the sea to the river of origin after a false start. *Biology Letters*, 17(9). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0346>
- Tesch, F.-W., Westerberg, H., & Karlsson, L. (1991). Tracking studies on migrating silver eels in the Central Baltic. *Meeresforschung*, 33, 183–196.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Westerberg, H., Aarestrup, K., & Metcalfe, J. D. (2013). Evaluation of surgical implantation of electronic tags in European eel and effects of different suture materials. *Marine and Freshwater Research*, 64(4). <https://doi.org/10.1071/MF12217>
- Tomie, J. P. N., Cairns, D. K., & Courtenay, S. C. (2013). How american eels *Anguilla rostrata* construct and respire in burrows. *Aquatic Biology*, 19(3), 287–296. <https://doi.org/10.3354/ab00538>
- Van Liefferinge, C., Dillen, A., Ide, C., Herrel, A., Belpaire, C., Mouton, A., De Deckere, E., & Meire, P. (2012). The role of a freshwater tidal area with controlled reduced tide as feeding habitat for European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 28(4), 572–581. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.01963.x>
- Verhelst, P., Reubens, J., Coeck, J., Moens, T., Simon, J., Van Wichelen, J., Westerberg, H., Wysujack, K., & Righton, D. (2022). Mapping silver eel migration routes in the North Sea. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04052-7>
- Westerberg, H., & Sjöberg, N. (2015). Overwintering dormancy behaviour of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a large lake. *Ecology of Freshwater Fish*, 24(4). <https://doi.org/10.1111/eff.12165>
- Westerberg, H., Sjöberg, N., Lagenfelt, I., Aarestrup, K., & Righton, D. (2014). Behaviour of stocked and naturally recruited European eels during migration. *Marine Ecology Progress Series*, 496, 145–157. <https://doi.org/10.3354/meps10646>
- 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). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19248-8>

