



# Aqua notes 2024:9

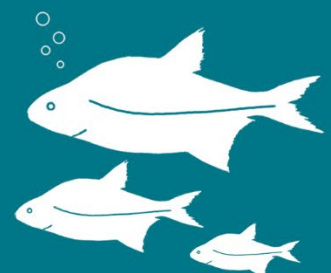
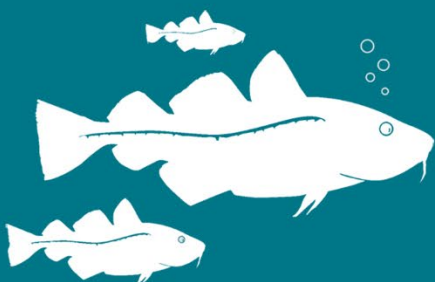
## Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

– Årsrapport för 2023

---

William Jaktén Langert, Jonathan Sjöholm, Filip Käll

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för akvatiska resurser



## Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk – Årsrapport för 2023

William Jaktén Langert, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Jonathan Sjöholm, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Filip Käll, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

### Rapportens innehåll har granskats av:

Anna Lingman, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Fredrik Franzén, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

**Finansiär:** Ringhals AB

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

<b>Rekommenderad citering:</b>	Jaktén Langert W., Sjöholm J. & Käll F. (2024). Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk – Årsrapport för 2023. Aqua notes 2024:9. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. <a href="https://doi.org/10.54612/a.70fs8gu2l3">https://doi.org/10.54612/a.70fs8gu2l3</a>
<b>Publikationsansvarig:</b>	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Redaktör:</b>	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivningsår:</b>	2024
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Illustration framsida:</b>	Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Aqua notes
<b>Delnummer i serien:</b>	2024:9
<b>ISBN (elektronisk version):</b>	978-91-8046-731-5
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.54612/a.70fs8gu2l3">https://doi.org/10.54612/a.70fs8gu2l3</a>
<b>Nyckelord:</b>	Recipientkontroll, Ringhals kärnkraftverk, miljöövervakning

## Sammanfattning

Ringhals kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. På grund av intag och utsläpp av havsvatten som kyler processen i kraftverket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i ett biologiskt recipientkontrollprogram. Föreliggande årsrapport presenterar resultat av undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2023. Fokus i årsrapporten ligger på samhället av fisk och skaldjur, förluster av ägg, larver och yngel i kylvattenvägarna samt förekomsten av främmande arter.

I kylvattenintaget utförs varje vår två olika provtagningar för att övervaka förlusterna av olika fiskstadier i kraftverket: En provtagning av fiskägg och fisklarver med en bongohäv samt en provtagning av yngel och juvenil fisk med en modifierad Isaac-Kiddtrål. I ägg- och larvprovtagningen 2023 var de vanligaste förekommande fiskäggen små plattfiskägg (skrubbs- och sandskädda) och de vanligaste fisklarverna sandskädda och skrubbskädda. Provtagningen i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel är till stor del fokuserad på fångsterna av glasål (*Anguilla anguilla*). Fångsterna med Isaac-Kiddtrålen 2023 dominerades av klarbult följd av sillyngel, tobisyngel och glasål.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga provfisken med ryssjor på tre lokaler: recipientområdet vid Ringhals som direkt påverkas av kylvattnet, ett område vid Norra Horta som är delvis påverkat av kylvattnet och ett referensområde vid Vendelsö som är opåverkat av kylvatten. Provfisket genomförs två gånger per år, under april och augusti. För 2023 var skärsnultra generellt den överlägset vanligaste fiskarten vid provfisket på samtliga fiskade lokaler, förutom i referensområdet under april där torsk var vanligast. Mest skärsnultra fångades vid Norra Horta. Generellt sett var arter som föredrar varmare vatten vanligare i recipientområdet och arter som föredrar kallare vatten vanligare i referensområdet. Totalfångsten av strandkrabba var stor på samtliga lokaler under båda fiskeperioderna, med de största fångsterna i recipientområdet i augusti.

Området kring renshusledningens utlopp undersöktes med ROV (*Remotely Operated Vehicle*) för att visuellt inspektera påverkan på botten. Utsläpp och sedimentation av skaldelar från musslor och krabbor har i år, liksom förra året, minskat till följd av relativt lågt kylvattenflöde.

För att undersöka eventuell förekomst av invasiva främmande arter genomfördes en dykkartering i tre områden: recipientområdet vid Ringhals, Norra Horta och Vendelsö. Sammantaget för de tre områdena observerades fem invasiva främmande arter av alger (rödsvansing, japantofs, japanplym, hamndun och brunalgen, japansk sargassotång) samt en främmande djurart (stillahavsstron). Utöver dykkarteringen efter invasiva arter så hittades även den invasiva asiatisk blåskrabban under provfisket i april. Samtliga främmande arter är kända på svenska västkusten sedan tidigare.

## Summary

Ringhals nuclear power plant is one of Sweden's main producers of electricity. Due to intake and discharge of seawater that cools the process in the power plant, there is an impact on the surrounding coastal environment. This impact is monitored and analysed in a biological recipient control program. This annual report presents the result of the surveys within the control program for 2023. It focuses on the communities of fish and crustaceans, losses of eggs, larvae and fry in the cooling waterways as well as the presence of alien species.

During spring, two types of annual sampling were carried out in the intake channel for cooling water, to monitor the losses of different life stages of fish in the power plant. A bongo net was used to monitor eggs and larvae, where eggs from small flatfish (European flounder and common dab) and larvae from common dab and European flounder were found to be the most common during 2023. Sampling in the cooling water intake after juvenile fish and fry is largely focused on the catches of glass eels (*Anguilla anguilla*) and is carried out using a modified Isaac-Kidd-trawl. Transparent goby dominated catches, followed by herring fry, sand lance fry and glass eels.

The effect of the release of cooling water into the sea is monitored by yearly fyke net surveys in three locations: The recipient area of Ringhals, directly affected by the cooling water, Vendelsö, used as a reference area unaffected by cooling water, and Norra Horta, which is partly affected. To include seasonal variations in water temperature, two surveys were conducted, one in April and one in August. In 2023, by far the most common species caught in the survey fishing was corkwing wrasse, except for in the reference area, where cod was most common in April. In general, the occurrence of warm-water species was higher in the recipient area and the occurrence of cold-water species was higher in the reference area. The total catch of shore crab was quite high in all places and fishing periods, with the largest catches in the recipient area in August.

The area around the outlet of the water sifting stations exhaust pipe was examined with ROV (Remotely Operated Vehicle) to visually inspect any impact on the sea floor. Discharge and sedimentation of shell parts of mussels and crabs continues to decrease this year, similar to last year, as a result of lower cooling water flow.

To investigate the presence of marine invasive alien species, a scuba diving survey was conducted in three locations: The recipient area of Ringhals, Norra Horta and Vendelsö. Five species of algae alien to the west coast were found during the survey (*Bonnemaisonia hamifera*, *Dasya baillouviana*, *Dasysiphonia japonica*, *Aglaothamnion halliae*, and *Sargassum muticum*), as well as one alien animal species, the pacific oyster (*Magellana gigas*). Additionally, the invasive Asian shore crab was found during April in the fyke net survey. All species have previously been observed along the Swedish west coast.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Kontrollprogram och metodik</b> .....	<b>11</b>
3.1.    Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna .....	11
3.1.1.    Håvning med bongohåv efter fiskägg och fisklarver .....	11
3.1.2.    Håvning med Isaac-Kiddyngeltrål .....	11
3.2.    Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten .....	12
3.2.1.    Provfiske med ryssjor .....	12
3.3.    Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation .....	12
3.4.    Kontroll av förekomsten av främmande arter .....	13
<b>4. Resultat</b> .....	<b>15</b>
4.1.    Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna .....	15
4.1.1.    Håvning med bongohåv efter fiskägg och fisklarver .....	15
4.1.2.    Håvning med Isaac-Kiddyngeltrål .....	18
4.2.    Förekomst av fisk kylvattenrecipienten .....	21
4.2.1.    Provfiske med ryssjor .....	21
4.2.2.    Sjukdomar .....	27
4.3.    Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation .....	27
4.4.    Kontroll av förekomsten av främmande arter i recipient.....	28
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>31</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>34</b>

# 1. Inledning

Kärnkraftverk vid kusten påverkar marina ekosystem, främst genom sin användning av kylvatten (Pan et al. 2018). Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Ringhals kärnkraftverk 2023 med fokus på det marina samhället av fisk och skaldjur. Undersökningarna i området har pågått sedan 1976 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet av fisk i kylvattenintaget och effekter på fisk i recipienten. Undersökningarna jämförs med referensområdet vid det opåverkade området Vendelsö och med det, av varmvattenutsläpp, delvis påverkade området Norra Horta. Resultaten presenteras i årliga rapporter (exempelvis Käll, F. et al. 2023). Fördjupade analyser av kylvattenhanteringens effekter på kringliggande vattenmiljö över en längre tidsperiod utförs efter avrop från Ringhals AB (exempelvis Andersson et al. 2015) och kan leda till förändringar i kontrollprogrammet. För genomförande av det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska, Kustlaboratoriet (SLU Aqua). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2023 års undersökningar genomförda enligt Ringhals biologiska kontrollprogram.

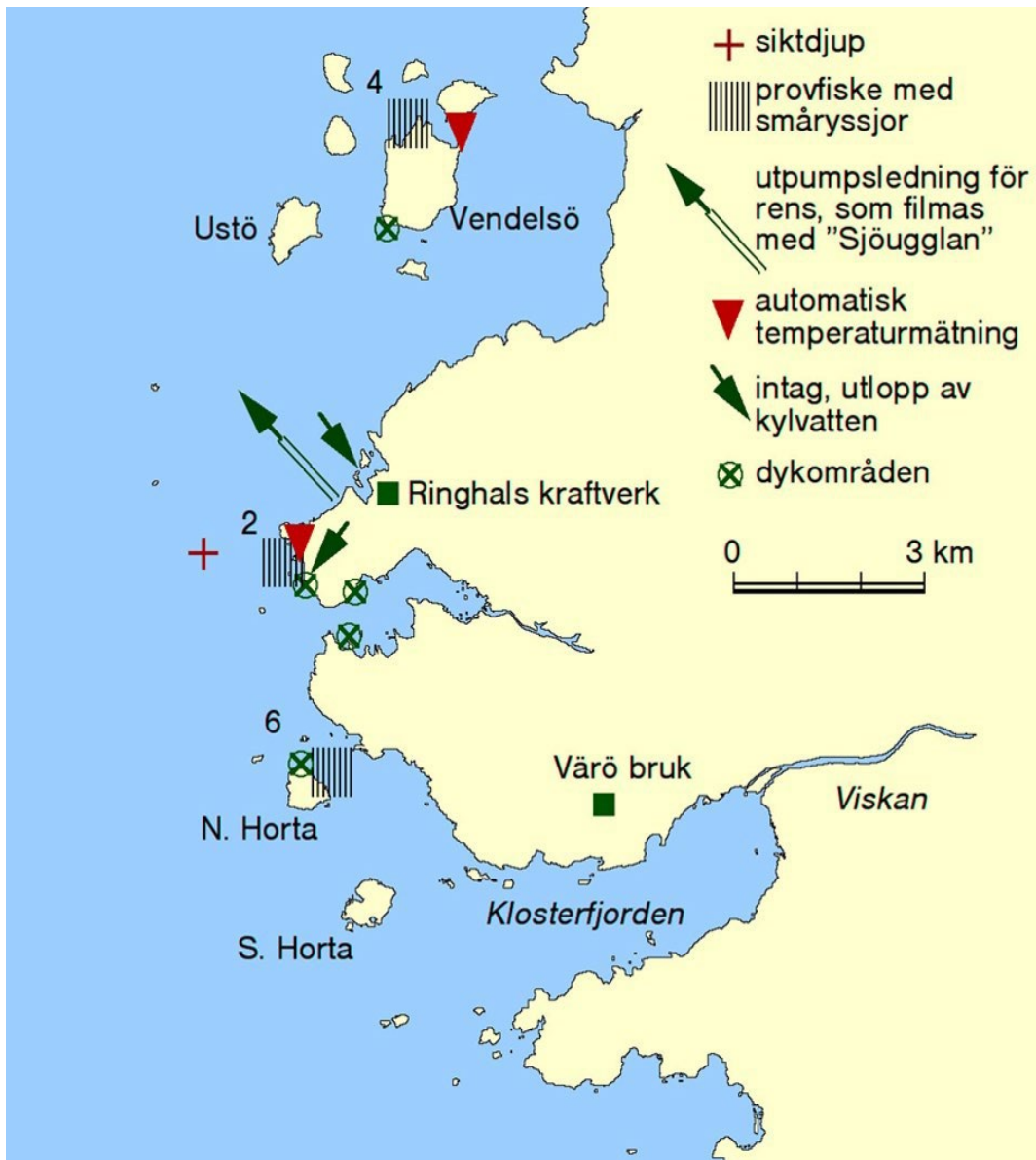
Kraftverkets påverkan har tidigare setts ge effekt av en ökad dödlighet hos de ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i kraftverkets silstationer. Även förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion har visats, samt etablering av invasiva främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson et al. 2015).

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk medför en risk för påverkan på det marina ekosystemet (Jan et al. 2001; Teixeira et al. 2009; Pan et al., 2018) eftersom många marina fisk- och skaldjursarter är temperaturkänsliga (Kordas et al. 2011; se även litteratursammanställning i Thome et al. 2017). Kylvattenutsläpp kan även förändra artsammansättningen hos växtplankton och i den övriga födoväven (Xu et al., 2021). En uppvärmning av området kan alltså påverka både artsammansättningen och förekomsten av specifika arter. För att skatta effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs årligen fiskeundersökningar i april månad, då havsvattnet är naturligt kallare, och i augusti

månad, då havsvattnet är naturligt varmare. Anledningen till att fisket delades upp i två fiskeperioder är att kunna inkludera en större del av årstidsvariationerna i temperatur och abundans av fisk och skaldjur. Fisket genomförs i ett kustområde i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp, samt i ett referensområde. Referensområdet, Vendelsö, ligger sju kilometer nordost om utsläppets mynning, och bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (figur 1). Referensområden används för att kunna urskilja förändringar beroende på kärnkraftverkets drift, jämfört med förändringar på grund av externa faktorer, som klimat, salthalt eller andra mänskliga påverkansfaktorer utöver kraftverket. Från augusti 2011 tillkom ännu ett fiskeområde tre kilometer från utsläppsområdet, vid kusten utanför Norra Horta. Detta område bedöms vara delvis påverkat av kylvattenutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar.

Intaget av kylvatten från strandområdet påverkar också fisksamhället vid Ringhals kraftverk. Från lekområden ute till havs transporteras varje år fiskägg, fisklarver och juvenil fisk in till uppväxtområden vid kusten. De fiskägg, fisklarver och juvenila fiskar som passerar intagskanalen när kärnkraftverket är i drift sugas med kylvattnet in i kraftverket, där majoriteten dör. Ett viktigt undantag är glasålen som beräknas ha en överlevnad på cirka 85 procent (Bryhn et al. 2014). Det årliga bortfallet kan orsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen hävningar efter ägg, larver och juvenil fisk i intagskanalerna till kraftverket med två olika trålredskap (Grimås et al. 1988): en trål fokuserar på ägg och små larver, medan den andra fokuserar på yngel och fisk i senare levnadsstadier.

Då Ringhals kylvattenutsläpp förändrar den lokala miljön genom att värma upp recipientområdet kan levnadsförhållandena för etablerade arter försvåras (Vitousek et al. 1996; Rajagopal et al. 2012; Pan et al., 2018). Samtidigt kan etableringen av främmande arter gynnas av uppvärmningen, då de potentiellt är bättre anpassade för det förändrade miljöförhållandet (Mooney & Cleland 2001; MacDougall & Turkington 2005; Rajagopal et al. 2012; Nowakowski & Sługocki, 2021). Av denna anledning undersöks förekomsten av invasiva främmande arter årligen i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet. Syftet är att upptäcka nyetableringar av invasiva främmande arter, notera förekomster, samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.



Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2), Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6), fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, referenspunkt för siktdjup, automatisk temperaturmätning samt utpumpningen för återtransport av fisk och alger från kraftverkets silstationer till havet.

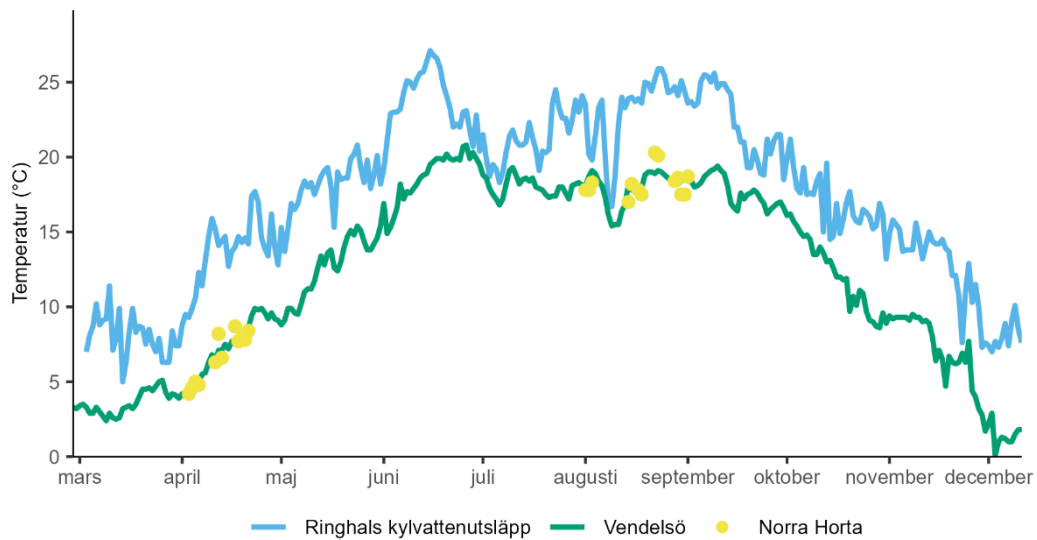


## 2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Ringhals kärnkraftverk har haft fyra reaktorer som togs i drift mellan åren 1975 och 1983. Under 2015 fattades beslut om stängning av Ringhals reaktor 1 och 2. Reaktor 2 stängdes vid årsskiftet 2019/2020 och reaktor 1 stängdes vid årsskiftet 2020/2021. De två kvarvarande reaktorerna (3 och 4) har varit i drift under större delen av åren, med undantag för vissa kortare avställningar i samband med exempelvis revision eller reparation.

Det totala kylvattenflödet, taget i ytvatten nordväst om kraftverket (figur 1) var 89 m<sup>3</sup>/s under mars–maj, juli samt september–december under 2023, vilket motsvarar full drift. I juni stängdes reaktor 3 för revision och i augusti stängdes reaktor 4 för revision och togs i bruk igen först i mars 2023 på grund av komplikationer i reparationsarbetet. Vid revision och reparationsperiod var kylvattenflödet 50,5 m<sup>3</sup>/s. Medelflödet per dag under året var cirka 70 m<sup>3</sup>/s.

Under 2023 har temperaturen, på grund av det utgående kylvattnet, varit ungefär 5 °C högre i utsläppsområdet än i referensområdet (figur 2). Störst skillnad observerades i april och december då temperaturen var cirka 6 °C högre. Temperaturen under provfisket i april och augusti i Norra Horta visar att området har liknande temperaturer som referensområdet Vendelsö.



Figur 2. Medeltemperatur (°C) per dag i recipientområdet vid Ringhals kylvattenutsläpp (blå), i referensområdet vid Vendelsö (grön) under perioden mars till december 2023, samt botten temperaturerna från provfisket vid Norra Horta (gul). De automatiska temperaturmätarna vid Ringhals kylvattenutsläpp och Vendelsö hängdes från bojar på en meters djup.

## 3. Kontrollprogram och metodik

Nedan beskrivs kortfattat de undersökningar som ska genomföras enligt det biologiska kontrollprogrammet för Ringhals AB. För en mer utförlig metodbeskrivning se Andersson et al. (2015) samt Sundqvist et al. (2018).

Alla beräkningar har utförts i Microsoft Excel 2016 och R version 4.3.0 (R Core Team 2023). Samtliga grafer har producerades med paketet ggplot2 (Wickham 2016) i R.

### 3.1. Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

Fiskägg, fisklarver, fiskyngel och juvenil fisk som förs in med kylvattnet till Ringhals kraftverk kontrolleras sedan 2015 i intagskanalen för kylvatten till reaktor 3 och 4 (innan 2015 även intagskanalerna till reaktor 1 och 2).

#### 3.1.1. Håvning med bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Fiskägg och fisklarver från vinterlekande arter samlas årligen in med hjälp av en bongohåv med en maskvidd på 500  $\mu\text{m}$  (Andersson 1985). Håvningarna genomförs dagtid två gånger i veckan under cirka 5 – 15 minuter, från januari till och med april. Insamlade ägg och larver bestäms så långt som möjligt till art eller taxonomisk grupp. Kylvattenflödet i intagskanalen mäts med en flödesmätare (*General Oceanics*).

#### 3.1.2. Håvning med Isaac-Kiddyngeltrål

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk utförs med en modifierad Isaac-Kiddyngeltrål med en maskvidd på 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. 2023 togs 17 prover med en sammanlagd ansträngning på 290 timmar. Trålen fiskar 16 till 18 timmar per tillfälle. Fångsten sorteras och artbestäms. Alla individer inom en art eller en taxonomisk grupp vägs tillsammans och antalet individer räknas. I årsrapporterna redovisas medelantalet individer per ansträngning (håvningstimme) för det aktuella året, korrigerat så att det motsvarar antalet individer som kunde antas ha fångats under maximalt flöde enligt:  $\frac{\text{Antal individer}}{(F_{\text{Fångst}}/F_{\text{max}})}$

där  $N$  är antalet individer vid fångstillfället,  $F_{\text{Fångst}}$  är flödet vid fångstillfället och  $F_{\text{max}}$  är maximalt flöde ( $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i intagskanalen.

## 3.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

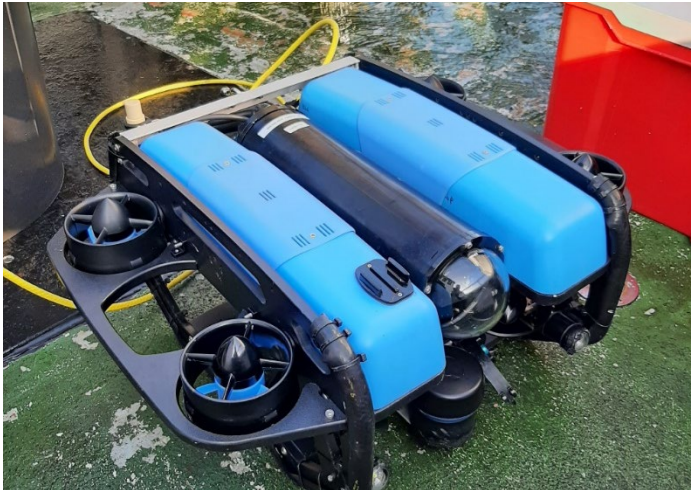
### 3.2.1. Provfiske med ryssjor

Förekomsten av fisk studerades genom provfiske med provfiskeryssjor i tre områden under april och augusti. Områdena inkluderar recipienten vid Ringhals kylvattenutsläpp, referensområdet vid Vendelsö sju kilometer norr om utsläppsområdet, och området vid Norra Horta, tre kilometer söder om kylvattenutsläppet. Inom varje fångstområde provfiskades sex stationer med två enkelryssjor sammankopplade strut i arm på varje station (Thoresson 1996). Varje station fiskades vid nio tillfällen, där varje tillfälle varade ett dygn.

Varje individ i fångsten artbestämdes och mättes per centimeterklass. Vägning skedde per art och station. Varje individ i fångsten från fiske med småryssjor kontrollerades med avseende på yttre synliga sjukdomstecken och skador.

## 3.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Återtransporten av material som fastnar i silar och i rengallret från intagskanalen sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där materialet pumpas vidare genom en tub som mynnar vid nio meters djup i havet utanför kärnkraftverket. (Andersson et al. 2011; Bryhn et al. 2014). För att få en visuell bild av tubens effekter på närområdet i havet vid renshustubens mynning filmas området kring tuben årligen, vanligtvis i september med hjälp av en ROV (*Remotely Operated Vehicle*; figur 3). Under 2023 filmades tuben den 27 september från cirka fyra meters djup ned mot mynningen på cirka nio meters djup för att sedan cirkulera området kring mynningen i cirka en timme. Filmmaterialet analyserades genom att jämföra filmen med tidigare år, notera artsammansättning, bottenstruktur och vita bottenar som indikerar syrefria områden.



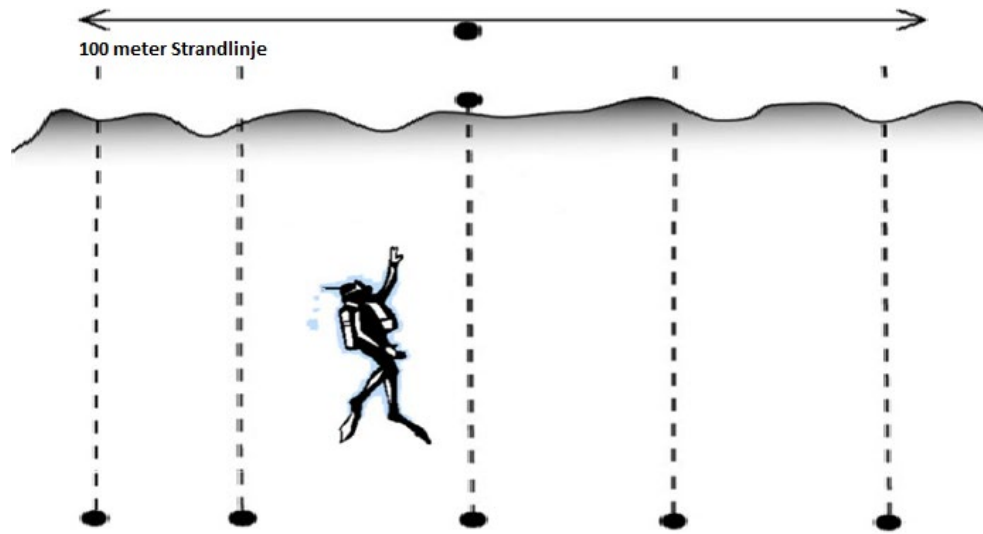
Figur 3. ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto: Jakob Looström.

### 3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Förekomsten av främmande arter inventeras varje år vid Ringhals kärnkraftverk. Varje år utförs dykinventeringar i recipienten och vartannat år sker mer omfattande kontroller som inkluderar inventering inne på Ringhals område genom dykning i svallbassäng T2 och till fots i huvudkylvattentunnel R4 under perioder då denna är tömd på vatten i samband med revision. Dessa undersökningar genomfördes 2022. Under 2023 så utfördes endast kontroll av recipienten.

I recipienten genomfördes dykinventeringar av fastsittande flora och fauna på botten för att söka efter, och uppskatta mängder av främmande arter. Tre lokaler besöks årligen, Ringhals udde, Norra Horta och Vendelsö (figur 1). Lokalerna i Båtafjorden (Båtafjorden södra och Båtafjorden norra) besöks vartannat år. Under 2023 så undersöktes inte Båtafjorden. Varje lokal bestod av en rak strandsträcka på 100 meter där mitten markerades med hjälp av ett måttband. Utifrån mittlinjen sattes huvudtransekten vinkelrätt ut i vattnet. Ytterligare två transekter slumpades ut på var sida om huvudtransekten (figur 4). Samtliga transekter var 50 meter långa.

Längs huvudtransekten noterades bottensubstrat, och samtliga arters täckningsgrad i procent uppskattades inom en korridor av fyra till fem meter. Längs övriga transekter, fyra per område, noterades enbart främmande arter av alger samt algbältesgränser. För varje noterad art längs transekterna beräknas ett medelvärde av täckningsgraden där arten förekommer. Medelvärdet av täckningsgrad används sedan för att ange om artens förekomst är enstaka (1 = täckningsgrad < 5 procent), vanlig (2 = täckningsgrad > 5 procent och < 10 procent) eller talrik (3 = täckningsgrad > 10 procent).



Två slumpade transekter 50m  
efter kompass och landmärken

Huvudprofil  
50m efter måttband

Två slumpade transekter 50m  
efter kompass och landmärken

*Figur 4. Schematisk bild över hur dyktransekterna var upplagda på en dykplats, med en 50–100 meter lång huvudprofil i mitten av en strandsträcka på 100 meter, och fyra slumpade transekter vid sidan av huvudprofilen.*

## 4. Resultat

### 4.1. Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

#### 4.1.1. Håvning med bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2023, som pågick från vecka 2 till och med vecka 17, fångades 14 olika arter av fisklarver (tabell 1). Samtliga arter har förekommit i provtagningen tidigare år.

De vanligaste arterna/taxonomiska grupperna av fångade fisklarver under 2023 var sandskädda, följt av skrubbskädda, torsk, rötsimpa och rödspätta (tabell 1).

Medelantalet larver uppmättes till 94,7 individer per 100 m<sup>3</sup> för 2023.

Två kommersiellt viktiga arter som fångades var torsk och rödspätta. Fångsten av torsklarver 2023 var över genomsnittet för hela provtagningsperioden och över genomsnittet för den senaste 10-årsperioden (figur 5 respektive figur 6).

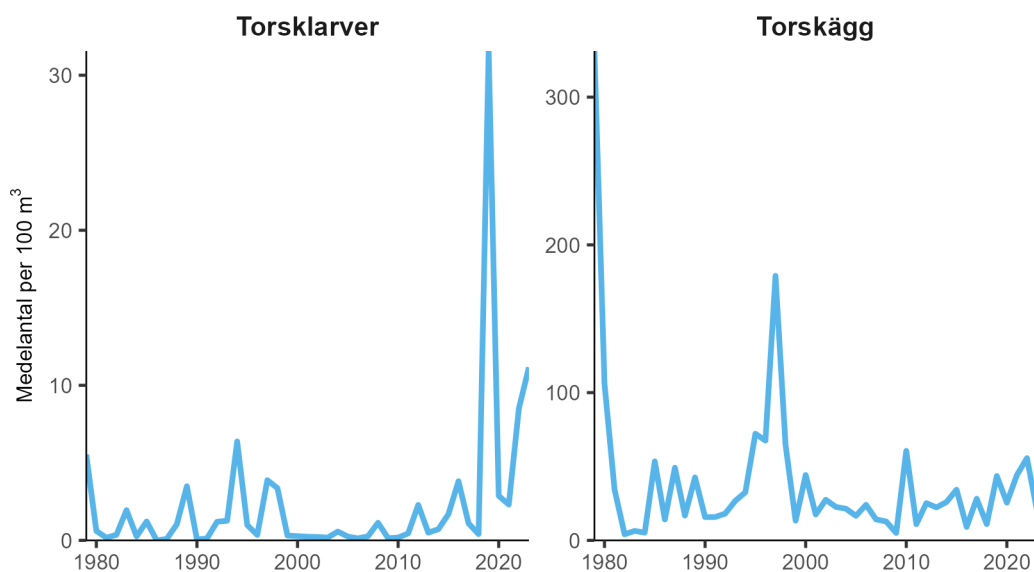
2023 års fångst av fiskägg uppgick till 256,1 ägg per 100 m<sup>3</sup>. Arterna och taxonomiska grupperna med högst förekomst i fångsterna var små plattfiskägg (skrubbskädda och sandskädda, 147,6 ägg per 100 m<sup>3</sup>) och rödspätta (88,5 ägg per 100 m<sup>3</sup>) följt av torsk (20 ägg per 100 m<sup>3</sup>). Det har aldrig tidigare fångats så många rödspättelarver (6,3 individer per 100 m<sup>3</sup>).

Under provtagningen 2023 var medelsalthalten 20,9 ppt, vilket är något lägre än genomsnittet för hela provtagningsperioden på 22 ppt.

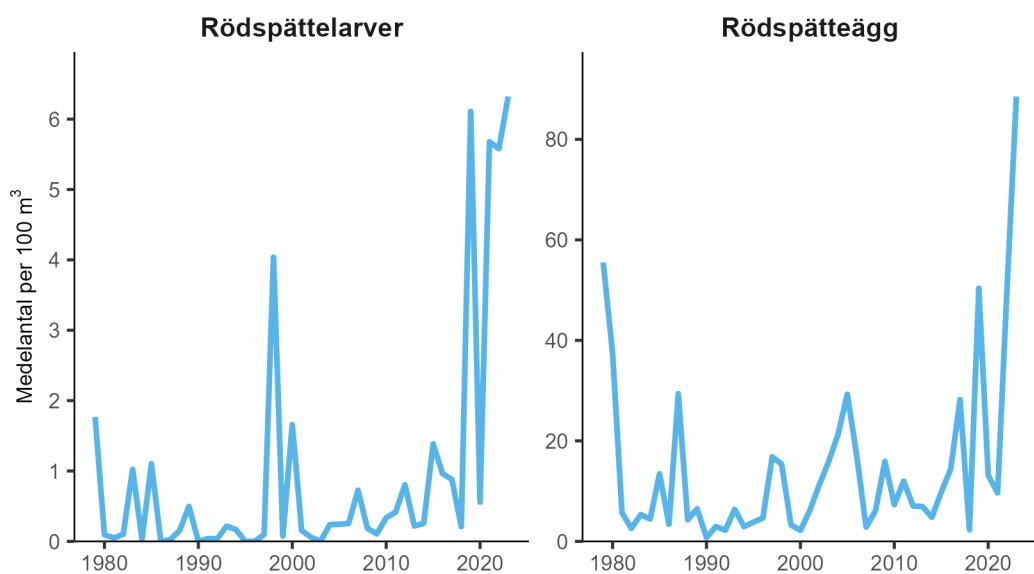
Tabell 1. Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med bongohåv under vecka 2 till och med vecka 17 under 2023. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m<sup>3</sup>). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2023.

Art	Antal per 100 m <sup>3</sup>
Sandskädda	35,38
Skrubbskädda	23,74
Torsk	11,16
Rötsimpa	7,03
Rödspätta	6,32
Sill	4,63
Tobis (kust-/havs-)	2,98
Skarpsill	1,43
Tejstefisk	0,68
Oxsimpa	0,64
Montagus ringbuk	0,40
Tångsnärta	0,11
Vanlig ringbuk	0,04
Lerskädda	0,03
Total fångst (medelantal/100 m <sup>3</sup> )	94,57
Antal arter	14





Figur 5. Förekomsten (medelantal per 100 m<sup>3</sup> vatten) av torskägg och torsklarver (kommersiellt viktig art) fångade under vecka 1–18 med bongohäv i kylvattenkanalerna till reaktor 1 och 2 (t.o.m. 2015) respektive 3 och 4 (fr.o.m. 2015) åren 1979–2023. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 6. Förekomsten (medelantal per 100 m<sup>3</sup> vatten) av rödspätteägg och rödspättelarver (kommersiellt viktig art) fångade under vecka 1–18 med bongohäv i kylvattenkanalerna till reaktor 1 och 2 (t.o.m. 2015) respektive 3 och 4 (fr.o.m. 2015) åren 1979–2023. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

#### 4.1.2. Håvning med Isaac-Kiddyngeltrål

Under 2023 fångades 38 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaac-Kiddyngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (tabell 2). Det är över genomsnittet för hela provtagningsperioden (36,5 arter) men under den senaste tioårsperioden (44 arter). Den totalafångsten av fisk (individer per timme) 2023 var 89,4 individer/h.

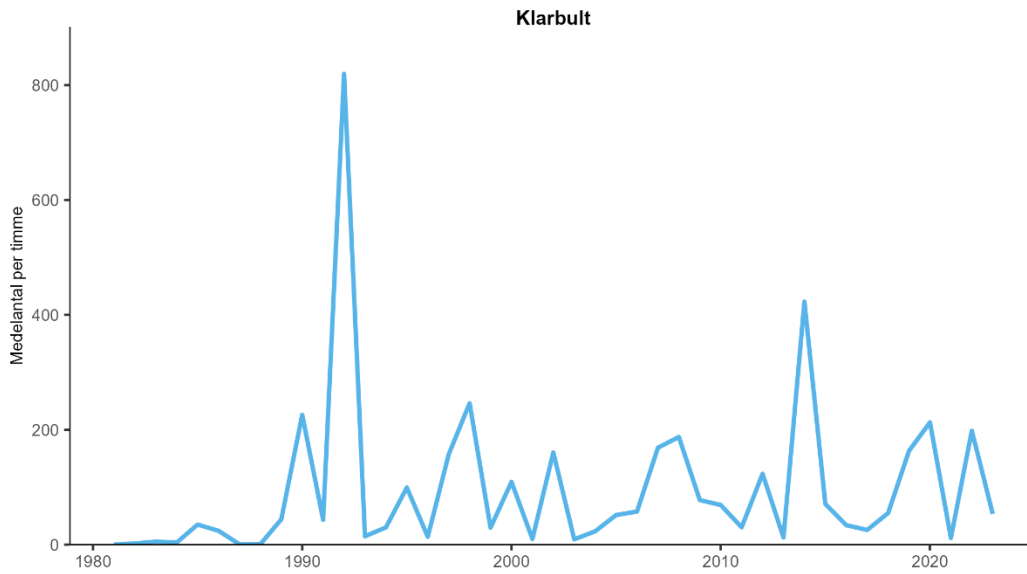
Klarbult var den vanligaste arten i fångsten 2023 med 53,5 individer/h. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Fångsterna har varierat kraftigt under provtagningsperioden (figur 7).

Den näst vanligaste arten i fångsten 2023 var sillyngel från höstlekande populationer (16,2 individer/h). Sill fångades både som yngel och juveniler. Fångsterna av sillyngel har uppvisat stora mellanårsvariationer (figur 8), under 2023 var de lägre än medelvärdet för både hela provtagningsperioden. Fångsten per ansträngning av juvenil sill var under 2023 1,1 individer/h. Medelfångsten av sill under hela provperioden (0,8 individer/h) påverkas av väldigt stora fångster vid ett fåtal år (figur 8), där 2020 var ett av åren med störst fångst.

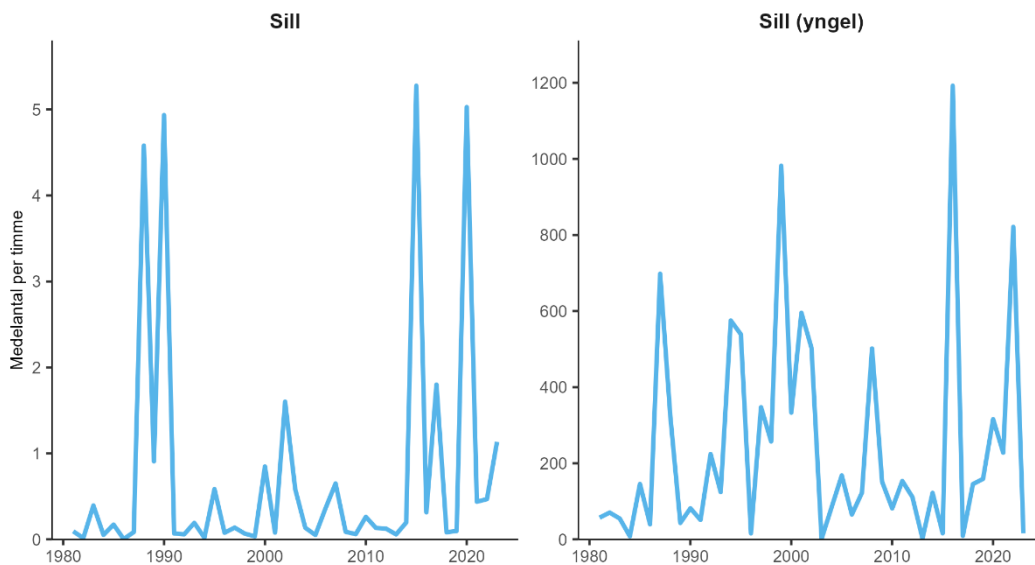
Tobis (yngel) var den tredje vanligaste arten i provtagningen 2023 och fjärde vanligaste arten i fångsten 2023 var yngel av ål (glasål). Fångsten var mindre än en tredjedel av medelantalet för hela provperioden (figur 9) (medelantal 2023: 3,3 individer/h, 1981–2023: 12 individer/h).

Tabell 2. Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaac-Kiddyngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med maj 2023. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvara det antal individer som skulle ha fångats per timme (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2023. Arter markerade med \*, \*\* eller \*\*\* är samma art i olika livsstadier.

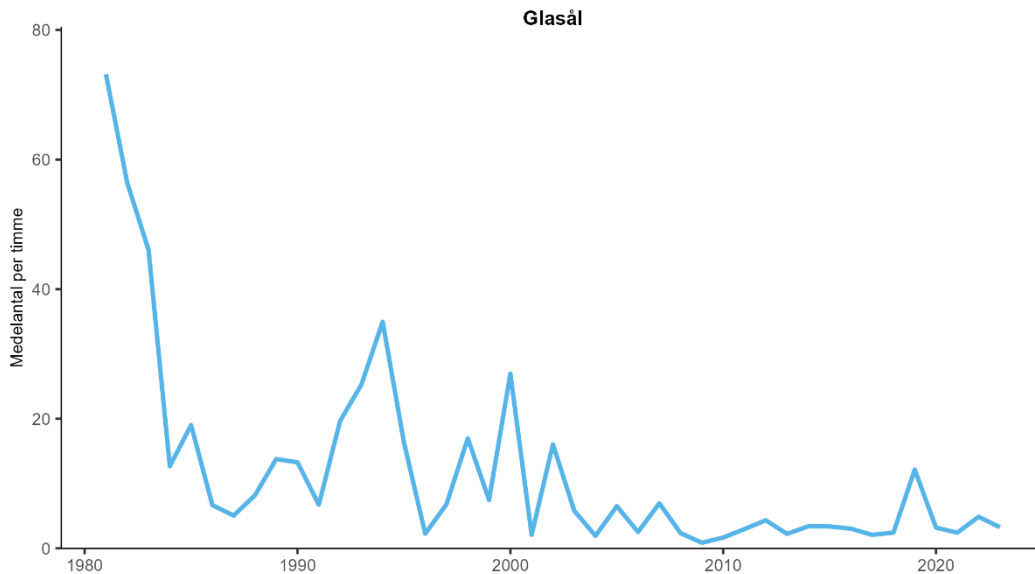
Art	Fångst per timme
Klarbult	53,52
Sill (yngel)*	16,23
Tobis (yngel)***	6,32
Glasål**	3,27
Storspigg	1,62
Tobis (kust-/havs-)**	1,23
Sill*	1,13
Bergstubb	1,09
Skarpsill	0,96
Sandstubb	0,90
Torsk	0,54
Skrubbskädda	0,51
Mindre kantnål	0,46
Tångsnälla	0,44
Tobiskung	0,18
Tejstefisk	0,13
Laxsill	0,11
Gulål**	0,10
Rödspätta	0,10
Stensnultra	0,07
Sjurygg	0,06
Större kantnål	0,06
Sjustrålig smörbult	0,05
Rötsimpa	0,05
Sandskädda	0,05
Tånglake	0,04
Mindre havsnål	0,03
Flodnejonöga	0,02
Större havsnål	0,02
Tångspigg	0,02
Nors	0,01
Svart smörbult	0,01
Ansjovis	0,01
Skärsnultra	0,01
Småspigg	0,01
Tjockläppad multe	0,01
Vitling	0,01
Femtömmad skärlånga	<0,01
Siklöja	<0,01
Tunga	<0,01
Tungevar	<0,01
Alla arter	89,39
Antal arter	38



Figur 7. Förekomsten av klarbult i kylvattenkanalerna till reaktor 1 och 2 (t.o.m. 2015) respektive 3 och 4 (fr.o.m. 2015) under februari-maj åren 1981–2023. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde



Figur 8. Förekomsten av juvenil sill och sillyngel i två av kylvattenkanalerna till reaktor 1 och 2 (t.o.m. 2015) respektive 3 och 4 (fr.o.m. 2015) under februari-maj åren 1981–2023. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 9. Förekomsten av glasål i två av kylvattenkanalerna till reaktor 1 och 2 (t.o.m. 2015) respektive 3 och 4 (fr.o.m. 2015) under februari-maj, 1981–2023. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde.

## 4.2. Förekomst av fisk kylvattenrecipienten

### 4.2.1. Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 15 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 16 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 13 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 14 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 18 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 16 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 4). Vid provfisket i april var torsk den vanligast förekommande fiskarten vid samtliga fångstområden. Vid provfisket i augusti var skärsnultran den överlägset vanligaste arten i samtliga områden. Andra vanligt förekommande arter i april var rötsimpa och skrubbskädda. Stensnultra, ål, torsk och svart smörbult var de vanligaste arterna i augusti. Likt föregående år var strandkrabba det i särklass vanligaste kräftdjuret i fångsten under både april och augusti i alla områden. Det fångades 1992 strandkrabbor under augusti i recipientområdet vilket var fler jämfört med de andra fångstområdena. Under april så fångades det däremot flest strandkrabbor vid Vendelsö (368 individer). Antalet strandkrabba var högre (4862 individer) i augusti jämfört med april (871 individer).

Den främmande arten asiatisk blåskrabba påträffades återigen under aprilfisket i recipientområdet. Den hittades första gången 2016 och har sedan dess fångats sporadisk och i låga antal.

Totalfångsten av samtliga fiskarter under provfisket i april och augusti, 1976 - 2023, vid alla tre områdena presenteras i figur 10.

Fångsten av skärsnultra 2023 var lägre under fisket i både april och augusti vid alla områden jämfört med fångsten 2022 (figur 10). Liksom tidigare år fångades det dock betydligt fler skärsnultor i augusti än i april inom samtliga områden. Skärsnultra utgjorde 86 procent, 78 procent och 88 procent av antalet fiskar som fångades inom Ringhals kylvattenutsläpp, Vendelsö och Norra Horta. Flest skärsnultor fångades vid Norra Horta (25,3 individer per ansträngning) följt av Ringhals (13,4 individer per ansträngning) under fisket i augusti (figur 11).

Antalet torskar i fångsten 2023 var det högsta sedan 2017 vid alla lokaler under fisket i april (figur 12). Mest torsk per ansträngning fångades, likt tidigare år, vid Norra Horta (2,1 individer per ansträngning), och minst antal torsk fångades vid Vendelsö (1,7 individer per ansträngning). I augusti fångades det något fler torskar vid Vendelsö och Ringhals kylvattenutsläpp 2023 än föregående år, men färre vid Norra Horta (figur 12). Inom alla fångstområden så fångades det flest torskar under våren (tabell 3 och 4).

Fångsten av ål 2023 var lägre i Ringhals (0,14 individer per ansträngning) och Vendelsö (0,05 individer per ansträngning) än fångsten föregående år både under fisket i april och under fisket i augusti (figur 12). I Norra Horta fångades i april 0,02 individer per ansträngning. Den högsta fångsten av ål 2023 vid Vendelsö i augusti (0,6 individer per ansträngning).

Fångsten av tånglake var 2023 större än föregående år vid Ringhals under april och vid Norra Horta under augusti (figur 12). Vid övriga lokaler och perioder var fångsterna mindre 2023. Vid Ringhals i augusti fångades ingen tånglake varken 2022 eller 2023 (figur 12). Störst var fångsten av tånglake vid Vendelsö i april (0,19 individer per ansträngning).

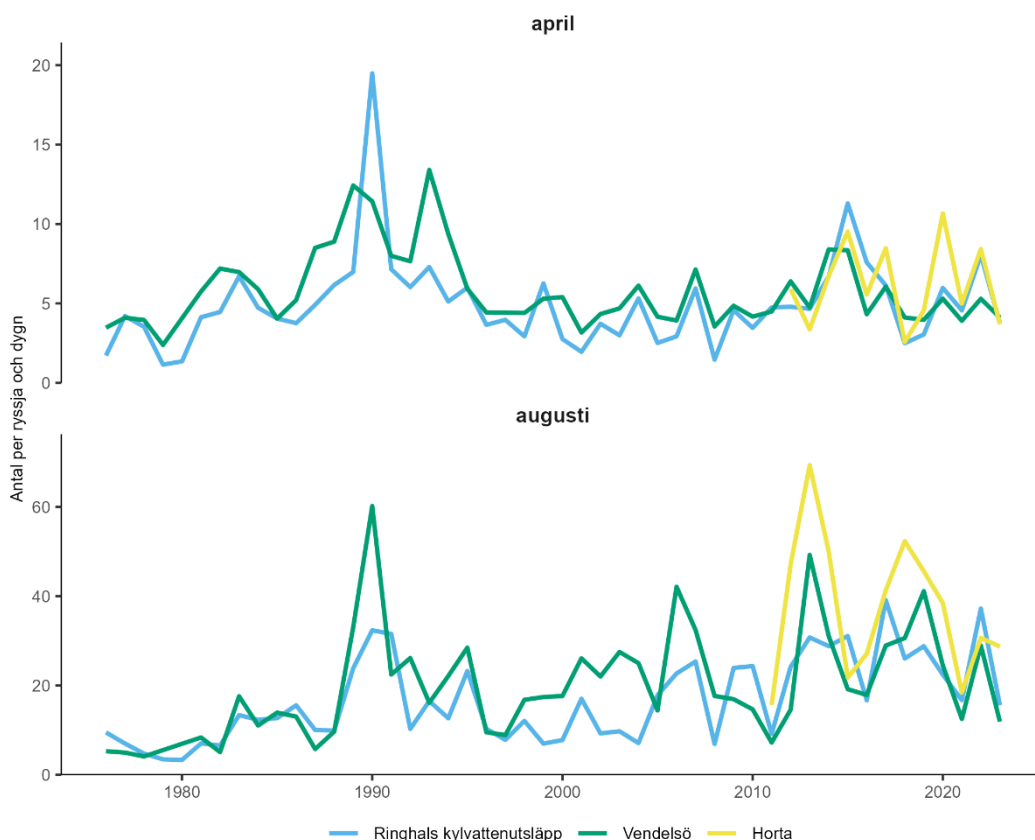
Tabell 3. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2023.

Art	Ringhals Antal	Ringhals CPUE	Vendelsö Antal	Vendelsö CPUE	Norra Horta Antal	Norra Horta CPUE
<b>FISKAR</b>						
Torsk	198	1,83	180	1,67	231	2,14
Skrubbskädda	37	0,34	52	0,48	21	0,19
Rötsimpa	31	0,29	107	0,99	48	0,44
Skärsnultra	27	0,25	1	0,01	28	0,26
Svart smörbult	25	0,23	21	0,19	5	0,05
Femtömmad skärlånga	24	0,22	13	0,12	19	0,18
Ål	15	0,14	5	0,05	2	0,02
Oxsimpa	12	0,11	20	0,19	15	0,14
Stensnultra	10	0,09	18	0,17	20	0,19
Tånglake	8	0,07	20	0,19	4	0,04
Större kantnål	7	0,06				
Rödspätta	5	0,05				
Gråsej	3	0,03	1	0,01	1	0,01
Berggylta	2	0,02				
Tångspigg	2	0,02				
Skarpsill			1	0,01		
Skäggsimpa			2	0,02		
Slätvar			1	0,01		
Tångringbuk			1	0,01		
Öring			1	0,01		
Lyrorsk					3	0,03
Tunga					2	0,02
Totalfångst fisk	406	3,76	444	4,11	399	3,69
Antal fiskarter		15		16		13
<b>KRÄFTDJUR</b>						
Strandkrabba	269	2,49	368	3,41	234	2,17
Asiatisk blåskrabba	1	0,01				
Eremitkräfta			2	0,02		
Tångräka obestämd			1	0,01		
Krabbtaska					1	0,01
Maskeringskrabba					1	0,01
Totalfångst kräftdjur	270	2,5	371	3,44	236	2,16
Antal kräftdjursarter		2		3		3

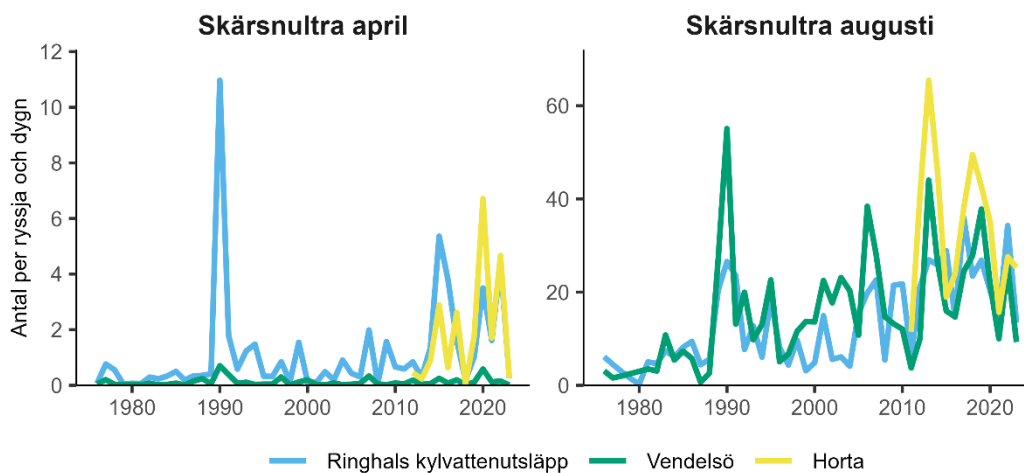
Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2023.

Art	Ringhals Antal	Ringhals CPUE	Vendelsö Antal	Vendelsö CPUE	Norra Horta Antal	Norra Horta CPUE
<b>FISKAR</b>						
Skärsnultra	1396	13,42	1003	9	2735	25,32
Stensnultra	85	0,82	60	1	77	0,71
Svart smörbult	48	0,46	28	0	45	0,42
Ål	33	0,32	65	1	47	0,44
Skrubbskädda	23	0,22	12	0	21	0,19
Torsk	19	0,18	52	0	80	0,74
Rödspätta	7	0,07			1	0,01
Oxsimpa	2	0,02	1	0	10	0,09
Femtömmad skärlånga	1	0,01	4	0	26	0,24
Gråsej	1	0,01	10	0	31	0,29
Rötsimpa	1	0,01	39	0	17	0,16
Slätvar	1	0,01				
Tunga	1	0,01	1	0	1	0,01
Tångsnälla	1	0,01	1	0		
Berggylta			1	0	1	0,01
Lyrorsk			1	0		
Piggvar			1	0		
Tånglake			2	0	4	0,04
Vitling			2	0	2	0,02
Öring			1	0		
Sjustrålig smörbult					1	0,01
Totalfångst fisk	1619	15,56	1284	11,89	3099	28,69
Antal fiskarter		14		18		16
<b>KRÄFTDJUR</b>						
Strandkrabba	1992	19,15	1300	12	1570	14,54
Tångräka obestämd	3	0,03	3	0,03	1	0,01
Eremitkräfta					1	0,01
Krabbtaska					10	0,09
Totalfångst kräftdjur	1995	19,18	1303	12,06	1582	14,65
Antal kräftdjursarter		2		2		4

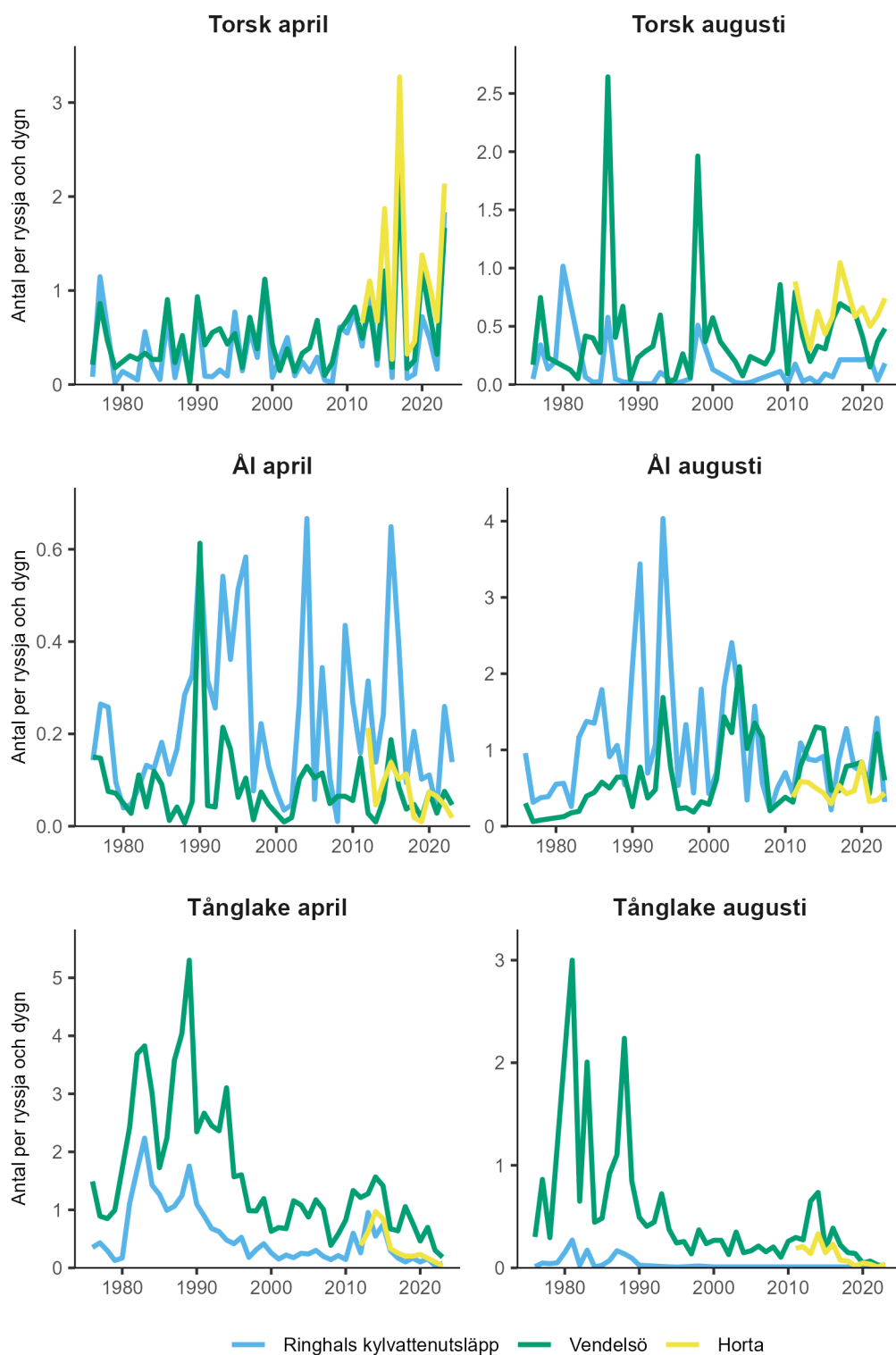




Figur 10. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2023 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 11. Antal per ryssja och dygn av skärsnultra vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2023 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 12. Antal per ryssja och dygn av torsk, ål och tånglake vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2023 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.

### 4.2.2. Sjukdomar

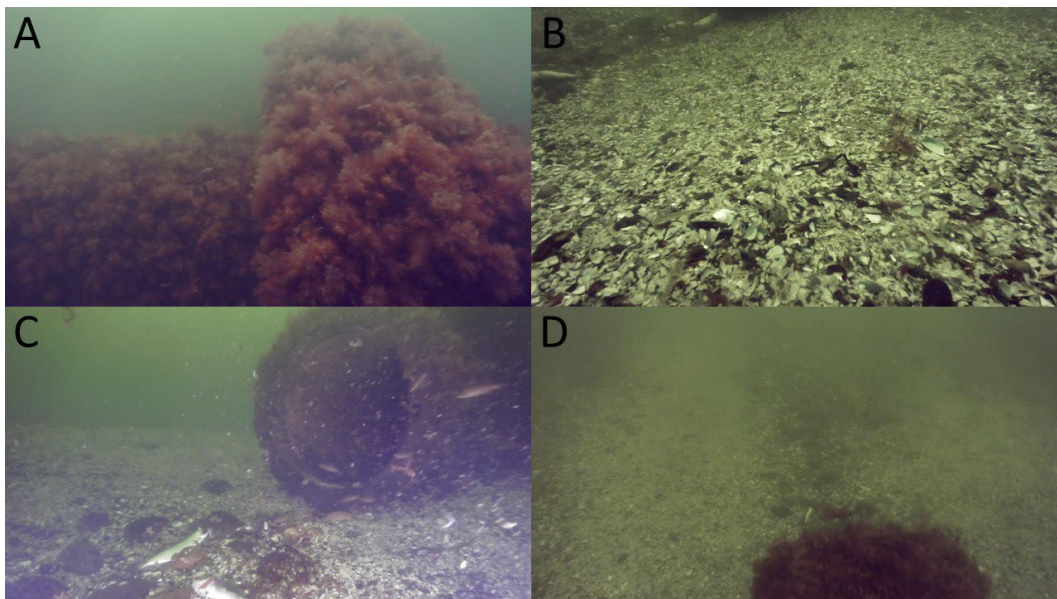
Vid fisket i april uppvisade 3 av totalt 1 249 (0,24 procent) fångade fiskar yttre sjukdomssymptom: två torsk med defekt fena och en med grumlad ögonlins. Vid fisket i augusti uppvisade 4 av totalt 6 002 (0,07 procent) fångade fiskar yttre sjukdomssymptom: två torsk, en skärsnultra och en svart smörbult (tabell 5). Samtliga sjuka individer hittades vid Ringhals och Norra Horta.

Tabell 5. Fiskar med sjukdomssymtom som fångades under provfisken 2023

Art	Fiske	Fångstområde	Sjukdom	Antal
Torsk	april	Ringhals	Defekt fena	2
Torsk	april	Norra Horta	Grumlad ögonlins	1
Torsk	augusti	Ringhals	Hudsår	1
Torsk	augusti	Norra Horta	Svampangrepp	1
Skärsnultra	augusti	Ringhals	Mopsskalle	1
Svart smörbult	augusti	Norra Horta	Grumlad ögonlins	1

### 4.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Botten längs med utsläppstuben från kylvattenintagets renshus dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande biologiskt material samt inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (figur 13 A). Skal från döda musslor och krabbor påträffades i området utanför tubens mynning (figur 13 B och C). Tidigare år har dessa skalrester och mjukt biologiskt material bildat en vall framför tubens mynning. År 2022 och 2023 var denna vall mindre och mer utspridd än tidigare år (figur 13 C och D). 2023 syntes även en långsgående dikesbildning där vattenströmmen från tuben sköljt bort bottenmaterial (figur 13 D). Visst inslag av lösdrivande växtmaterial, främst brun- och rödalger, förekom på botten kring tuben. Vanligt förekommande djurarter på och omkring tuben var krabbtaska, strandkrabba, stensnultra, skärsnultra, vanlig sjöstjärna, torsk och olika arter av smörbultar.



Figur 13. A) Påväxt av brun- och rödalger på utsläppstub. B) Skal/sandbotten utanför tubens mynning. C) Tubens mynning med utflöde av rensvatten och biologiskt material. D) Tubens mynning sedd ovanifrån med spår skapat av strömmande vatten med biologiskt material, fisk och krabbor.

#### 4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter i recipient

Tre lokaler utanför Ringhals industriområde inventerades med avseende på fastsittande flora och fauna under juni 2023. På de tre inventerade lokalerna registrerades 52 fastsittande arter, varav 49 algarter och tre ryggradslösa djur. Vid huvudtransekten på Ringhals udde påträffades fyra främmande arter: stillahavssostron, rödalgerna japanplym och hamndun, samt brunalgen japansk sargassotång (tabell 6). Kontrollen av samtliga områden och transekter visade förekomst av ytterligare en främmande art av rödalg (rödsvansing) och en främmande art vid Norra Horta (japantofs). Samtliga arter är kända sedan tidigare längs med den svenska västkusten. Japansk sargassotång var den vanligast förekommande algen och fanns vid samtliga transekter utanför Ringhals kylvattenutsläpp. Hamndun, japanplym och rödsvansing påträffades endast vid Ringhals utsläpp, medan enstaka exemplar av japantofs noterades vid Norra Horta. Stillahavssostron påträffades vid alla tre lokaler (tabell 7).

Tabell 6. Alla arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2023. Förekomsten är uppdelad efter 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå) baserat på medelvärde av täckningsgrad där arten är förekommande. Arterna i fetstil är främmande arter.

	Art/Släkten	Ringhals utsläpp	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	<i>Chaetomorpha melagonium</i>		1	
	<i>Cladophora</i> sp.	3	1	1
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>		2	
	<i>Cladophora rupestris</i>	2		2
	<i>Ulva flexuosa</i>	1		
	<i>Ulva</i> spp.	1		
Brunalger	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	2	3	
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	3
	<i>Halidrys siliquosa</i>	3	1	3
	<i>Laminaria digitata</i>		1	1
	<i>Leathesia marina</i>		1	2
	<i>Saccharina latissima</i>		1	1
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	1	2
	<i>Striaria attenuata</i>	1	1	
	<i>Chorda filum</i>	1		2
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	2		
	<i>Ectocarpus/Pylatella</i>	2		3
	<i>Punctaria tenuissima</i>	1		
	<b><i>Sargassum muticum</i></b>	3		
Rödalger	Acrochaetiaceae	1		
	<b><i>Aglaothamnion halliae</i></b>	1		
	<i>Ahnfeltia plicata</i>	1	2	2
	<i>Antithamnion cruciatum</i>		2	
	<b><i>Bonnemaisonia hamifera</i></b>		1	
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1		
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	2		
	<i>Ceramium virgatum</i>	3	2	
	<i>Chondrus crispus</i>	3	3	3
	<i>Coccotylus/Phyllophora*</i>	3	3	3
	<i>Corallina officinalis</i>	2		2
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	3	3	3
	<b><i>Dasyisiphonia japonica</i></b>	2		
	<i>Delesseria sanguinea</i>	2	3	2
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	3	3	3
	<i>Lithothamnium/Phymatolithon*</i>	3	3	3
	<i>Membranoptera alata</i>		3	
	<i>Odonthalia dentata</i>		1	
	<i>Palmaria palmata</i>		3	
	<i>Phycodryis rubens</i>		2	
	<i>Plumaria plumosa</i>		1	
	<i>Polyides rotundus</i>	2	1	2
	<i>Polysiphonia elongata</i>	2	1	
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	3	2
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	3	3	2
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	3		
	<i>Polysiphonia stricta</i>	3	2	2
	<i>Rhomemela confervoides</i>		2	2
	<i>Spermothamnion repens</i>	2	3	3
	<i>Vertebrata byssoides</i>	2	3	1
Fauna	<b><i>Magallana gigas</i></b>	2	2	2
	<i>Mytilus edulis</i>	2		

Tabell 7. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter under de senaste fem åren (2019–2023). Täckningsgraden inom området är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger högre täckningsgrad; 1) enstaka förekomst (ljusblå), 2) allmänt förekommande (mellanblå), 3) dominerande (mörkblå). De grå fälten anger att ingen inventering genomfördes i området under tidsperioden. Transekt C är huvudtransekten.

		Brunalg					Rödalg															Fauna																	
Art		Sargassosnärlja					Rödsvansing					Japantofs					Japanplym					Hamndun					Stillahavsstron												
Transekt		2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023			
Ringhals	A	3	3	2	2	3	1	1			1	1																						1	2	3	3	1	
	B	2	2	3	2	3	1	2			1	1																						1	2	2	2	1	
	C	3	3	3	3	3	1		3	2								1			2	1					1	1	2	3	3	2	2						
	D	1	2	3	3	3	1	2			1	1																						1	1	2	2	1	
	E	2	2	3	3	2	1	2			1	1																						1	1	2	1	1	
Båtafjorden norra	A		1		3																															1			2
	B		1		3																															1			1
	C		3		3									1						1																			2
	D		1		2		1																																1
	E		1		3																															2			
Båtafjorden södra	A		1		2		1																																
	B		1		3																																		
	C		1		3		1																													2			2
	D		1		2		1																																
	E		1		2		1																																
Norra Horta	A																																			1			1
	B																																					1	
	C					2					1	1	1	3	1					2																2		2	2
	D																																					1	
	E																																					1	
Vendelsö	A																																			1			1
	B																																						1
	C										1	1	1																									1	2
	D																																						2
	E																																						2

C =huvudtransekt

## 5. Diskussion

Förlusterna av fisk i unga livsstadier som kärnkraftverkets kylvattenintag medför kan påverka bestånden av arter olika beroende på arternas levnadsmönster. För stationära arter som rötsimpa, tejestefisk och tånglake kan lokala effekter förväntas redan vid relativt små förluster. Tånglake är en indikatorart som kan användas för att se lokala effekter av miljöförändringar. Den är vivipar (föder levande yngel) och är känslig för föroreningar, den kan därför ha extra känslig reproduktion och därmed föryngring vilket gör den lämplig att undersöka i anslutning till Ringhals kärnkraftverk. Liknande effekter skulle kylvattenintaget kunna ha på kustlevande lokala bestånd av arter som torsk, rödspätta och skrubbskädda, även om dessa arter inte är lika stationära och effekten därför kan bli mindre tydlig. För vandringsfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd rör sig både inom och utanför Kattegatt. Kylvattenflödet beror mycket på reaktorernas behov av att kylas och under 2023 var reaktor 4 ur bruk under början av året, vilket då medföljde att kylvattenflödet i intagskanalen och ingående vattenmängd sänktes. Detta kan troligtvis leda till att förlusterna av fisk, ägg och larver minskade 2023.

Förekomsten av ägg som fångas i bongohåv påverkas av flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur som påverkar reproduktionsmönster så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. Salthalten har stor inverkan på fiskäggets flytkraft. Hög salthalt ökar äggens flytkraft medan låg salthalt bidrar till att äggen sjunker mot botten. I och med att bongohåven fiskar vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg. Trots den, jämfört med provtagningsperiodens, låga medelsalthalten under 2023 var medelantalet av ägg relativt högt jämfört med hela provtagningsperioden, vilket kan bero på flera faktorer, till exempel naturliga årsvariationer.

Fångsten under provtagningen för yngel och juvenil fisk med Isaac-Kiddtrål påverkas, liksom förekomsten av ägg och larver, av flera olika faktorer, till exempel variation i strömmar, temperatur, salthalt och förekomst av predatorer. Under provtagningen med Isaac-Kiddtrål 2023 fångades något fler arter än genomsnittet för hela provperioden vilket var cirka en fjärdedel av antalet individer per timme jämfört med genomsnittet för hela provperioden. Fångsten av glasål var mycket lägre än medel för hela provperioden och en aning lägre än medel för senaste tioårsperioden. Den europeiska ålpopulationen är i nuläget i ett historiskt utsatt läge

med låga antal. Glasålens minskning i antal kan spegla den totala utvecklingen av arten inom hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (Dekker et al. 2021; ICES 2018, 2019, 2020). Vad gäller fångsterna av resterande arter kan flera faktorer påverka mellanårsvariationer och slutsatser kan endast dras genom analys av trender över längre tidsserier.

Tiden för provtagning av ägg och larver i intagskanalen sammanfaller med kända lekperioder för torsk och plattfiskar i Kattegatt (Havs- och vattenmyndigheten 2014a & 2014b), vilket tyder på att övervakningen i Ringhals främst speglar en möjlig påverkan på rekryteringen i närområdet. Mer välutvecklade yngel, som glasål och yngel av höstlekande sill, representerar bestånd med ett mycket stort utbredningsområde där effekten av kylvattenintaget vid Ringhals troligtvis är liten på beståndsnivå.

Fångstmängden och artsammansättningen av fisk- och skaldjursarter i ett provfiske påverkas till stor del av vattentemperaturen, både temperaturen vid provfisketillfället, men också temperaturen bakåt i tiden. En av huvudorsakerna till detta är att arter skiljer sig i fråga om vilka vattentemperaturer som för dem är mest gynnsamma (Neuman 1988, Kordas et al. 2011). Det kan också bero på förändringar i arters aktivitet vid olika temperaturer eller förändringar i beståndsstorlekar som resultat av tidigare temperaturförändringar.

Skärsnultra och stensnultra är två varmvattengynnade arter (Neuman 1988), och den höga fångsten av skärsnultra under augusti visar tydligt på effekter i artsammansättningen vid förändringar i vattentemperaturen. Fångsten av skärsnultra har däremot ofta varit högre vid Norra Horta (figur 11) trots att temperaturen är högre vid recipientområdet. En av anledningarna till det här kan vara att den föredragna levnadstemperaturen för skärsnultra ligger under vattentemperaturen i recipientområdet, men för att säkerhetsställa om det är fallet så behövs ytterligare undersökningar. Torsk, tånglake och rötsimpa som är kallvattengynnade arter (Neuman 1988) hade högre tätheter under april, jämfört med augusti då vattentemperaturen generellt är högre. I provfisket i augusti noterades generellt större antal av varmvattengynnade arter och färre av kallvattengynnade arter jämfört med fisket i april, då kallvattengynnade arter generellt väljer att vistas på djupare vatten där temperaturen är kallare och mer jämn under de varmare månaderna.

Kontrollen av utsläppstub från renshus och silstation visade fortsatt låg ansamling av död fisk, krabbor och musselskal vid tubens mynning. Detta beror troligtvis på kraftverkets minskade kylvattenflöde till följd av minskad produktion under reparationsarbetet vid Ringhals 4.

Under samtliga dykinventeringar har förekomsten av japansk sargassotång varit riklig i området som är direkt påverkat av det uppvärmda kylvattnet från Ringhals. Japansk sargassotång är klassad som en potentiell invasiv främmande art i svenska vatten men ses numera som en etablerad art i hela Västerhavet (Havs- och



vattenmyndigheten 2015b). Arten hittades första gången vid Bua 1992 och utvecklade ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals 1996 (Karlsson 1997). Förekomsten i området är troligtvis så hög eftersom det uppstår en gynnsam livsmiljö för arten i den högre vattentemperaturen.

Japantofs är en rödalga som observerats under inventeringarna sedan 2016. I motsats till japansk sargassotång har arten endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast är minimalt påverkat av kylvattenutsläppet och fungerar som referensområde till kylvattenpåverkade områden. Arten observerades för första gången i svenska vatten i början av 1900-talet (Johansson et al. 1998). Japantofsen behöver en temperatur som överstiger 13 °C minst en natt på hösten för att påbörja en sexuell reproduktion (Havs- och vattenmyndigheten 2013). Dessa förhållanden är ovanliga i våra svenska vatten, men borde vara vanligare i området kring Ringhals utsläpp i och med kylvattenutsläppet. Varför den inte är mer utbredd i anslutning till kylvattenutsläppet kan bero på flera andra faktorer som till exempel stark ström från kylvattenutsläppet som påverkar tillväxt eller etablering, dessa ytterligare faktorer har inte undersöks i den här rapporten. I och med stigande vattentemperaturer till följd av växthuseffekten kan påverkan av invasiva arter bli större i svenska vatten. Undersökningar i och runt kylvattenutsläpp kan ge indikationer om framtida påverkan på våra kustekosystem.

Japanplym noterades för första gången i dykinventeringen 2017 och då vid Ringhals kylvattenutsläpp. Sedan dess har algen även hittats vid Norra Horta 2022. Japanplym är en rödalga som observerades i svenska vatten första gången 2002 och anses nu vara etablerad på den svenska västkusten. Likt japantofs kräver den särskilda förhållanden för att kunna reproducera sig sexuellt, och den trivs i skyddade och strömmande vatten (Axelius och Karlsson 2004).

Rödalgen rödsvansing påträffades första gången i svenskt vatten i Gullmarsfjorden 1953, men finns idag längs hela västkusten. År 2020 påträffades rödsvansing vid både Ringhals Kylvattenutsläpp och Norra Horta, men under 2021–2023 påträffades den endast vid Ringhals kylvattenutsläpp. Denna förändring kan bero på att dykinventeringen 2020 flyttades från juni (då den utförts tidigare år) till augusti/september. Åren efter utfördes inventering igen i juni.

Sammanfattningsvis finns det inga belägg för att introduktionen i svenska vatten av de främmande arter som observerats vid dykinventeringarna kan kopplas till Ringhals kylvattenutsläpp. Däremot kan det varma kylvattnet vara gynnsamt för vissa av dessa arter som redan har introducerats på annan väg, vilket kan möjliggöra etablering och spridning till andra områden.

## Referenser

- Andersson, J. (1980). *Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979-1980*. Solna: Naturvårdsverket.
- Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket. Statens naturvårdsverk.
- Andersson, J., Bryhn, A., Fagerholm, B., Jansson, M., Lingman, A. & Wernbo, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2013*. (Aqua reports, 2015:6). Öregrund: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/14609/> [2021-02-23]
- Andersson, J., Cardinale, M., Fagerholm, B., Hjelm, J. & Pettersson, E. (2011). *Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006-2010*. Fiskeriverket.
- Bryhn, A.C., Andersson, J. & Petersson, E. (2014). *Mortality of European glass eel (Anguilla anguilla juveniles) at a nuclear power plant*. International review of hydrobiology., 99 (4), 312–316. <https://doi.org/10.1002/iroh.201301632>
- Dekker, W., Van Gemert, R., Bryhn, A., Sjöberg, N., & Wickström, H. (2021). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2021: fourth post-evaluation of the Swedish eel management*. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/26203>
- Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M. & Bergström, U. (2011). *Effects of Altered Offshore Food Webs on Coastal Ecosystems Emphasize the Need for Cross-Ecosystem Management*. *Ambio*, 40 (7), 786–797. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0158-0>
- Funk, S., Frelat, R., Möllmann, C., Temming, A., & Krumme, U. (2021). *The forgotten feeding ground: patterns in seasonal and depth-specific food intake of adult cod Gadus morhua in the western Baltic Sea*. *Journal of Fish Biology*, 98(3), 707-722.
- Grimås, U., Jacobsson, A. & Neuman, E. (1988). *Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968-1987*. (Naturvårdsverket rapport, 3463). Solna.
- Havs- och vattenmyndigheten (2013). *Bonnemaisonia hamifera Japantofs*. Havs- och vattenmyndigheten. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f764/1448458992332/faktablad-bonnemaisonia-hamifera-japantofs.pdf> [2021-0215]
- Havs- och vattenmyndigheten (2014a) *Torsk*. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/torsk.html> [2023-02-14]

- Havs- och vattenmyndigheten (2014b) *Rödspätta*.  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/rodspatta.html> [2023-02-14]
- Havs- och vattenmyndigheten (2015a). *Blåskrabba* *Hemigrapsus sanguineus*.  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/blaskrabba.html> [2021-02-16]
- Havs- och vattenmyndigheten (2015b). *Sargassosnärja*. *Sargassosnärja*. [text].  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/sargassosnarja.html> [2021-02-15]
- ICES (2018). *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. Gdansk.  
[https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGEEL/wgeel\\_2018.pdf](https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGEEL/wgeel_2018.pdf) [2021-02-24]
- ICES (2019). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 1:50). ICES.  
<http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545> [2021-02-15]
- ICES (2020). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 2:82). ICES.  
<http://www.ices.dk/sites/pub/PublicationReports/Forms/DispForm.aspx?ID=37090> [2021-02-22]
- Jan, R.-Q., Chen, J.-P., Lin, C.-Y. & Shao, K.-T. (2001). *Long-term monitoring of the coral reef fish communities around a nuclear power plant*. *Aquatic ecology*, 35 (2), 233–243. <https://doi.org/10.1023/A:1011496117632>
- Johansson, G., Eriksson, K., Pedersen, M. & Snoeijs, P. (1998). *Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area*. *Hydrobiologia*, 385 (1), 121–138. <https://doi.org/10.1023/A:1003405826222>
- Karlsson, J. (1997). *Utbredning av sargassosnärja - Sargassum muticum - vid den svenska västkusten 1996*. (Slutrapport till Världsnaturfonden). WWF.  
<https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/algae/phaeophy/sargmuti/wwf1996.pdf> [2021-02-15]
- Kordas, R.L., Harley, C.D.G. & O'Connor, M.I. (2011). *Community ecology in a warming world: The influence of temperature on interspecific interactions in marine systems: Global Change in Marine Ecosystems*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 400 (1–2), 218–226
- Käll, F., Falk, A., Sjöholm, J., Jaktén Langert, W. & Nyquist, N. (2023). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2022* (Aqua reports, 2023:2). Lysekil. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.
- MacDougall, A. & Turkington, R. (2005). *Are Invasive Species the Drivers or Passengers of Change in Degraded Ecosystems?* *Ecology* (Durham), 86 (1), 42–55. <https://doi.org/10.1890/04-0669>
- Mooney, H.A. & Cleland, E.E. (2001). *The Evolutionary Impact of Invasive Species*. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 98 (10), 5446–5451. <https://doi.org/10.1073/pnas.091093398>
- Nellbring, S. (2014). *Codium fragile* Klykkal. *Havs- och vattenmyndigheten*.  
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f769/1448458994137/faktablad-codium-fragile-klykkal.pdf> [2021-02-15]
- Norén, K. (2003). *Hamndun (Aglaothamnion halliae)*. [www.havochvatten.se](http://www.havochvatten.se).  
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/14>

48458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf [2021-02-15]

- Nowakowski, K., & Sługocki, L. (2021). *Short-term heat shock perturbation affects populations of Daphnia magna and Eurytemora carolleeae: a warning to the water thermal pollution*. Scientific reports, 11(1), 1-8.
- Neuman, E. (1988). *Effekter av Ringhalsverkets kylvattenutsläpp på det strandnära fisksamhället*. Naturvårdsverket Rapport 3462, 1–25.
- Pan, S. Y., Snyder, S. W., Packman, A. I., Lin, Y. J., & Chiang, P. C. (2018). *Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus*. Water-Energy Nexus, 1(1), 26-41.
- Pihl, L. (1982). *Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast*. Netherlands journal of sea research, 15 (3), 419–432. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(82\)90068-0](https://doi.org/10.1016/0077-7579(82)90068-0)
- Rajagopal, S., Jenner, H.A. & Venugopalan, V.P. (2012). *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems*. 1. Aufl., 2012. New York, NY: Springer-Verlag, Springer, Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1698-2>
- Silva, P.C. (1957). *Codium in Scandinavian waters*. Svensk Botanisk Tidskrift, 51(1), 117-134.
- Sundqvist, F., Flink, H., Looström, J. & Pärlo, L. (2019). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk*. (Aqua reports, 2019:2). Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/16066/> [2021-02-16]
- Sundqvist, F., Svanfeldt, K. & Svensson, L. (2018). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2017*. (Aqua reports, 2018:6). Öregrund Drottningholm Lysekil: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/15394/> [2021-02-23]
- Teixeira, T.P., Neves, L.M. & Araújo, F.G. (2009). *Effects of a nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil*. Marine environmental research, 68 (4), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2009.06.004>
- Thome, C., Mitz, C., Sreetharan, S., Mitz, C., Somers, C.M., Manzon, R.G., Boreham, D.R. & Wilson, J.Y. (2017). *Developmental effects of the industrial cooling water additives morpholine and sodium hypochlorite on lake whitefish (Coregonus clupeaformis)*. Environmental toxicology and chemistry, 36 (7), 1955–1965. <https://doi.org/10.1002/etc.3727>
- Thoresson, G. (1996). *Metoder för övervakning av kustfiskbestånd*. Kustlaboratoriet, Fiskeriverket. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:havochvatten:diva-317> [2021-02-16]
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. & Westbrooks, R. (1996). *Biological Invasions as Global Environmental Change*. American scientist, 84 (5), 468–478.
- Xu, D., Wang, H., Han, D., Chen, A., & Niu, Y. (2021). *Phytoplankton community structural reshaping as response to the thermal effect of cooling water discharged from power plant*. Environmental Pollution, 285, 117517.