



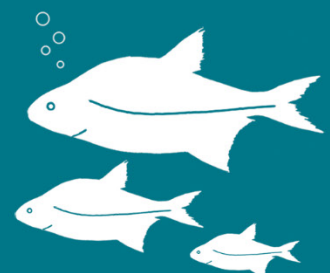
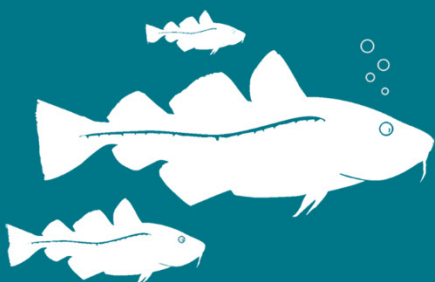
Aqua notes 2024:33

Europeiska ålens habitatval

– utvärdering av ålyngelutsättningar på svenska västkusten

Elin Myrenås, Yvette Heimbrand, Philip Jacobson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser





Medfinansieras av Europeiska unionen

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

Europeiska ålens habitatval – utvärdering av ålyngelutsättningar på svenska västkusten

Habitat choices of the European eel – Evaluation of eel restocking on the Swedish west coast

Elin Myrenås, <https://orcid.org/0000-0003-3894-4501>,
Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Yvette Heimbrand, <https://orcid.org/0000-0002-5120-4797>,
Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Philip Jacobson, <https://orcid.org/0000-0002-3890-4289>,
Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Torbjörn Säterberg, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Martina Blass, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr HaV2024-002210 (SLU-ID: SLU.aqua.2024.5.1-204)

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:	Myrenås, E, Heimbrand, Y, Jacobson, P (2024). Europeiska ålens habitatval; utvärdering av ålyngelutsättningar på svenska västkusten. Aqua notes 2024:33. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. https://doi.org/10.54612/a.3le5vh22mg
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:	2024
Utgivningsort:	Uppsala
Illustration framsida:	Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Aqua notes
Delnummer i serien:	2024:33
ISBN (elektronisk version):	978-91-8046-582-3
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.3le5vh22mg
Nyckelord:	ål, habitat, otolitkemi

Uppdatering:

2025-02-07; Förtydligande på s. 10 att utsättningar av ål i detta område har finansierats av Krafttag ål. Tillägg i referenslistan på s. 23 med referens till Krafttag ål.

© 2024 Elin Myrenås, Yvette Heimbrand, Philip Jacobson

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

Sammanfattning

Den europeiska ålen (*Anguilla anguilla*) har tydlig plasticitet gällande habitatval under livsstadiet som gulål. Antingen stannar den i den marina eller bräckta miljön längs med kusten (kustvattenresident), migrerar upp i vattendrag och inlandsjöar (sötvattensresident), eller skiftar mellan dessa alternativ (habitatskiftare). Hur stor andel ål som endast lever vid kusten och hur viktiga dessa habitat är för populationen i sin helhet vet vi inte idag och dessa frågor är därför några av de viktigaste kunskapsluckorna att fylla för att hjälpa ålbeståndet att återhämta sig. Ålen är idag klassad som akut hotad och som en av flera förvaltningsåtgärder transporterar man ål från södra delarna av Europa till svenska vatten. Huruvida denna åtgärd resulterar i en positiv nettoeffekt för arten är i dagsläget oklart. Att jämföra habitatval mellan naturligt rekryterade ålar och ålar som kommer från utsättningar är därför viktigt för att dels öka vår kunskap om ålens komplexa livshistoria men även för att ge värdefull information utifrån ett förvaltningsperspektiv. Otoliter är benstrukturer i benfiskars hörsel- och balansorgan som kontinuerligt lagrar in spårämnen som reflekterar fiskens livsmiljö. Analys av den kemiska sammansättningen i otoliterna ger bland annat svar på om ålarna har vandrat mellan olika habitat. I den här studien analyserades den kemiska sammansättningen i otoliter från 171 ålhonorer från ett område på svenska västkusten, varav 100 otoliter var från naturligt hitvandrande rekryter medan resterande 71 var från ål av utsatt härkomst. Resultaten tyder på att majoriteten av ålarna har varit kustvattenresidenta då endast en ål har tydligt vandrat upp i ett sötvatten en kort period för att sedan återgå till kusten (habitatskiftare). Ingen tydlig skillnad mellan utsatta- och naturliga rekryters habitatval kunde konstateras och med stor sannolikhet har ålarna med ett utsatt ursprung blivit utsatta i kustvatten. Tidigare studier har inte heller kunnat konstatera några skillnader i kondition mellan utsatta- och naturliga rekryter från detta område. Sammantaget tyder resultaten på att utsättningar i öppna kusthabitat kan vara ett effektivt förvaltningsalternativ. Huruvida resultaten blivit annorlunda om även ålar fångade i sötvatten hade inkluderats i studien återstår att undersöka. Även andra kunskapsluckor kring förflyttning av ål behöver besvaras för att avgöra om förvaltningsmetoden leder till att fler lekmogna ålar kan återvända till lekområdet i Sargassohavet.

Summary

The European eel (*Anguilla anguilla*) exhibits clear plasticity regarding habitat selection during the life stage as yellow eel. They either reside in the marine or brackish environment along the coast (coastal water resident), migrate to rivers and inland lakes (freshwater resident), or shift between these options (habitat shifters). The proportion of coastal water resident eel is unknown, and how important this habitat is for the eel population as a whole. These knowledge gaps need to be filled in order to help the eel population to recover. The eel is currently classified as critically endangered, and as one of several management measures, the eels' are transported from the southern parts of Europe to Swedish waters. Whether this measure results in a positive net effect for the total eel population is currently unclear. Comparing habitat choices between naturally recruited eel and restocked eel is therefore important to increase our knowledge of the eels' complex life history but also to provide valuable knowledge from a management perspective. Otoliths are bone structures in the hearing- and balance organs of teleost fish that continuously incorporate trace elements reflecting life-history habitat use. Analysis of the chemical composition of the otoliths provide answers to, among other things, whether the eels have migrated between different habitats. The chemical composition of otoliths from 171 female eel from an area on the west coast of Sweden was analysed

in this study, of which 100 otoliths were from naturally migrating recruits while the remaining 71 were from eels of restocked origin. The results indicated that the majority of the eel were coastal water residents as only one eel had clearly migrated up into a freshwater for a short period and then returned to the coast (habitat shifter). It is likely that eels of restocked origin were released in coastal waters. No clear differences between habitat choices of restocked and natural recruits could be observed. Previous studies have not been able to establish any differences in fitness between restocked eel and natural recruits from this area. Overall, the results suggest that restocking in open coastal habitats can be an effective management option. Whether the results would have been different if eel caught in freshwater had also been included in the study remains to be investigated. Other knowledge gaps regarding restocking of eel also need to be filled in order to determine whether the management measure contribute to an increased number of mature eel returning to their spawning grounds in the Sargasso Sea.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	7
2. Material och metoder	10
2.1. Studieområde och urvalskriterier.....	10
2.2. Individdata	11
2.3. Otolitkemi.....	11
2.4. Beräkningar och statistiska analyser.....	11
2.4.1. Livshistorieanalys.....	14
3. Resultat.....	16
3.1. Livshistorieanalys	16
3.2. Biologiska analyser.....	19
4. Diskussion.....	20
5. Referenser	22
6. Tack.....	26
Bilaga 1.....	27
Utsatta rekryter med sötvattenssignal	27
Naturliga rekryter med sötvattenssignal	32

1. Introduktion

Den europeiska ålen (*Anguilla anguilla*) är en art med en komplex livscykel som inkluderar långa migrationer, habitatskiften samt flertalet metamorfoser. Ålens fortplantning har fortfarande inte observerats av människan i det vilda (Palstra m.fl., 2020; Wright m.fl., 2022). Ålarna antas leka i Sargassohavet på andra sidan Atlanten för att därefter dö. Med Atlantströmmarna driver först äggen, sedan de kläckta leptocephaluslarverna och senare de utvecklade glasålarna mot Europa (Miller m.fl., 2019). Majoriteten av dessa glasålar anländer till kusterna i sydvästra Europa varifrån de sedan sprider sig vidare (Dekker, 2003a). Det forna utbredningsområdet sträckte sig från Afrikas nordliga kuster i syd, till Europas kuster upp till Nord Kap i norr samt i Medelhavet och Östersjön (Schmidt, 1909; Dekker, 2003a). Trots det stora utbredningsområdet anses arten vara en och samma population (Schmidt, 1923; Palm m.fl., 2009; Enbody m.fl., 2021). På 1980-talet uppmärksammades minskande antal anländande glasålar till den europeiska kontinenten och senare även en minskning av vuxna ålar i fisket (Dekker, 2003b). Idag ligger antalet anländande glasålar i Nordsjöområdet på 0,5 % och i resterande Europa på 9,7 %, jämfört med mängden glasål som anlände under 1960- 1970-talen (ICES, 2022). Arten är sedan 2008 klassificerad som akut hotad enligt Internationella naturvårdsunionens rödlista (Pike m.fl., 2020).

I stora drag finns det tre kategorier av förvaltningsåtgärder att överväga vid förvaltning av en minskande fiskpopulation; reglera fisket, förbättra kvalitén och tillgången på habitat, samt förstärkning av populationen genom till exempel utsättning (Blankenship & Leber, 1995). Sedan 2007 finns en EU-gemensam förvaltningsplan för ål och Sveriges nationella ålförvaltningsplan accepterades av EU 2009 (Rådsförordning (EG) No 1100/2007; Förvaltningsplan för ål, Jo2008/3901). Den innefattar ett minskat fiske, minskad turbinmortalitet, ökad tillsyn och utsättningar med syfte att öka produktionen av lekmogen ål på kort sikt (Förvaltningsplan för ål, Jo2008/3901). När utsättning av fisk tillämpas som kompensatorisk eller bevarandeåtgärd reproduceras vanligtvis fisken i odlingar för att sedan planteras ut i deras naturliga habitat (Lorenzen, 2014). Eftersom ingen har lyckats reproducera den europeiska ålen i fångenskap med överlevande avkomma (Jéhannet m.fl., 2024) kan denna metod inte tillämpas. Istället fångas glasålar i sydvästra Europa (till exempel längs den engelska eller franska kusten) för att sedan transporteras till andra länder, för utsättning (Dekker och Beaulaton, 2016). Genom

att sprida ut glasålar som anländer till Europas kuster över hela dess forna utbredningsområde är tanken att erbjuda ett lämpligt uppväxthabitat till så många glasålar som möjligt. Ålarna slipper då konkurrens i områden där antalet anländande glasålar är många (så kallade donerande områden) och flyttas till områden med färre ålar (så kallade mottagningsområden) för att öka ålens chanser att överleva tills de blir lekmogna och kan bidra till reproduktionen. Huruvida denna förvaltningsmetod verkligen leder till fler lekmogna ålar har ifrågasatts och många kunskapsluckor kvarstår (Froehlicher m.fl., 2023). I Sverige har vi en lång historia av att flytta ålar inom landet som åtminstone sträcker sig tillbaka till 1700-talet (Gyllenborg, 1770; Trybom, 1881), men utsättningarna har då i huvudsak varit i syfte att öka fisket i ett specifikt område. I enlighet med den svenska ålförvaltningsplanen har däremot utsättning av importerad ål tillämpats som en förvaltningsåtgärd i bevarandesyfte sedan 2009. I skrivande stund (2024) utarbetas en reviderad svensk ålförvaltningsplan och för tillfället är utsättningar av ål i bevarandesyfte delvis pausade (gäller sedan 2020 för utsättningar finansierade med statliga medel). Utsättningar av ål i svenska vatten pågår däremot fortfarande då både privata aktörer kan köpa in och sätta ut ål efter godkänd ansökan om tillstånd av länsstyrelserna och i vissa vattenområden är utsättning av ål en obligatorisk kompensationsåtgärd som styrs av vattendomar för vattenkraftverk. Nutida utsättningar sker i både sötvatten och längs med Sveriges kust i salt- eller bräckt vatten (van Gemert m.fl., 2024).

Tidigare har ålen klassats som en obligatorisk katadrom fisk, det vill säga att den föds i marint vatten, spenderar sin uppväxttid i sötvatten för att sedan återgå till marint vatten för reproduktion. Denna bild av ålen har blivit reviderad då studier visat att ålar har tydlig plasticitet när det kommer till habitatval under fasen som gulål då de antingen stannar i den marina eller bräckta miljön längs med kusten (kustvattenresident), söker sig upp i vattendrag och inlandsjöar (sötvattensresident), eller skiftar mellan dessa alternativ (habitatskiftare) (Limburg m.fl., 2003; Sjöberg m.fl., 2017; Rohtla m.fl., 2021). Mycket är däremot fortfarande okänt kring vad som styr ålarnas habitatval. Tillgången till sötvattenshabitat för ålen är över lag begränsad då majoriteten av vattendragen i Europa har migrationsbarriärer (Belletti m.fl., 2020) som kan hindra ålen från att vandra fritt mellan till exempel sjöar, våtmarker och hav. Hur stor andel ål som endast lever vid kusten och hur viktiga dessa habitat är för populationen i sin helhet vet vi inte idag och dessa frågor är därför några av de viktigaste kunskapsluckorna för forskningen att fylla för att hjälpa ålen att återhämta sig (Righton m.fl., 2021). Att jämföra habitatval mellan naturligt rekryterade ålar och ålar som kommer från utsättningar är därför viktigt för att dels öka vår kunskap om ålens komplexa livshistoria men även för att ge värdefull information utifrån ett förvaltningsperspektiv.

Otoliter, även kallade hörselstenar, är små benstrukturer som främst består av kalciumkarbonat (CaCO_3) i fiskars inre hörsel- och balansorgan, och som kontinuerligt bildar säsongsmässiga tillväxtzoner under hela fiskens liv (Pannella, 1971; Popper m.fl., 2005). Spårämnen från omgivande vatten lagras in i otoliterna (Campana, 1999) och eftersom den kemiska sammansättningen i salt- och sötvatten skiljer sig åt kan spårämnen fungera som markörer vid studier av migrerande arters livshistoria (Walther & Limburg, 2012). Kvoten av spårämnet strontium (Sr) och kalcium (Ca) i otoliter används vid ursprung- och vandringsstudier då Sr:Ca är högre i saltvatten än i sötvatten (Secor & Rooker, 2000; Walther & Limburg, 2012). Genom att analysera den kemiska sammansättningen i ålens otoliter från kärnans mitt (födelse) till dess yttre kant (död), är det möjligt att avgöra i vilken/vilka habitat en individ har tillbringat sitt liv i (Tzeng m.fl., 1997; Shiao m.fl., 2006; Rohtla m.fl., 2021). Sedan 1990-talet genomgår alla importerade ålar en tid på en karantänsanläggning med sötvatten före utsättning i naturen (Rohtla m. fl., 2021). Sedan 2009 märks alla importerade, utsatta ålar kemiskt genom att badas i en lösning med hög strontiumhalt vilket skapar en permanent strontiummärkning i otoliten (ICES, 2010). I och med detta går det att särskilja ålar med utsatt ursprung från naturligt rekryterade ålar i svenska vatten.

Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser (SLU Aqua) påbörjade 2022, på uppdrag från Havs- och vattenmyndigheten, ett arbete för att undersöka eventuella skillnader mellan ål som kommit till svenska vatten naturligt och ål som anlänt via utsättningar. Denna studie är en del utav detta arbete där vi undersöker om habitatval och vandring mellan sötvatten och kustvatten skiljer sig åt mellan grupperna.

2. Material och metoder

2.1. Studieområde och urvalskriterier

I kustområdet kring öarna Orust och Tjörn på Sveriges västkust utför SLU Aqua sedan 2007 ett årligt provfiske med ryssjor där gulål och blankål fångas och provtas. I detta område har även utsättningar i bevarandesyfte gjorts från 2010 fram till och med 2023 (finansierat av Krafttag ål, se Krafttag ål, 2018, och utfört inom ramen för projekt 8+fjordar, se Bryhn m.fl., 2017). Otoliter till den här studien har valts ut från gulålar fångade i detta provfiske mellan 2013-2019 samt 2021 och som tidigare både ålderslästs och analyserats för Sr-märkning (se stycke 2.2 och 2.3). Baserat på uppskattad ålder och fångstår valdes dessutom endast individer som ansetts ha anlänt till svenska vatten 2009 (då Sr-märkningen av utsatta ålar påbörjades) eller senare. Totalt analyserades otoliter från 171 individer, varav 100 var från ål av naturligt ursprung och resterande 71 från ål av utsatt ursprung. Samtliga otoliter kom från honor. Utöver de 171 ålarna som samlats in i området kring Orust och Tjörn har även otoliter från 13 referensålar insamlade i två olika vattendrag på den sydligare delen av den svenska västkusten valts ut (Viskan och Kävlingeån). Referensålarna valdes utifrån kriteriet att de skulle ha fångats i sötvatten som mynnar i de södra delarna av Sveriges västkust för att säkerställa att deras otoliter skulle täcka in hela saltvattensgradienten för Skagerrak och Kattegatt samt en sötvattenssignal. Utöver det skulle de vara naturligt rekryterade ålar och ha ålderslästs. Ålarna från Kävlingeån (n=6) fångades som blankålar i en Wolf-fälla på sin vandring nedströms mot havet. Referensålarna från Viskan (n=7) fångades som mindre gulålar i Viskans sötvatten med elfiske. Dessa har med största sannolikhet tagit sig från kustens saltvatten till Viskans mynning där de fångats i en ålyngelsamlare och sedan släppts ut uppströms det pappersbruk som är ett definitivt vandringshinder i Viskan. Den kemiska profilen i otoliterna från de 13 referensålarna användes för att skapa referensnivåer som motsvarar marina, kust och sötvattenshabitat. Dessa referensnivåer användes sedan för att avgöra vilka habitat ålarna från kustområdet kring Orust och Tjörn nyttjat under deras liv.

2.2. Individdata

Dissektion och insamling av individdata utfördes på individer inom provfiskeprogrammet (Myrenås & Jacobson, 2024). Åldern analyserades genom att slipa ålotoliten tills kärnan exponerades och därefter färga den med toluidinblå för att framhäva årsringarna som sedan räknades i stereolupp (ICES 2020). Data lagras i databasen för provfiske vid kusten (KUL) som SLU, institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet ansvarar för. Parametrar såsom längd (mm), vikt (g) och ålder (år) analyserades för att avgöra eventuella skillnader mellan rekryter av naturligt eller utsatt ursprung.

2.3. Otolitkemi

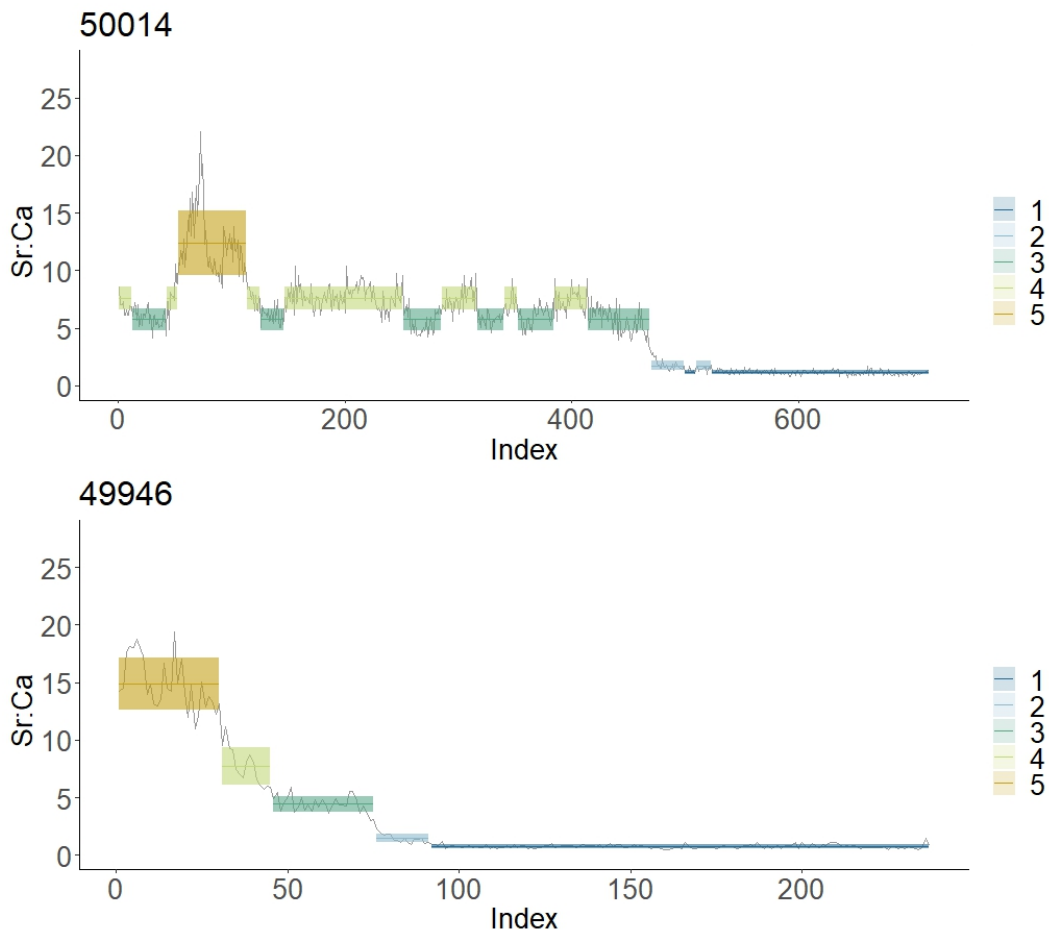
Ålotoliterna hade tidigare analyserats med LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) vid Lunds universitet, geologiska institutionen. Metoden bygger på att en laserstråle frigör otolitmaterial längs en linje/transekt på ett tvärsnitt av en otolit monterad i epoxy. Transekten dras från otolitens kärna (födelse) till otolitens ytterkant (död). Om det funnits misstanke om anomalier i otolitens struktur har i vissa fall transekten dragits över hela otoliten eller större delar av den för att säkerställa data (däremot alltid genom kärnan). Det frigjorda otolitmaterialet transporteras vidare för jonisering och slutligen detekteras och kvantifieras den kemiska sammansättningen i en masspektrometer. I denna studie fokuserade vi på Sr:Ca kvoten i otoliterna för att jämföra habitatval hos ål. Sr:Ca används även för att avgöra om en ål har blivit strontiummärkt. Under märkningen badas ålarna i vatten med förhöjd Sr-halt vilket resulterar i att extra mycket Sr lagras in i otoliten under en kort period strax utanför kärnan (Wickström & Sjöberg, 2014). Denna märkning syns som en topp i Sr:Ca- profilen motsvarande de värden som finns i kärnan (marint vatten). Då ålarna som märks med Sr genomgår en karantäntid i sötvatten syns även Sr:Ca värden motsvarande en sötvattensperiod mellan kärnan och märkningen.

2.4. Beräkningar och statistiska analyser

Datareduktion, korrigerig av instrumentdrift och kalibrering av spårämneskoncentrationer i parts per million (ppm) utfördes med mjukvaran Iolite (Hellstrom m.fl., 2008; Paton m.fl., 2011) på Lunds universitet, geologiska institutionen. Inför analys av den kemiska sammansättningen filterades datat för att exkludera datapunkter som motsvarade eventuell epoxy utanför otolitens kant, det vill säga kalciumvärden med ett värde av $\pm 1,25$ sd av totala medelvärdet togs

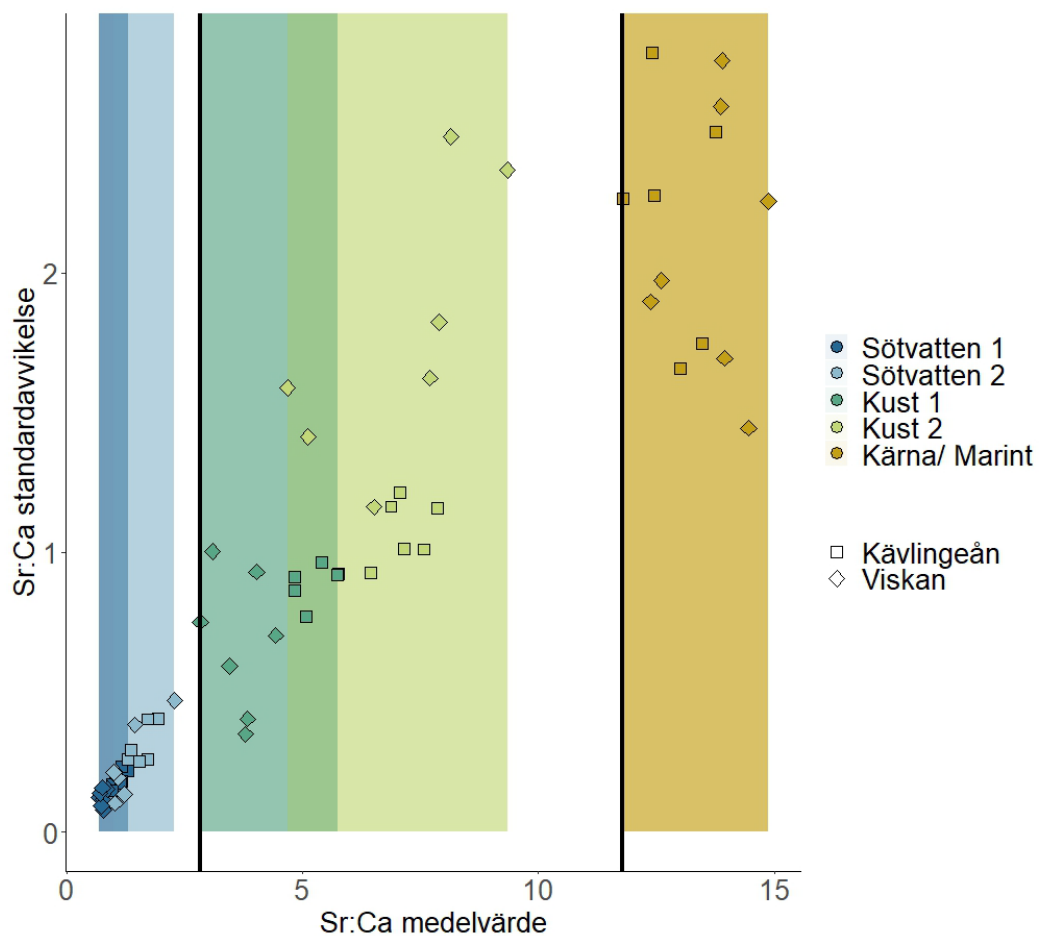
bort. Data från otolitekemianalyserna lagras på en lokal server som sköts av SLU, institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet.

All visualisering av data, beräkningar och analyser är gjorda med mjukvaran R, version 4.2.1 (R Core Team 2022). Resultat har antagits signifikanta om $p < 0,05$. För att avgöra om utsatta och naturliga rekryter skiljde sig åt i grundläggande biologiska parametrar såsom längd, vikt och ålder gjordes t-test med funktionen `t.test()` efter att ha kontrollerat gruppernas lika variation med funktionen `leveneTest()`. För analys av livshistoria och habitatval har liknande metod använts som i Denis m.fl., (2023) och Teichert m.fl., (2023), där data från referensålarna delades in i kluster med liknande Sr:Ca kvotprofiler med hjälp av funktionen `segclust()` i paketet `segclust2d` (Patin m.fl., 2020) (se exempel fig 1). Antalet klustervariationer fastställdes utifrån bayesianskt informationskriterium (BIC) till fem.



Figur 1: Exakt output från `segclust`-analys: Sr:Ca kvoten längs en transekt på otoliten indelat i 5 olika segment/kluster med liknande värden, medelvärde (horisontell linje, respektive färg) och sd (respektive färgfält) för en referensindivid från Kävlingeån (individ-id= 50014) och en referensindivid från Viskan (individ-id=49946). Index indikerar datapunkter som analyserats med LA-ICP-MS längs transekten på otoliten.

De 13 referensålarnas medelvärden av Sr:Ca för vardera av de fem olika klustervariationerna, plottades för att kunna fastställa min- och max-värden per kluster (Fig. 2, Tabell 1). Dessa kluster motsvarar fem olika Sr:Ca nivåer och därmed fem olika habitat; 1-2) två olika sötvatten, 3-4) två olika kusthabitat med brackvatten, och 5) kärnan av otoliten (då ålen befann sig i Sargassohavet, marint habitat). Utifrån referensålarnas medelvärden (Sr:Ca) bestämdes sedan gränsvärden för tre förenklade habitat; sötvatten, kust och kärna/marint (Fig. 2, Tabell 1), vilka sedan användes i livshistorieanalysen. För att avgöra om andelen ålar med olika sorters habitatval skiljde sig åt mellan utsatta och naturliga rekryter analyserades andelen med Pearsons Chi2-test med funktionen `chisq.test()`.



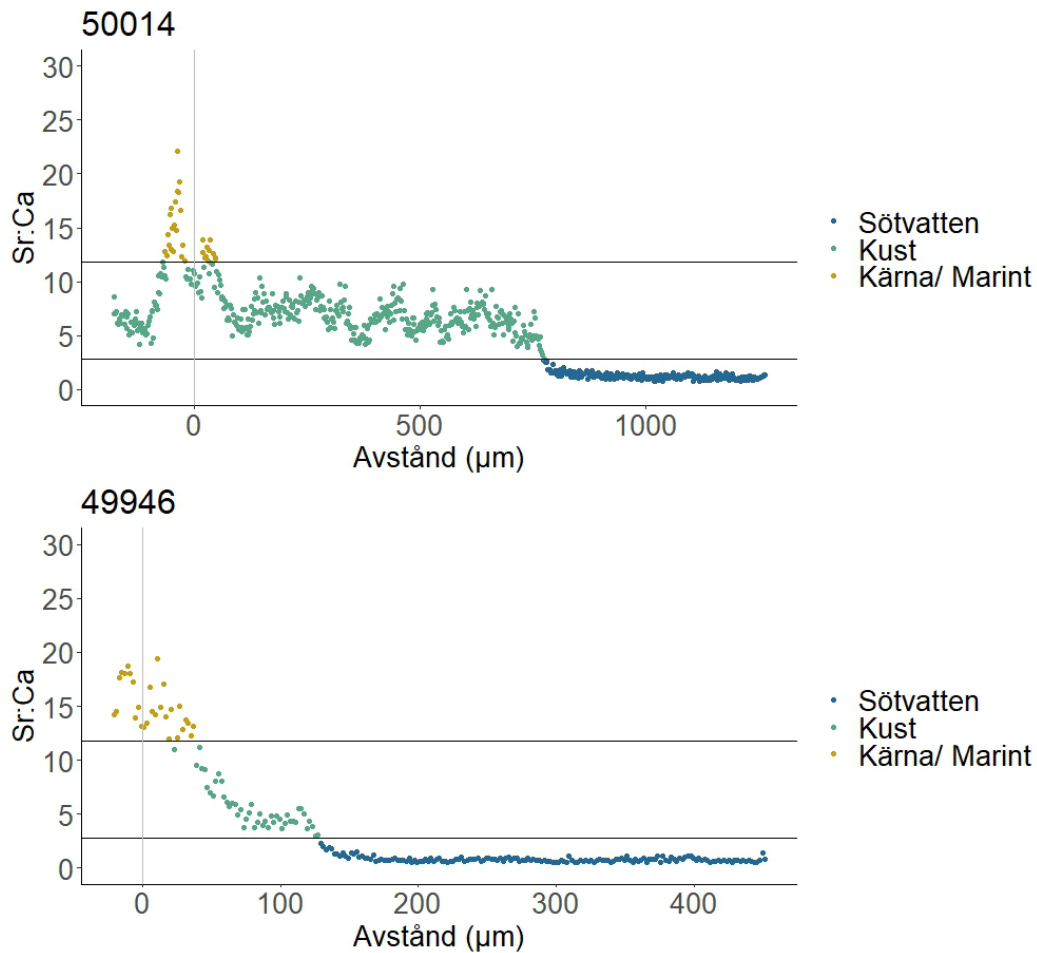
Figur 2: Medelvärden (x-axel) och standardavvikelse (y-axel) av Sr:Ca kvot för referensålar (n=13) ifrån Kävlingeån (kvadrat) och Viskan (romb) per klustervariation; sötvatten 1 (mörkblå), sötvatten 2 (ljusblå), kust 1 (grön), kust 2 (gulgrön) och kärna/marint (gul). Gränstragning för förenklade klustervariationer markerade med lodräta svarta linjer.

Tabell 1: Min- och max värden för Sr:Ca kvoten per habitat utifrån referensålarnas medelvärden (Kävlingeån och Viskan, n= 13), samt de gränsvärden använda i livshistorieanalysen av ålar från västkusten.

Habitat	Min Sr:Ca medelvärde	Max Sr:Ca medelvärde	Sr:Ca gränsvärden
Sötvatten	0,69	2,29	< 2,83
Kust	2,83	9,35	2,83 – 11,79
Kärna/ marint	11,80	14,90	> 11,79

2.4.1. Livshistorieanalys

Otolitkemin hos ålarna från området kring Orust och Tjörn analyserades längs en livshistorietranspekt på otoliten genom att Sr:Ca kvoten räknades ut, delades in i tre olika habitat utifrån de satta gränsvärdena från referensålarna, plottades och undersöktes visuellt (se exempel; fig. 4). Observera att analysen inte alltid startat vid otolitens kärna utan i vissa fall har transekten dragits så att data ingår från båda sidor om kärnan (se stycke 2.3). Avståndet längs med x-axeln är uträknat från kärnans mitt (noll). Analysen har däremot alltid avslutats i otolitens yttre kant. Eventuell Sr-märkning klassades in i kategorin kärna/marint.



Figur 3: Livshistorieanalys, längs med en transekt på otoliten, av en referensindivid från Kävlingeån (individ-id=50014) och en referensindivid från Viskan (individ-id= 49946) med avståndet i µm från kärnan (noll på x-axeln). Sr:Ca kvoten längs med transekten är indelad i tre habitat; sötvatten (mörkblå), kust (grön) och kärna/ marint (gul) och gränserna mellan de olika habitaterna är markerade med horisontella linjer.

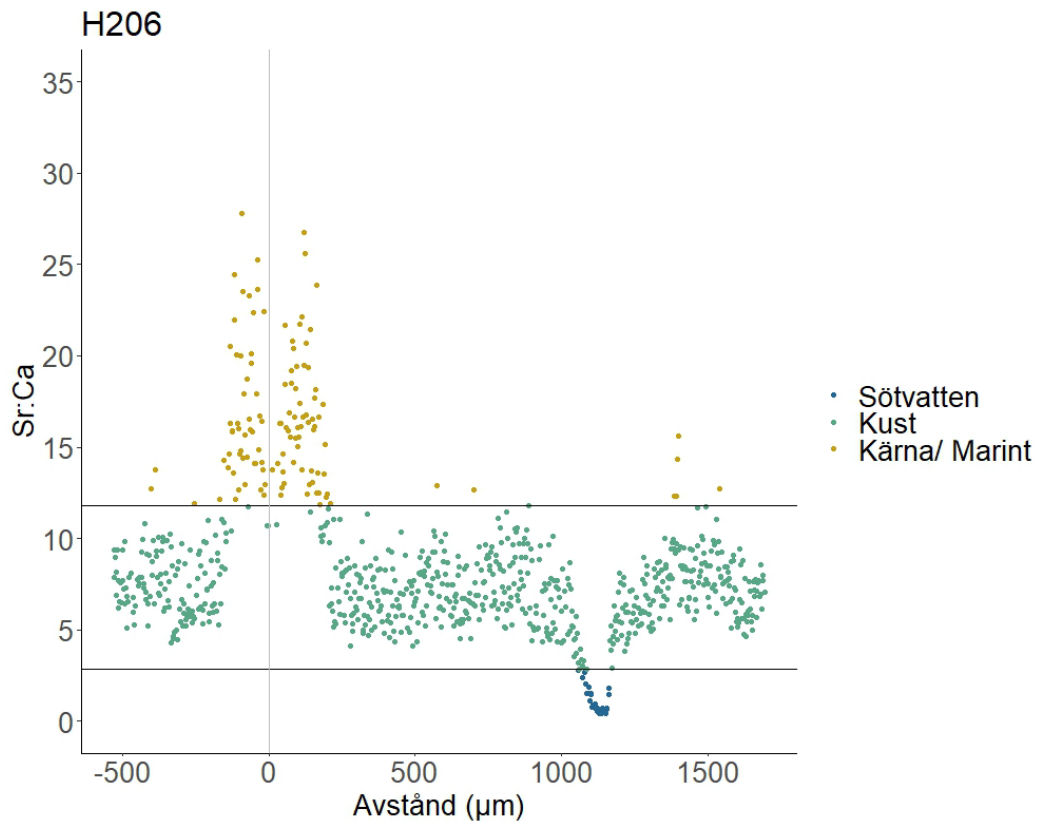
3. Resultat

3.1. Livshistorieanalys

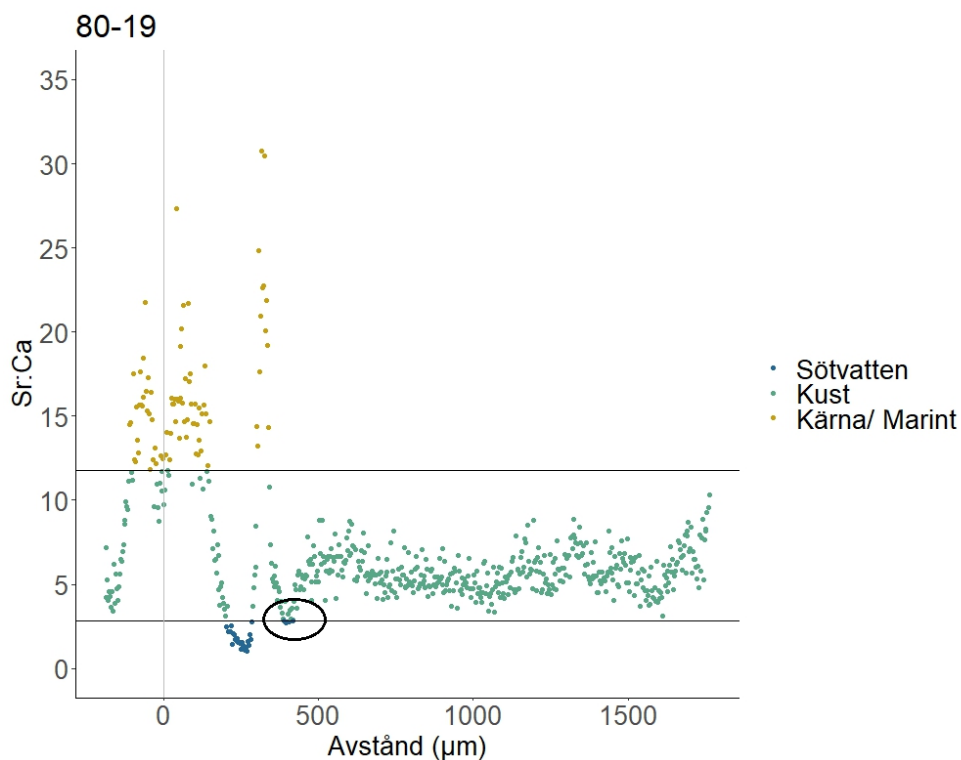
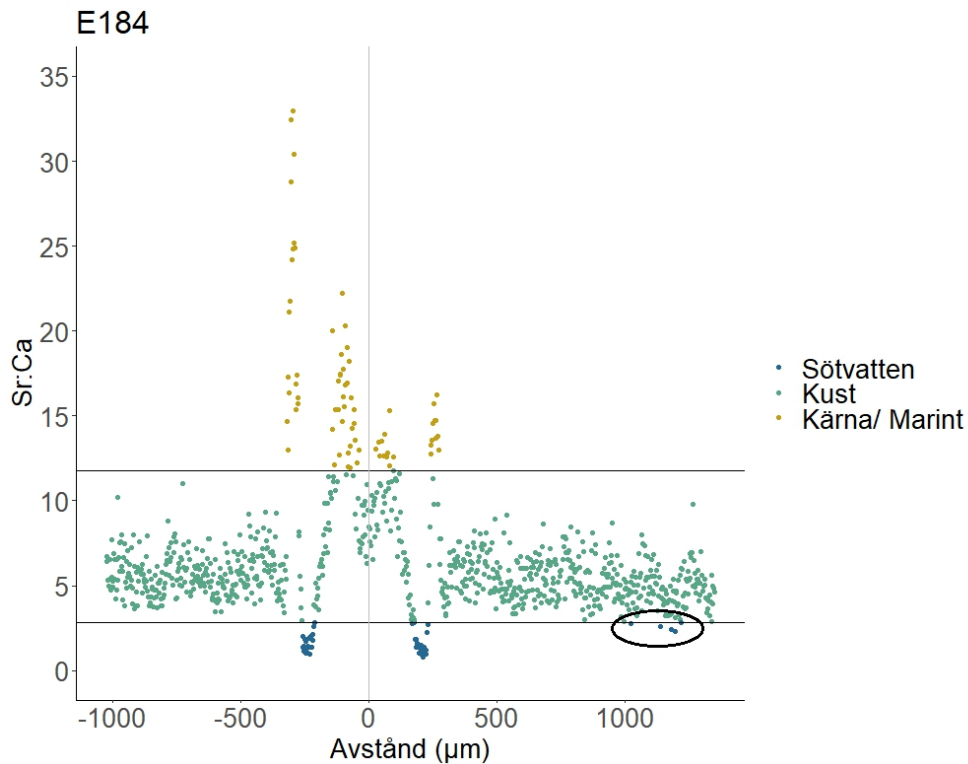
Av de totalt 171 ålar vars otolitikemi har analyserats är det endast en individ som har tillbringat en tydlig period i sötvatten under sitt liv (individ H206, fig. 4). Ytterligare sexton individer har någon eller några enstaka datapunkter motsvarande sötvatten i direkt anslutning till kärnan (n=5) eller längre ut längs med transekten (n=11) (se exempel individer 80-19 och E184, fig. 5) (Bilaga 1). Av de naturligt rekryterade (n=100) och utsatta (n=71) ålarna, som alla fångats i kustvatten, har alltså majoriteten (91 % respektive 89 %) klassats som kustresidenta (Tabell 2). Ingen statistisk skillnad kunde fastställas mellan ålar av olika ursprung (utsatt eller naturlig rekryt) med avseende på habitatval (Chi2-test, $\chi^2_{(1)} = 0,05$, $p > 0,05$).

Tabell 2: Kontingenstabell med frekvensen av rekryter som varit kustresidenta eller besökt sötvatten samt totala antalet rekryter utifrån livshistorieanalyser av ålarnas otolitikemi.

Rekryt	Kustresident (%)	Besökt sötvatten (%)	Totalt antal
Utsatt	63 (89 %)	8 (11 %)	71
Naturlig	91 (91 %)	9 (9 %)	100



Figur 4: Naturlig rekryt (individ-id = H206) som tillbringat största delen av sin livstid i marint och kustvatten (gula och gröna punkter) men även en tid i sötvatten (mörkblå punkter) enligt livshistorieanalys av Sr:Ca kvoten (y-axel) längs med en transekt på otoliten (x-axel). Avståndet längs med transekten anges i µm från kärnan (noll på x-axel).



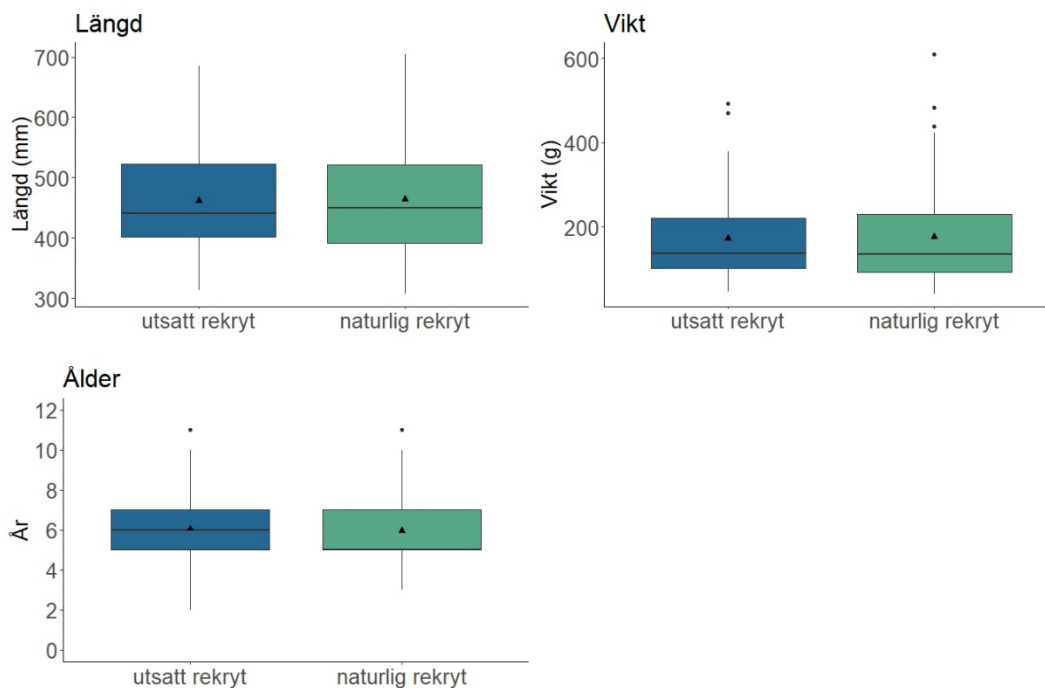
Figur 5: Utsatta rekryter med Sr-märkning utanför kärnan (gula punkter) som tillbringat största delen av sin livstid i kustvatten (gröna punkter) men även en kort tid i sötvatten (mörkblå punkter) under karantäntiden samt i två mycket korta perioder (inringade) i slutet (individ-id= E184), eller i en kort period (inringad) strax efter karantäntid och Sr-märkning (individ-id= 80-19), enligt livshistorieanalys av Sr:Ca kvoten (y-axel) längs med en transekt på otoliten (x-axel). Avståndet längs med transekten anges i μm från kärnan (noll på x-axel).

3.2. Biologiska analyser

Biologiska data för de två grupperna, utsatta och naturligt rekryterade ålar, var liknande (Tabell 3, fig 6) och skillnaden mellan grupperna var inte statistisk signifikant för varken längd (t-test: $T_{(169)} = -0,23$, $p > 0.05$) eller vikt (t-test: $T_{(169)} = -0,24$, $p > 0.05$). Inte heller ålder skilde sig statistiskt åt mellan utsatta och naturligt rekryterade ålar (t-test: $T_{(169)} = 0.23$, $p > 0.05$).

Tabell 3: Biologiska värden medel \pm sd för längd, vikt och ålder per grupp av utsatta rekryter ($n=71$) eller naturliga rekryter ($n=100$), fiskade på svenska västkusten.

Rekryter	Längd, mm (medel \pm sd)	Vikt, g (medel \pm sd)	Ålder, år (medel \pm sd)
Utsatt	461 \pm 83	171 \pm 101	6,1 \pm 1,9
Naturlig	464 \pm 93	176 \pm 117	6,0 \pm 2,1



Figur 6: Boxplottar av längd (mm), vikt (g) och ålder (år) för utsatta rekryter ($n=71$, mörkblå) och naturliga rekryter ($n=100$, gröna), fiskade på svenska västkusten. Diagrammen innehåller medianvärden (vågräta linjer i boxarna), 25-75e percentilen (boxen), värden större eller mindre än 1,5*skillnaden mellan 25-75e percentilen (lodräta linjer), extremvärden (svarta prickar) och medelvärden (trianglar) för längd, vikt respektive ålder.

4. Diskussion

Ingen skillnad i habitatval kunde konstateras mellan utsatta- och naturliga rekryter utifrån de livshistorieanalyser som gjorts i denna studie där de båda grupperna hade liknande längd, vikt och ålder. Endast en av de totalt 171 analyserade ålarna som var fångade längs den svenska västkusten mellan Orust och Tjörn hade tydligt nyttjat sötvattenshabitat under en period i livet för att sedan återvända till kustvatten. Det finns flertalet vattendrag som mynnar ut på kusten i närheten av Orust och Tjörn, varav vissa har vandringshinder som hindrar ålens vidare vandring uppströms, vilket skulle ha kunnat orsaka att ålen återvände till kusten. Skillnaden mellan den ålen och de övriga sexton ålar som även de uppvisat någon/några enstaka datapunkter motsvarande sötvattenssignal, är dels fler datapunkter men även att datapunkterna låg längre från gränsvärdet mellan sött- och kustvatten. Det innebär inte att de sexton ålarna inte kan ha befunnit sig i ett sötvattenshabitat. Perioden de har varit där kan ha varit kort och därmed har inte förändringen i Sr:Ca blivit tydlig nog för att detekteras mer än i någon enstaka punkt. För de ålar där sötvattenssignalen låg strax efter kärnan eller Sr-märkningen (fem av sexton, naturliga och utsatta rekryter), skulle det kunna handla om att individerna vandrat direkt upp i sötvatten efter att de anlät till kusten eller blivit utsatta i sötvatten i närheten av kusten, men därefter omedelbart vandrat ut till kustvatten. Ett annat alternativ är att dessa ålar befunnit sig vid en åmynning/estuarie som tillfälligt påverkats av ökad sötvattentillförsel vilket är mer troligt med tanke på att dessa enstaka sötvattenspunkter ligger precis på gränsen för att klassas in i detta habitat. För de övriga elva ålarna, vars enstaka sötvattenssignaler har uppstått i mitten eller i slutet av otolitens tillväxt, har det skett vid en högre ålder än de tidigare nämnda ålarna. Eventuellt kan det handla om ett liknande beteende som observerats hos amerikanska ålar (*Anguilla rostrata*) där individer nyttjat sötvatten som övervintringshabitat men vandrat ut till brackvatten sommartid för att optimera tillväxt (Pratt m.fl., 2014). Att inte sötvattenssignalen blivit starkare skulle i så fall kunna förklaras av en lägre metabolism under vinterns dvala och att det då bildas väldigt lite otolitmaterial, vilket försvårar detekteringen av sötvattenssignalen. Vidare analys av andra ämnen i otoliten skulle möjligen kunna ge svar på under vilken årstid dessa lägre Sr:Ca halter inkorporerats, men detta har inte undersökts i denna studie.

I denna studie finner vi ingen tydlig skillnad mellan utsatta- och naturliga rekryters habitatval. Med stor sannolikhet har ålarna med ett utsatt ursprung som fångats i kustvatten också blivit utsatta i kustvatten. Tidigare studier har inte heller kunnat konstatera några skillnader i kondition mellan utsatta- och naturliga rekryter i detta område (Myrenås, 2024). Sammantaget tyder resultaten av den här och tidigare studier på att utsättningar i öppna kusthabitat kan vara ett effektivt förvaltningsalternativ för att öka mängden ål lokalt på Sveriges västkust. Huruvida resultaten blivit annorlunda om även ålar fångade i sötvatten hade inkluderats i den här studien är oklart och framtida forskning får avgöra om det inte heller där är någon skillnad mellan ålar med olika ursprung. Det återstår även andra kunskapsluckor kring utsättning av ål såsom till exempel smittspridning, täthetsberoende, morfologiska förändringar, påverkad könsfördelning och överlevnad i naturliga habitat jämfört med naturliga rekryters anpassningsförmåga (De Meyer m. fl., 2020; Righton m. fl., 2021; Froehlicher m. fl., 2023). Frågan om hur många utsatta ålar som överlever i det mottagande området jämfört med om de varit kvar i det donerande området behöver få ett svar för att verkligen kunna avgöra om utsättningar av ål är en effektiv förvaltningsåtgärd.

5. Referenser

- Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., Bizzi, S., Börger, L., Segura, G., ... & Zalewski, M. (2020). More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature*, 588(7838), 436-441. <https://doi.org/10.1038/s41586-0203005-2>
- Blankenship, H. L., & Leber, K. M. (1995). A responsible approach to marine stock enhancement. In *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 15, No. 167475, pp. 167-175).
- Bryhn, A. C., Lundström, K., Johansson, A., Ragnarsson Stabo, H., Svedäng, H. (2017). A continuous involvement of stakeholders promotes the ecosystem approach to fisheries in the 8-fjords area on the Swedish west coast. *ICES Journal of Marine Science*, 74(1),431-442. <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsw217>.
- Campana, S. E. (1999). Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine ecology progress series*, 188, 263-297.
- Dekker, W. (2003a). On the distribution of the European eel (*Anguilla anguilla*) and its fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(7), 787-799.
- Dekker, W. (2003b). Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?. *Fisheries Management and ecology*, 10(6), 365-376.
- Dekker, W., & Beaulaton, L. (2016). Faire mieux que la nature? The History of Eel Restocking in Europe. *Environment and History*, 22(2), 255-300. <https://doi.org/10.3197/096734016X14574329314407>
- De Meyer, J., Verhelst, P., & Adriaens, D. (2020). Saving the European eel: how morphological research can help in effective conservation management. *Integrative and comparative biology*, 60(2), 467-475. <https://doi.org/10.1093/icb/icaa004>
- Denis, J., Mahé, K., Tabouret, H., Rabhi, K., Boutin, K., Diop, M., & Amara, R. (2023). Relationship between habitat use and individual condition of European eel (*Anguilla anguilla*) in six estuaries of the eastern English Channel (North-eastern Atlantic ocean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 291, 108446. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108446>
- Enbody, E. D., Pettersson, M. E., Sprehn, C. G., Palm, S., Wickström, H., & Andersson, L. (2021). Ecological adaptation in European eels is based on phenotypic plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(4), e2022620118.
- Froehlicher, H., Kaifu, K., Rambonilaza, T., & Daverat, F. (2023). Eel translocation from a conservation perspective: a coupled systematic and narrative review. *Global Ecology and Conservation*, e02635. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02635>
- Förvaltningsplan för år Jo2008/3901. Jordbruksdepartementet, Bilaga till regeringsbeslut 2008-12-11 Nr 21.
- Gyllenborg, J. G., 1770. *Stor afhandling om Insjö-Fisket i Swea Riket Med dertil bifogade Tabeller*. Wennberg & Nordström, Stockholm, 1770
- Hellstrom, J., Paton, C., Woodhead, J., & Hergt, J. (2008). Iolite: software for spatially resolved LA-(quad and MC) ICPMS analysis. *Mineralogical Association of Canada short course series*, 40, 343-348.

- Hüssy, K., Limburg, K. E., de Pontual, H., Thomas, O. R. B., Cook, P. K., Heimbrand, Y., ... Sturrock, A. M. (2020). Trace Element Patterns in Otoliths: The Role of Biomineralization. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), 445–477.
<https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1760204>
- ICES (2010). Report of the 2010 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL). 9–14 September 2010, Hamburg, Germany. EIFAC Occasional Paper No. 47. ICES CM 2010/ACOM:18.
- ICES (2020). Third Workshop on Age Reading of European and American Eel (WKAREA3) ICES Scientific Reports. 2:84. 34 pp.
<http://doi.org/10.17895/ices.pub.7483>
- ICES (2022). Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). ICES Scientific Reports. Report.
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.20418840.v1>
- Krafttag ål (2018). Krafttag ål 2015-2017, Åtgärder och forskning. Energiforsk rapport 2018:504. ISBN 978-91-7673-504-6
- Limburg, K. E., Wickstrom, H., Svedang, H., Elfman, M., & Kristiansson, P. (2003). Do stocked freshwater eels migrate? Evidence from the Baltic suggests "yes". In *American Fisheries Society Symposium* (pp. 275-284). American Fisheries Society.
- Jéhannet, P., Heinsbroek, L. T., Swinkels, W., & Palstra, A. P. (2024). Recent insights into egg quality and larval vitality of the European EEL *anguilla* *anguilla*. *General and Comparative Endocrinology*, 114531.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114531>
- Lorenzen, K. (2014). Understanding and managing enhancements: why fisheries scientists should care. *Journal of Fish Biology*, 85(6), 1807-1829.
<https://doi.org/10.1111/jfb.12573>
- Miller, M. J., Westerberg, H., Sparholt, H., Wysujack, K., Sørensen, S. R., Marohn, L., ... & Hanel, R. (2019). Spawning by the European eel across 2000 km of the Sargasso Sea. *Biology Letters*, 15(4), 20180835.
- Myrenås, E. (2024). Utvärdering av ålyngelutsättning; en uppdatering av svenska väst- och sydkustområden. *Aqua notes* 2024:1. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.1qef0n15mq>
- Myrenås, E. & Jacobson, P. (2024). Utvärdering av ålyngelutsättningar i Mälaren och Ymsen. *Aqua notes* 2024:4. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.
<https://doi.org/10.54612/a.senksngfup>
- Palm, S., Dannewitz, J., Prestegaard, T., & Wickström, H. (2009). Panmixia in European eel revisited: no genetic difference between maturing adults from southern and northern Europe. *Heredity*, 103(1), 82-89.
- Palstra, A. P., Jéhannet, P., Swinkels, W., Heinsbroek, L. T. N., Lokman, P. M., Vesala, S., ... & Saukkonen, S. (2020). First observation of a spontaneously matured female European eel (*Anguilla anguilla*). *Scientific Reports*, 10(1), 2339.
- Pannella, G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173(4002), 1124–1127. doi: 10.1126/science.173.4002.112
- Patin, R., Etienne, P. M, Lebarbier, E., Chamaille-Jammes, S., Benhamou & S. (2020). Identifying stationary phases in multivariate time series for highlighting behavioural modes and home range settlements. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 44-56. doi:10.1111/1365-2656.13105

- Patin, R., Etienne, P. M, Lebarbier, E., Chamaille-Jammes, S., Benhamou & S. (2020). Identifying stationary phases in multivariate time series for highlighting behavioural modes and home range settlements. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 44-56. doi:10.1111/1365-2656.13105
- Paton, C., Hellstrom, J., Paul, B., Woodhead, J., & Hergt, J. (2011). Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26(12), 2508-2518. DOI: 10.1039/C1JA10172B
- Pike, C., Crook, V. & Gollock, M. (2020). *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T60344A152845178. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T60344A152845178.en>. Accessed on 02 August 2024.
- Popper, A. N., Ramcharitar, J., & Campana, S. E. (2005). Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and freshwater Research*, 56(5), 497–504. <https://doi.org/10.1071/MF04267>
- Pratt, T. C., Bradford, R. G., Cairns, D. K., Castonguay, M., Chaput, G., Clarke, K. D., & Mathers, A. (2014). Recovery potential assessment for the American eel (*Anguilla rostrata*) in eastern Canada: functional description of habitat. Ottawa, ON: Canadian Science Advisory Secretariat.
- Righton, D., Piper, A., Aarestrup, K., Amilhat, E., Belpaire, C., Casselman, J., ... & Gollock, M. (2021). Important questions to progress science and sustainable management of anguillid eels. *Fish and Fisheries*, 22(4), 762-788.
- Rohtla, M., Silm, M., Tulonen, J., Paiste, P., Wickström, H., Kielman-Schmitt, M., ... & Vetemaa, M. (2021). Conservation restocking of the imperilled European eel does not necessarily equal conservation. *ICES Journal of Marine Science*, 78(1), 101-111. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa196>
- Rådets förordning (EG) nr 1100/2007. Council Regulation (EC) No. 1100/2007 of 18 september 2007, Establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Official Journal of the European Union L 248/17.
- Schmidt, J. 1909. On the distribution of the freshwater eels (*Anguilla*) throughout the world. I. Atlantic Ocean and adjacent region. *Meddr. Kommn Havunders. Ser. Fisk.* 3: 1–45.
- Schmidt, J. (1923). The breeding places of the eel. *Philos Trans R Soc Lond* 211: 179–208
- Secor, D. H., & Rooker, J. R. (2000). Is otolith strontium a useful scalar of life cycles in estuarine fishes?. *Fisheries Research*, 46(1-3), 359-371.
- Shiao, J. C., Ložys, L., Iizuka, Y., & Tzeng, W. N. (2006). Migratory patterns and contribution of stocking to the population of European eel in Lithuanian waters as indicated by otolith Sr: Ca ratios. *Journal of Fish Biology*, 69(3), 749-769.
- 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.
- Teichert, N., Bourillon, B., Suzuki, K., Acou, A., Carpentier, A., Kuroki, M., ... & Feunteun, E. (2023). Biogeographical snapshot of life-history traits of European silver eels: insights from otolith microchemistry. *Aquatic Sciences*, 85(2), 39. <https://doi.org/10.1007/s00027-023-00940-4>
- Trybom, F., (1881). Om s. k. ålvinner vid Elfkarleby och plantering af ålyngel. *Kongl. Landtbruks-akademiens Handlingar och Tidskrift.*, No 3, 1881.

- Tzeng, W. N., Severin, K. P., & Wickström, H. (1997). Use of otolith microchemistry to investigate the environmental history of European eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series*, 149, 73-81.
- van Gemert, R., Holliland, P., Karlsson, K., Sjöberg, N., Säterberg, T. (2024). Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2024; Fifth post-evaluation of the Swedish eel management. *Aqua reports 2024:5*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), <https://doi.org/10.54612/a.4iseib7eup>
- Wickström, H., & Sjöberg, N. B. (2014). Traceability of stocked eels—the Swedish approach. *Ecology of Freshwater Fish*, 23(1), 33-39. <https://doi.org/10.1111/eff.12053>
- Wright, R.M., Piper, A.T., Aarestrup, K. et al. First direct evidence of adult European eels migrating to their breeding place in the Sargasso Sea. *Sci Rep* 12, 15362 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19248-8>

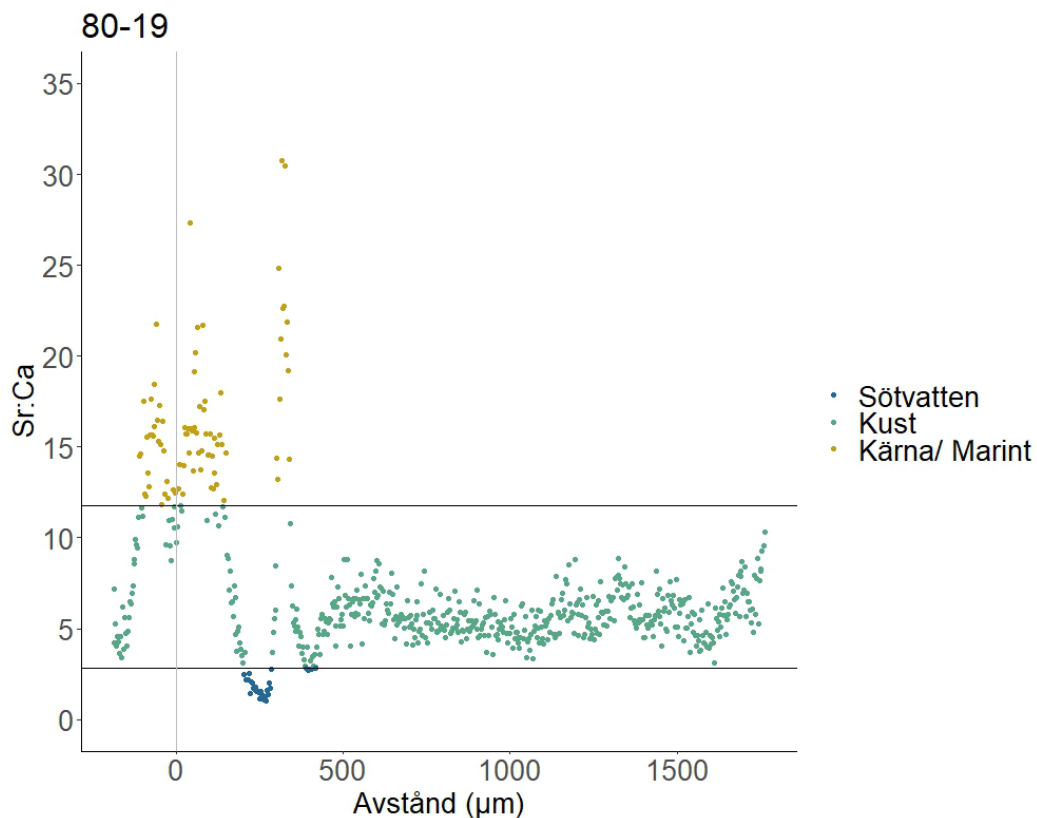
6. Tack

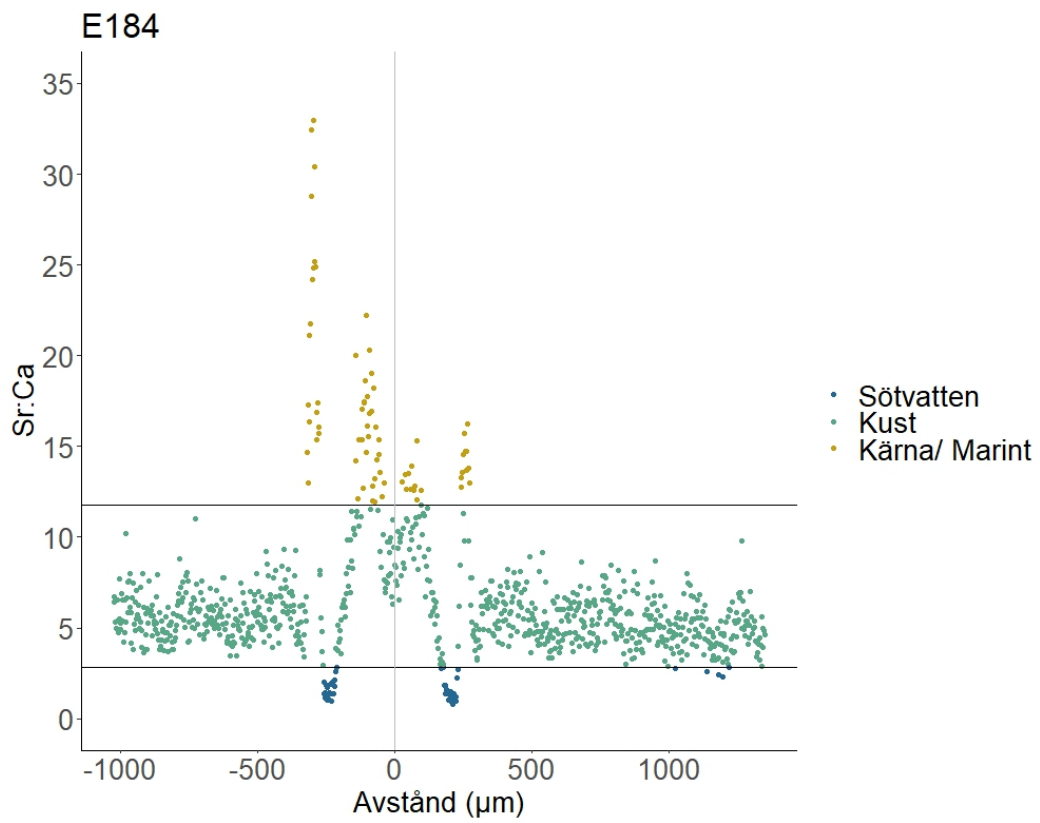
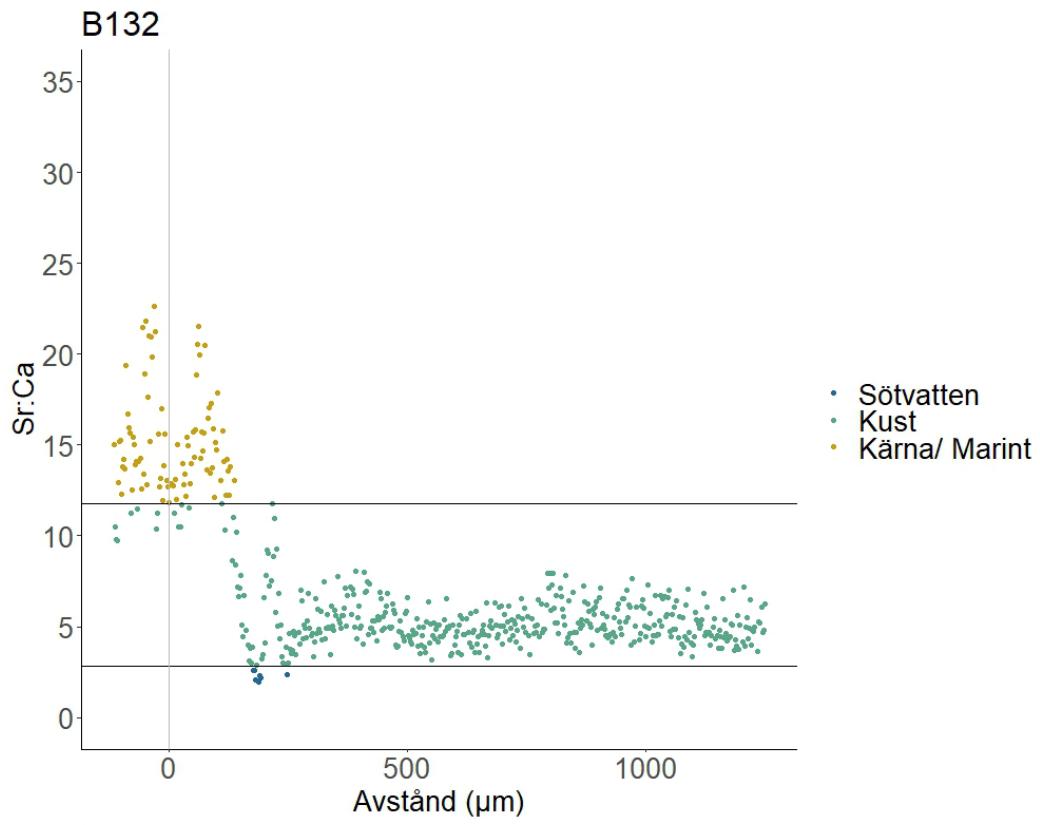
Stort tack till all personal på SLU Aqua som har utfört provfisken, dissektioner och övrig datahantering under årens gång samt granskare av rapporten.

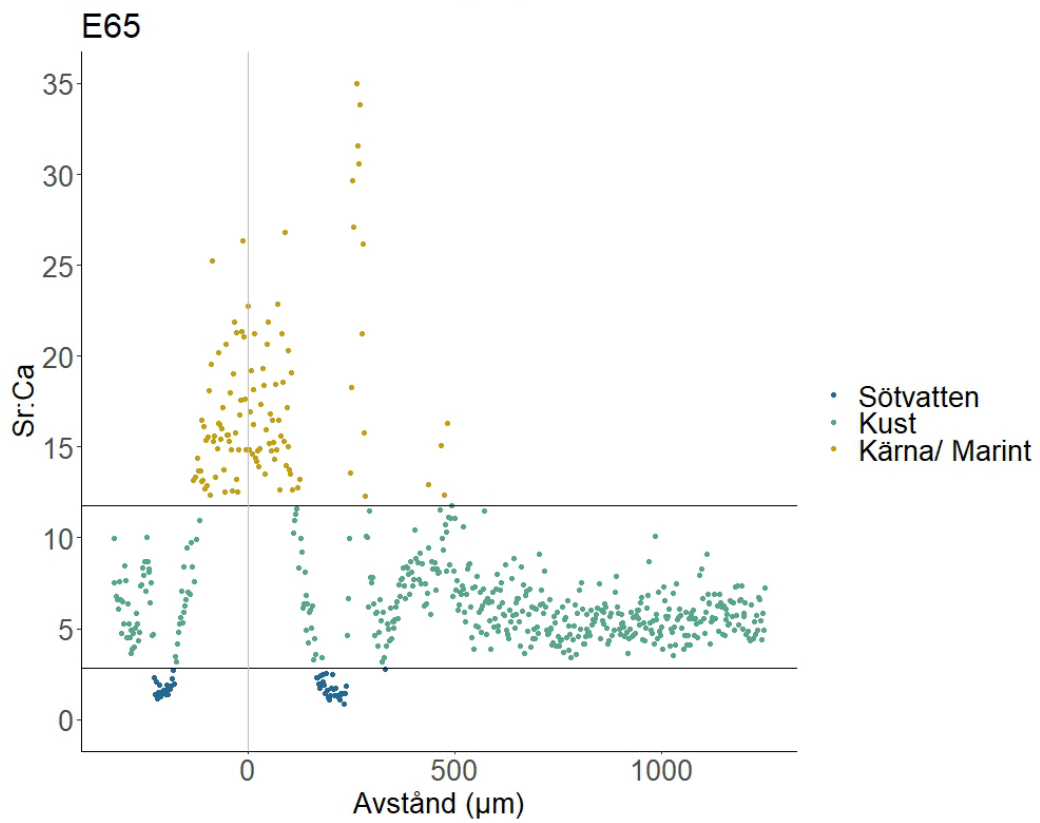
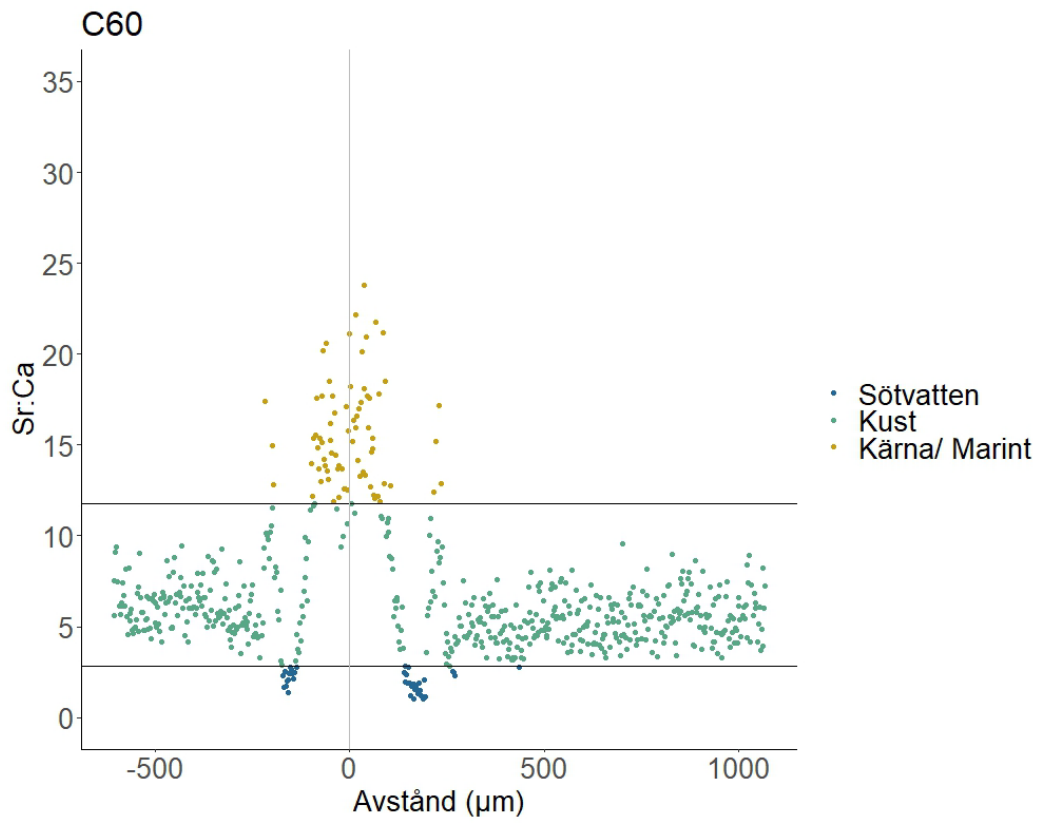
Bilaga 1

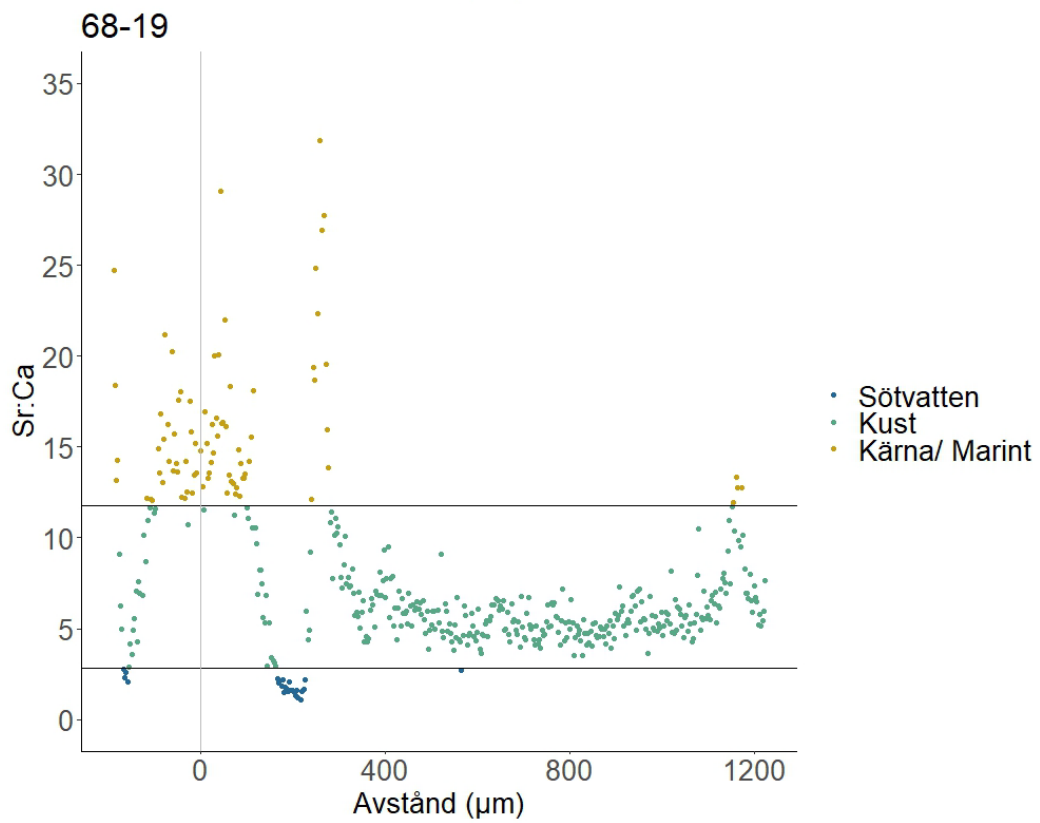
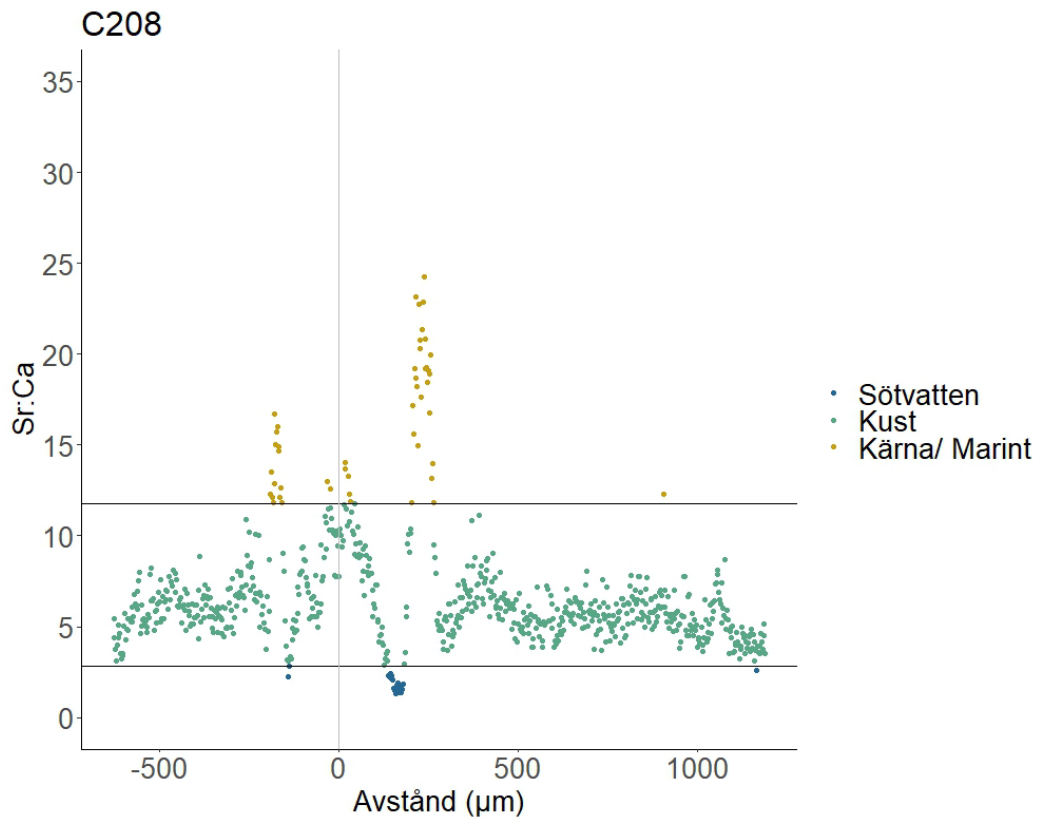
Utsatta rekryter med sötvattensignal

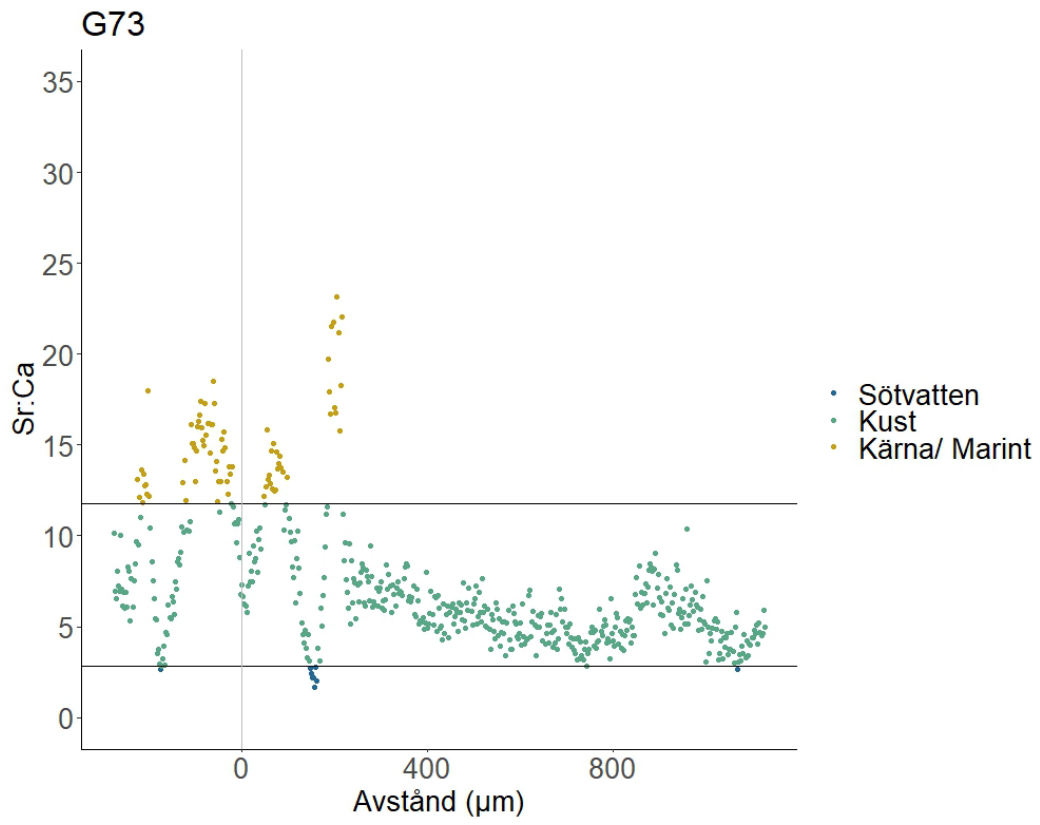
Figureerna visar livshistorieanalys av Sr:Ca kvoten (y-axel) längs med en transekt på otoliten (x-axel) med avståndet i μm från kärnan (noll på x-axeln). Sr:Ca kvoten längs med transekten är indelad i tre habitat; sötvatten (mörkblå), kust (grön) och kärna/ marint (gul) och gränserna mellan de olika habitatet är markerade med horisontella linjer. En Sr-märkning syns som en topp i Sr:Ca utanför kärnan (gula punkter). Ålarna har tillbringat största delen av sin livstid i kustvatten (gröna punkter) men även en kort tid i sötvatten (mörkblå punkter) under karantäntiden samt i en eller flera korta perioder i livet.











Naturliga rekryter med sötvattenssignal

Figureerna visar livshistorieanalys av Sr:Ca kvoten (y-axel) längs med en transekt på otoliten (x-axel) med avståndet i μm från kärnan (noll på x-axel). Sr:Ca kvoten längs med transekten är indelad i tre habitat; sötvatten (mörkblå), kust (grön) och kärna/ marint (gul) och gränserna mellan de olika habitatet är markerade med horisontella linjer. Ålarna har tillbringat största delen av sin livstid i kustvatten (gröna punkter) men även en kort tid i sötvatten (mörkblå punkter) i en eller flera korta perioder i livet.

