



Aqua reports 2022:7

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2021

Karin Thompson-Svanfeldt, Jakob Looström och Filip Käll



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2021

Karin Thompson-Svanfeldt *Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser*

Jakob Looström *Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser*

Filip Käll *Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser*

Rapportens innehåll har granskats av:

Andreas Bryhn *Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser*

Malin Werner *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.

Publikationsansvarig: Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU),
Institutionen för akvatiska resurser

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår: 2022

Utgivningsort: Lysekil

Illustrationer: Provfiske i recipientområdet. Foto: Patric Ceder

Serietitel: Aqua reports

Delnummer i serien: 2022:7

ISBN: 978-91-576-9957-2 (elektronisk version)

Nyckelord: Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, fiskyngel, främmande arter

Sammanfattning

Ringhals kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. På grund av intag och utsläpp av havsvatten som kyler processen i verket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i det biologiska recipientkontrollprogrammet. Föreliggande årsrapport presenterar resultat av undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2021. 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 under våren två olika årliga provtagningar för att övervaka förlusterna i kraftverket, en provtagning av fiskägg och fisklarver, och en provtagning av yngel och juvenil fisk. I ägg- och larvprovtagningen 2021 var den vanligaste förekommande fiskäggen ägg från plattfiskar och torsk, medan de vanligaste fiskarterna i fångsten av fisklarver var rötsimpa, rödspätta och tobis. Provtagningen i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel är till stor del fokuserad på fångsterna av glasål (*Anguilla anguilla*). Fångsterna av glasål har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Minskningen har varit likartad i hela utbredningsområdet (Europa, norra Afrika samt västra Asien) och är inte ett resultat av förlusterna i kylvattenintaget.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga provfisker på tre lokaler: recipientområdet vid Ringhals, som påverkas av kylvattnet, referensområdet vid Vendelsö, som är opåverkat av kylvatten, och området vid Norra Horta, som är delvis påverkat av kylvattnet. Provfisket genomförs årligen vid två perioder, under april och augusti. År 2021 var skärsnultra den vanligaste fiskarten vid provfisket. Generellt var förekomsten av varmvattengynnade arter högre i recipientområdet och förekomsten av kallvattengynnade arter högre i referensområdet. Totalfångsten av strandkrabba var hög i samtliga lokaler och fiskeperioder med kulmen i recipientområdet i augusti.

För att undersöka eventuell förekomst av invasiva främmande arter genomförs årliga dykkarteringar utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. År 2021 observerades tre invasiva främmande arter av alger (sargassosnärja, rödsvansing och japantofs) och en invasiv främmande djurart (japanskt jätteostron).

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan	9
3. Kontrollprogram och metodik	10
3.1. Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna	10
3.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	10
3.1.2. Håvning med Isaac-Kidd-yngelhåv	10
3.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten.....	11
3.2.1. Provfiske med ryssjor	11
3.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation	11
3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	12
4. Resultat	14
4.1. Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna	14
4.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	14
4.1.2. Håvning med Isaacs-Kidd-yngeltrål	16
4.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten.....	19
4.2.1. Provfiske med ryssjor	19
4.2.2. Sjukdomar	25
4.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation	25
4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	26
5. Diskussion	29
Referenser	32

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 2021 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 dels med referensområdet vid det opåverkade området Vendelsö och dels med det delvis påverkade området Norra Horta. Resultaten presenteras i årliga rapporter (exempelvis: Persson et al. 2021). 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 baskontrollprogrammet. För genomförande av det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua).

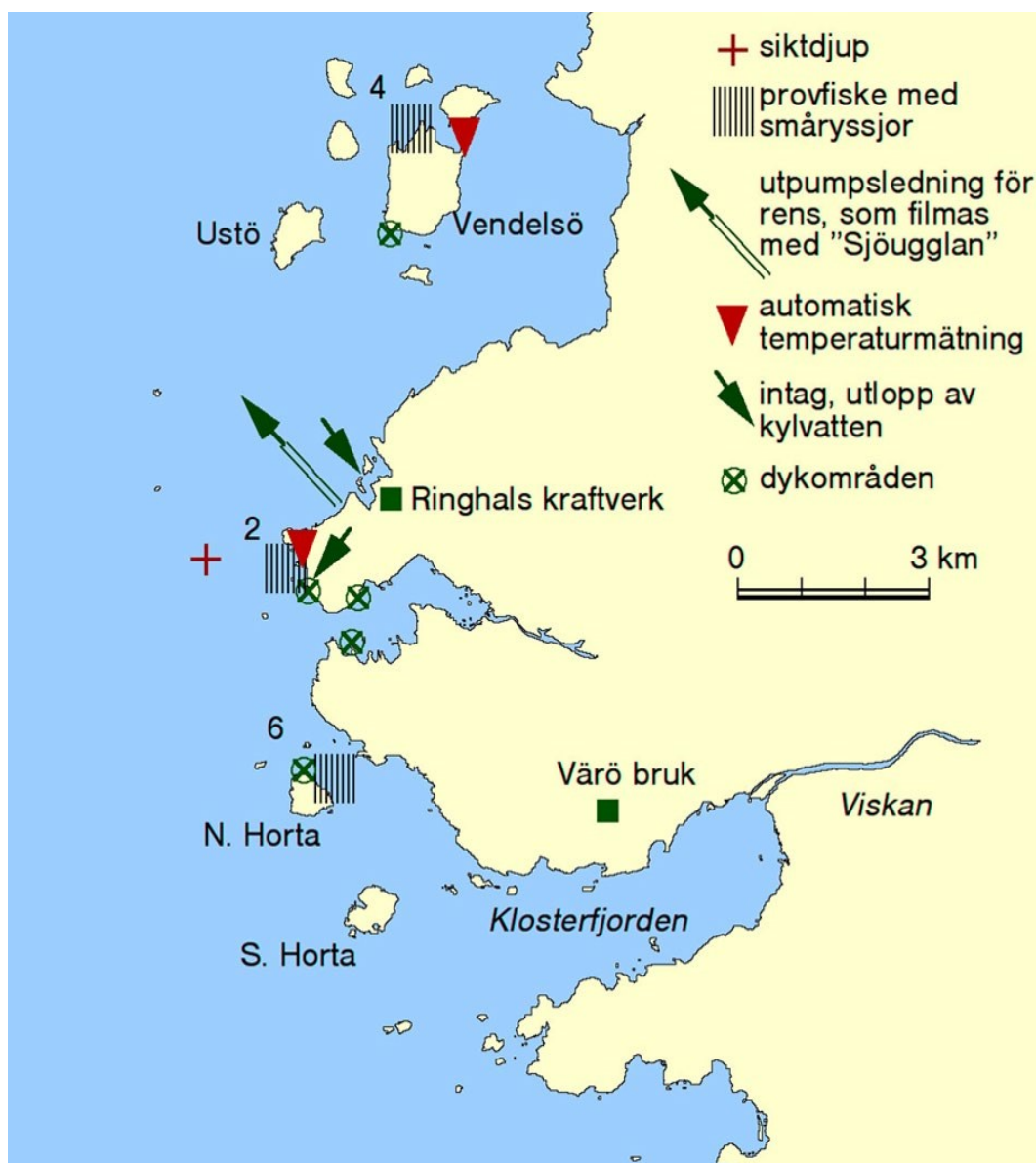
Kraftverkets påverkan har tidigare noterats dels som en ökad dödlighet hos de ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i kraftverkets silstationer, dels som förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion, samt etablering av invasiva främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson et al. 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2021 års undersökningar genomförda enligt kontrollprogrammet.

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk medför en risk för negativa effekter 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. Området utanför Norra Horta bedöms vara delvis påverkat av kylvattenutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar.

Intaget av kylvatten från strandområdet påverkar också fisksamhället vid Ringhals kraftverk. Från lekomyråden 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 större fisk.

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.



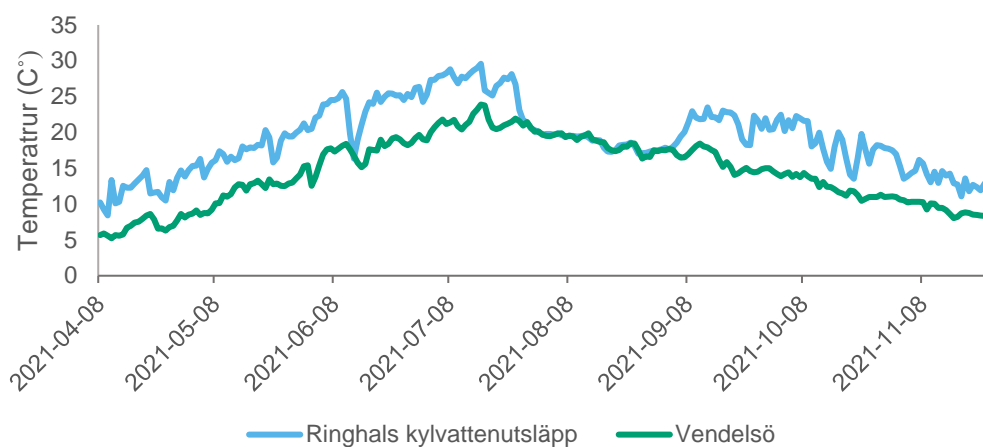
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6), fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, referenspunkt för siktdjup,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

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. Under september 2019 påbörjades den slutliga avstängningen av reaktor 2 och effekten trappades succesivt ned fram till 30 december då elproduktionen upphörde. Sedan årsskiftet 2019/2020 har reaktor 2 varit permanent stängd. Nedstängningen av reaktor 1 genomfördes 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.

Det totala kylvattenflödet låg runt 92 m³/s under januari- juni och september-december, och detta motsvarar full drift på de två kvarvarande reaktorerna 2021. Under sommarmånaderna (juni-september) har båda reaktorer genomgått revision och kylvattenflödet har därför varierat mellan 14,8 m³/s och 53,3 m³/s med ett genomsnitt på 40,7 m³/s.

Temperaturen i utsläppsområdet påverkas av det utgående kylvattnet och skiljer sig därför jämfört med temperaturen i referensområdet vid Vendelsö (figur 2). Under sensommarens revision var det ingen märkbar skillnad i vattentemperatur mellan kylvattenutsläppet och Vendelsö 2021. Under 2021 har temperaturen varit ungefär 4,5 grader högre i utsläppsområdet än i referensområdet.



Figur 2. Medeltemperatur (°C) per dygn i recipientområdet vid Ringhals utsläpp och i referensområdet vid Vendelsö under perioden mars till november 2021.

3. Kontrollprogram och metodik

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

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 (tidigare år 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 µm (Andersson 1985). Håvningarna genomförs dagtid två gånger i veckan under cirka 10–15 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-Kidd-yngelhåv

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk utförs med en modifierad Isaacs-Kidd-yngeltrål med en maskvidd på 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. 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.

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 under ett dygn.

Varje individ i fångsten artbestämdes och mättes. Vägning skedde per art och station, och om flera individer fångades av samma art vägdes de tillsammans och medelvikt beräknades per individ och art. 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 rensvallret från intagskanalen sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där pumpar skickar vidare materialet genom en tub som mynnar vid 9 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). Tuben filmades den 9:e september 2021 från cirka 4 meters djup ned mot mynningen på cirka 9 meters djup och sedan i utökade cirklar runt mynningen under 25–30 minuter.



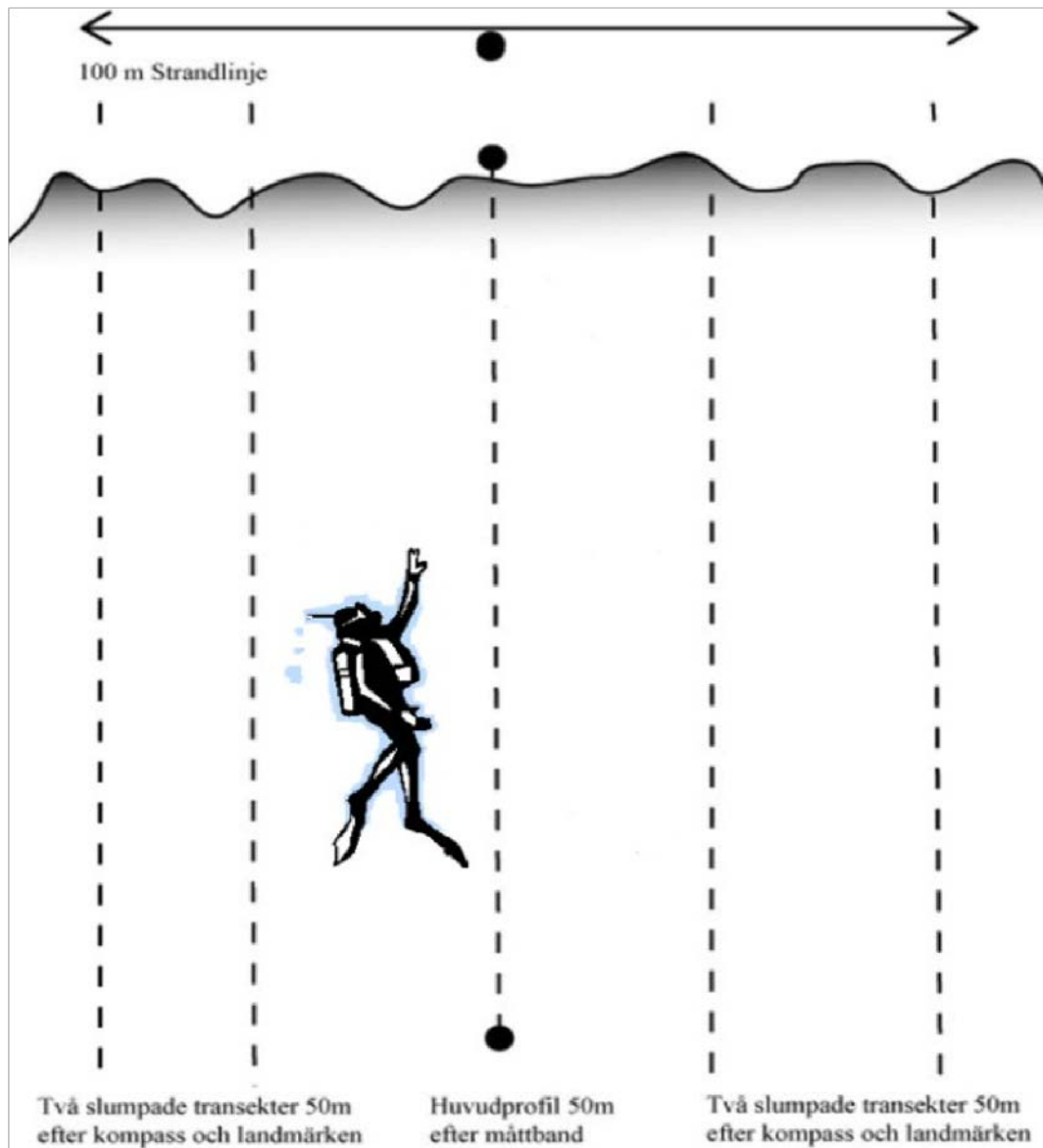
Figur 3. ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto: Jakob Looström

3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Förekomsten av främmande arter vid Ringhals kärnkraftverk kontrolleras årligen genom dykkarteringar. Dessa sker på tre lokaler vartannat år, och på fem lokaler övriga år. År 2021 utfördes dykkarteringen på tre lokaler: Ringhals udde, Norra Horta söder om Ringhals, och Vendelsö norr om Ringhals.

På varje lokal inventerades fastsittande flora och fastsittande fauna för att upptäcka och uppskatta mängden främmande och invasiva arter. 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 uppskattades inom en korridor av fyra till fem meter. Längs övriga transekter, fyra per område, noterades enbart främmande arter av alger samt algbältesgränser.



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

4. Resultat

4.1. Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

4.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2021, som pågick från vecka 1 till och med vecka 18, fångades 16 olika arter av fisklarver (tabell 1). Medelvärde för antalet fångade fisklarvsarter per år har varit 13,3 för hela provtagningsserien (1979–2021) och 15,0 för den senaste 10-årsperioden (2012–2021). Under 2021 års provtagning noterades inga nya fiskarter i larvstadium.

De vanligaste arterna/taxonomiska grupperna av fångade fisklarver under 2021 var rötsimpa, följt av rödspätta, tobis (kust- och havstobis), tejstefisk, sill, torsk och plattfisklarver (sand- och skrubbskädda).

Medelantalet larver 2021 uppmättes till 28,9 /100m³ vilket är något högre än genomsnittet för alla år. Medelantalet larver/100m³ för hela provtagningsperioden är 26,7 och den senaste 10-årsperiodens genomsnitt är 63,7 larver/100m³. 2021 års värde är något högre än värdet 2020 som uppmättes till 23,6 larver/100m³.

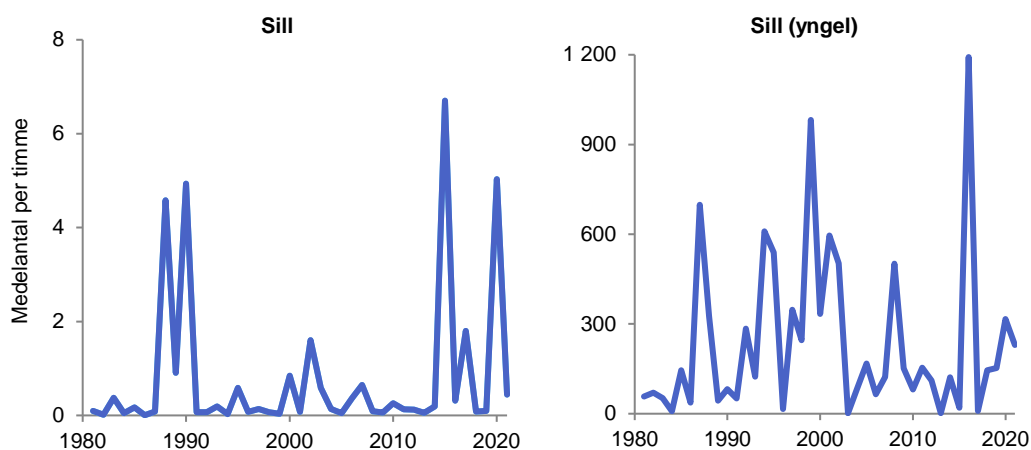
Två kommersiellt viktiga arter som fångas är torsk och rödspätta. Det bör dock noteras att riktat fiske på torsk i Kattegatt har varit förbjudet i flera år på grund av ett utarmat torskbestånd. Larvfångster av torsk 2021 var genomsnittliga jämfört med hela provtagningsperioden men under genomsnittet för de senaste 10 åren. För rödspätta låg fångsterna över både genomsnittet för hela provperioden och de senaste 10 åren. Att fångsterna av torsk 2021 ligger under genomsnittet för den senaste 10-årsperioden kan dock förklaras av rekordfångster under 2019 (figur 5 respektive figur 6).

Utmärkande för 2021 var den hittills största fångsten av fiskägg som uppgick till 637 ägg per 100 m³. Jämfört med medelfångsten för hela tidsserien (115 ägg/100 m³) och den senaste 10 åren (154 ägg/100 m³) var fångstgenomsnittet 2021 markant högre. Mest förekommande arter/taxonomiska grupper i fångsterna är små plattfiskägg (skrubbskädda och sandskädda (388,4 ägg/100 m³) och torsk (44,2 ägg/100 m³), följt av rödspätta (9,6 ägg/100 m³). Medelantalet ägg av rödspätta låg nära genomsnittet för både hela tidsserien och den senaste 10-årsperioden och torsk låg över medelvärdet för både hela tidsserien för den senaste 10-årsperioden. I övrigt

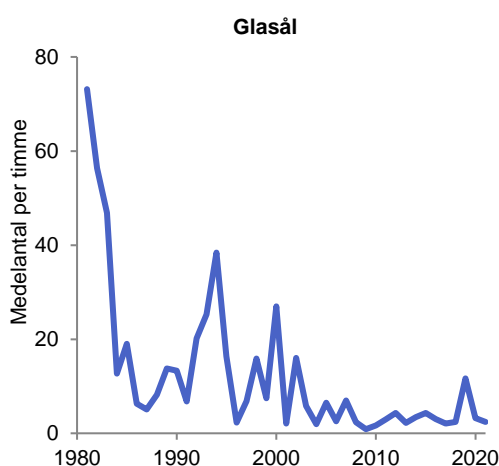
påträffades även ett stort antal ägg som endast kunde klassas till storleksgrupp och inte artbestämmas.

Tabell 1. Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 1 till och med vecka 18 under 2021. För varje art anges medelvärdet (antal per 100 m³). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2021. Ej artbestämda fångster är exkluderade.

Art/taxon	Antal per 100 m ³
Rötsimpa	5,77
Rödspätta	5,68
Tobis (kust-/havs-)	4,92
Tejstefisk	2,99
Sill	2,57
Torsk	2,31
Sandskädda	1,98
Skrubbskädda	1,61
Oxsimpa	0,17
Spetsstjärtat lågebarn	0,13
Montagus ringbuk	0,13
Femtömmad skärlånga	0,10
Tångsnälla	0,09
Tångsnärta	0,05
Lerskädda	0,03
Skäggsimpa	0,02
Total fångst (medelantal/100 m ³)	28,55
Antal arter	16



Figur 5. Förekomsten av juvenil sill (vänster) och sillyngel (höger) i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) under februari-maj åren 1981–2021. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 6. Förekomsten av glasål i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) till februari-maj, 1981–2021. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde.

4.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

4.2.1. Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 18 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 16 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 15 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 15 fiskarter och 1 kräftdjursarter vid Ringhals, 15 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 15 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 4).

2021. I helhet så var fångsten av fisk (individer per timme) lägre än föregående år och medelfångsten för hela tidsperioden.

Sill var den vanligaste arten i fångsten 2021, där yngel från höstlekande populationer dominerade stort. Sill fångades både som yngel och som juveniler. Fångsten per ansträngning av juvenil sill under 2021 (0,44/h) var mycket lägre än fångsten under 2020 (5,0/h). Medelfångsten av sill under hela provperioden (0,78/h) påverkas av väldigt höga fångster vid ett fåtal år (figur 7), där 2020 var ett av de åren med mest fångst. Även fångsterna av sillyngel uppvisade stora mellanårsvariationer (figur 7), där 2021 låg under medelfångsterna för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2021: 229/h, 1981–2021: 239/h, 2012–2021: 230/h).

Den näst vanligast förekommande arten i fångsten 2021 var klarbult. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet fångade klarbultsindivider i medeltal under 2021 var mycket låg, och lägre än medeltalen för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2021: 13,5/h, 1981–2021: 103/h, 2012–2021: 115/h).

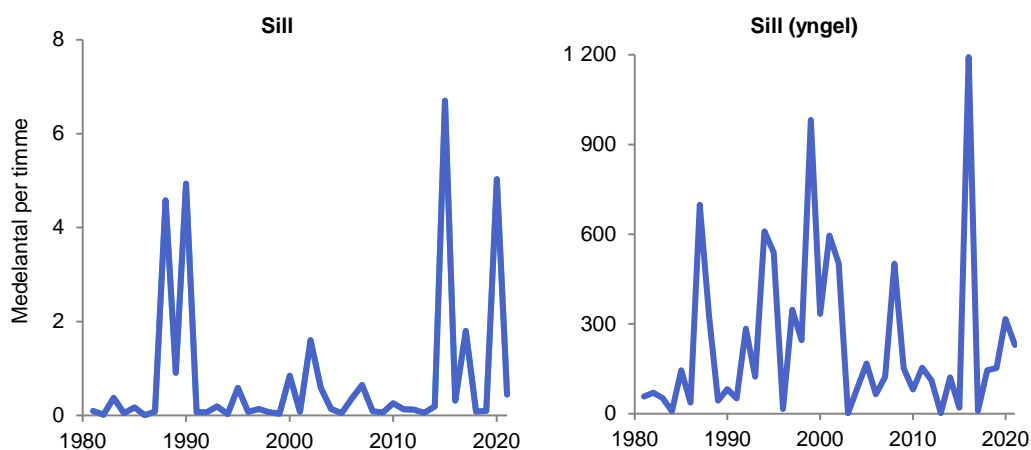
Ål (glasål) var den tredje vanligaste arten i fångsten och medelfångsten 2021. Medelantalet fångade glasål 2021 liknade det 2020, men var fem gånger lägre än medelantalet för hela provtagningsperioden och närmare hälften jämfört med senaste tioårsperioden (medelantal 2021: 2,4/h, medelantal 2020: 3,2/h, 1981–2021: 12,4/h, 2012–2021: 3,9/h).

Den fjärde vanligaste arten i fångsten 2021 var sandstubb, vars fångst var liknande den av medelfångsten för den senaste tioårsperioden, men närmare tre gånger lägre än hela perioden (medelantal 2021: 1,90/h, 1981–2021: 6,21/h, 2012–2021: 2,23/h).

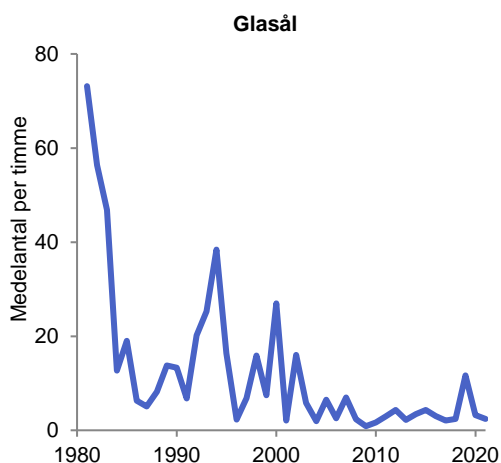
Den femte vanligaste arten i provtagningen var tobis (yngel). Antalet individer av tobisyngel i fångsten 2021 var 20 gånger mindre än den under 2020, vilket är förklarligt då 2020 var det året med högst fångst under hela tidsserien (figur 8). Detta medför också att fångsten 2021 var lägre än den för senaste tioårsperioden (medelantal 2021: 1,44/h, 2012–2021: 3,95). Fångsten för 2021 var dock något högre än medelfångsten för hela tidsperioden. (1981–2021: 0,97/h).

*Tabell 2 (nästa sida). Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd-yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med maj 2021. 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 2021. Arter markerade med *, ** eller *** är samma art i olika livsstadier. Alla arter utan stjärna efter namnet förekom endast i ett livsstadium under provtagningen.*

Art	Fångst per timme
Sill (yngel) *	229
Klarbult	13,5
Glasål **	2,44
Sandstubb	1,90
Tobis (yngel) ***	1,44
Bergstubb	1,21
Storspigg	1,13
Skarpsill	1,06
Tobis (kust-/havs-) ***	1,06
Sill *	0,441
Mindre kantnål	0,409
Skrubbskädda	0,305
Torsk	0,250
Stensnultra	0,168
Tejstefisk	0,148
Större kantnål	0,091
Tånglake	0,082
Rödspätta	0,080
Gulål **	0,075
Tjockläppad multe	0,075
Sjustrålig smörbult	0,073
Tobiskung	0,064
Tångsnälla	0,061
Sjurygg	0,055
Laxsill	0,048
Flodnejonöga	0,043
Svart smörbult	0,043
Havskatt	0,039
Rötsimpa	0,027
Tångspigg	0,021
Småtunga	0,011
Femtömmad skärlånga	0,007
Mindre havsnål	0,007
Skärsnultra	0,007
Sandskädda	0,005
Skäggsimpa	0,005
Småspigg	0,005
Tunga	0,005
Fjärsing	0,002
Gråsej	0,002
Nors	0,002
Oxsimpa	0,002
Randig sjökock	0,002
Skäggtorsk	0,002
Större havsnål	0,002
Öring	0,002
Alla arter	256
Antal arter	43



Figur 7. Förekomsten av juvenil sill (vänster) och sillyngel (höger) i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) under februari-maj åren 1981–2021. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 8. Förekomsten av glasål i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) till februari-maj, 1981–2021. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde.

4.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

4.2.1. Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 18 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 16 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 15 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 15 fiskarter och 1 kräftdjursarter vid Ringhals, 15 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 15 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 4).

Vid provfisket i april var skärsnultra den mest förekommande fiskarten vid Ringhals och Norra Horta, medan rötsimpa var den mest förekommande arten vid Vendelsö. Vid provfisket i augusti var skärsnultran den mest förekommande arten i samtliga områden. Andra arter som förekom i höga antal vid samtliga områden var torsk, stensnultra och skrubbskädda i april, samt stensnultra, gulål, torsk, gråsej och svart smörbult i augusti. Likt föregående år var strandkrabba det i särklass vanligaste kräftdjuret i fångsten under både april och augusti i alla områden.

Totalfångsten av samtliga fiskarter under provfisket i april och augusti, 1976–2021, vid alla tre områdena presenteras i figur 9. Jämfört med föregående år fångades färre individer per ansträngning av fisk och skaldjur inom samtliga fiskeområden under både april och augusti.

Fångsten av skärsnultra 2021 var lägre både under fisket i april och i fisket i augusti vid alla områden jämfört med fångsten 2020 (figur 10). Liksom tidigare år fångades det dock betydligt fler skärsnultror vid alla områden i augusti än i april. Flest skärsnultror fångades vid Norra Horta (15,7 skärsnultror per ansträngning) respektive Ringhals (14,1 skärsnultror per ansträngning) under fisket i augusti.

Antalet torsk i fångsten 2021 var lägre än föregående år vid alla lokaler under fisket i april (figur 11). Mest torsk per ansträngning fångades vid Norra Horta (1,04 torskar per ansträngning), och minst antal torsk fångades vid Ringhals (0,46 torskar per ansträngning). I augusti fångades det något fler torskar vid Ringhals 2021 än föregående år (figur 11; 0,22 torskar per ansträngning, jämfört med 0,21 torskar per ansträngning 2020). Vid både Vendelsö och Norra Horta fångades det 2021 lägre antal torsk än föregående år (0,15 respektive 0,49 torskar per ansträngning).

Fångsten av gulål 2021 var mindre i alla områden än fångsten föregående år både under fisket i april och under fisket i augusti (figur 11). Lägst var fångsterna i Ringhals, Vendelsö och Norra Horta i april (0,03, 0,03 respektive 0,06 gulålar per ansträngning). Den högsta fångsten av gulål 2021 var vid Ringhals i augusti (0,65 gulålar per ansträngning).

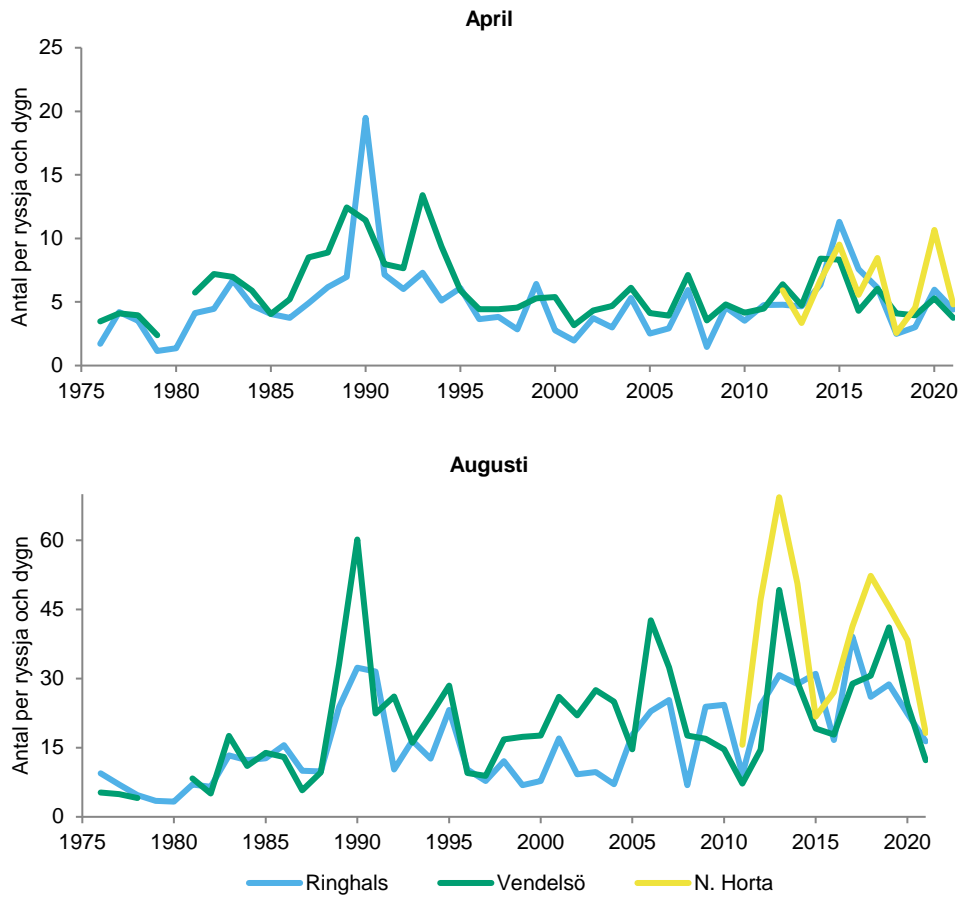
Fångsten av tånglake 2021 var något högre än föregående år vid lokalerna Ringhals och Vendelsö under både fisket i april och fisket i augusti (figur 11). Vid lokalen Norra Horta var däremot fångsten av tånglake något lägre än föregående år både under fisket i april och i fisket i augusti (figur 11). Lägst var fångsten av tånglake 2021 vid Ringhals i augusti (0,01 tånglakar per ansträngning) och högst var fångsten av tånglake vid Vendelsö i april (0,70 tånglakar 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 2021.

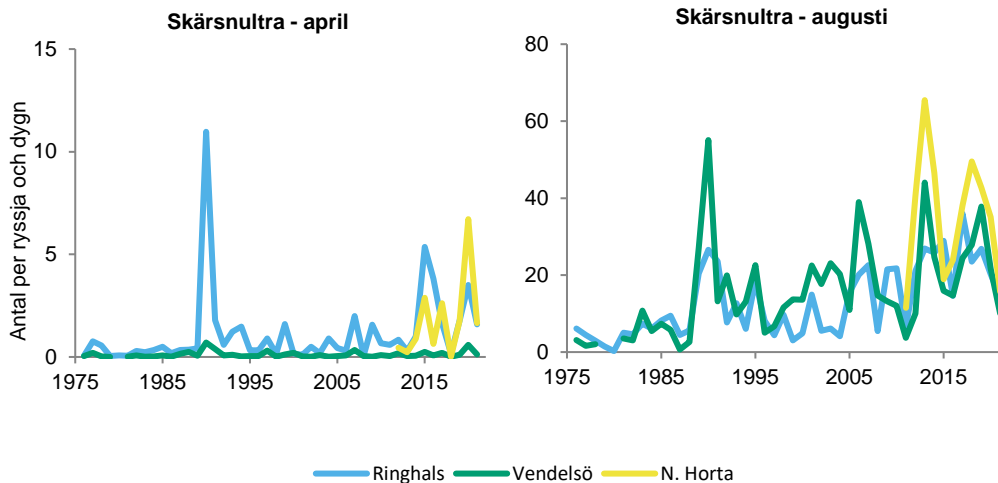
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnultra	171	1,58	13	0,12	182	1,69
Stensnultra	72	0,67	57	0,54	57	0,53
Torsk	50	0,46	80	0,75	114	1,06
Skrubbskädda	41	0,38	42	0,40	11	0,10
Svart smörbult	31	0,29	20	0,19	6	0,06
Femtömmad skärlånga	28	0,26	6	0,06	30	0,28
Rötsimpa	26	0,24	98	0,92	47	0,44
Tånglake	15	0,14	74	0,70	18	0,17
Gråsej	11	0,10	3	0,03	42	0,39
Oxsimpa	10	0,09	1	0,01	5	0,05
Rödspätta	7	0,06	4	0,04	1	0,01
Större kantnål	4	0,04				
Gulål	3	0,03	3	0,03	7	0,06
Tångspigg	2	0,02			1	0,01
Tunga	1	0,01	2	0,02		
Grässnultra	1	0,01			8	0,07
Bergvar	1	0,01			0	0,00
Öring	1	0,01				
Piggvar			1	0,01		
Sandskädda			1	0,01		
Tejstefisk			1	0,01		
Totalfångst fisk	475	4,40	406	3,83	529	4,90
Antal fiskarter	18		16		15	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	963	8,92	457	4,31	507	4,69
Europeisk hummer	1	0,01				
Eremitkräfta			2	0,02		
Hästräka			1	0,01		
Krabbtaska			1	0,01	3	0,03
Totalfångst kräftdjur	964	8,93	461	4,35	510	4,72
Antal kräftdjursarter	2		4		2	

Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2021. Notera att gulål och blankål är två artnamn på samma art (*Anguilla anguilla*) i olika livsstadier.

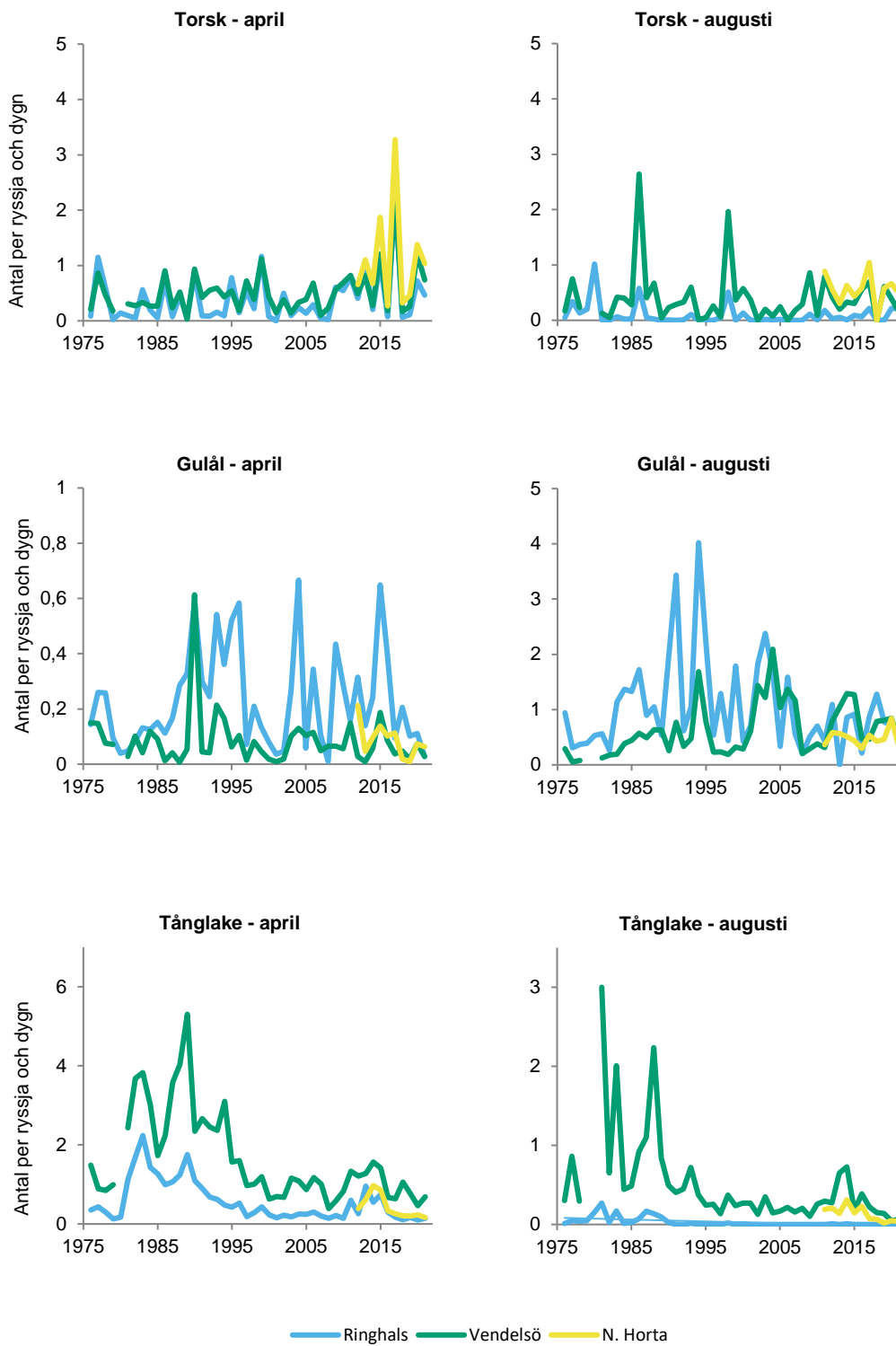
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnultra	1524	14,11	1061	10,01	1695	15,69
Gulål	70	0,65	44	0,42	35	0,32
Stensnultra	48	0,44	71	0,67	48	0,44
Svart smörbult	38	0,35	24	0,23	29	0,27
Gråsej	34	0,31	32	0,30	50	0,46
Torsk	24	0,22	16	0,15	53	0,49
Skrubbskädda	16	0,15	9	0,08	13	0,12
Oxsimpa	6	0,06	3	0,03		
Rödspätta	4	0,04				
Rötsimpa	3	0,03	22	0,21	12	0,11
Vitling	3	0,03	10	0,09	18	0,17
Femtömmad skärlånga	1	0,01			1	0,01
Tunga	1	0,01	2	0,02	2	0,02
Tånglake	1	0,01	7	0,07	4	0,04
Obestämd fiskart	0	0,00	0	0,00	1	0,01
Berggylta			2	0,02	2	0,02
Blankål			1	0,01		
Tejstefisk					1	0,01
Totalfångst fisk	1773	16,42	1304	12,30	1964	18,19
Antal fiskarter	15		15		15	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	3216	29,78	1885	17,78	2849	26,38
Europeisk hummer			1	0,01	1	0,01
Krabbtaska			1	0,01	3	0,03
Tångräka obestämd			7	0,07		
Totalfångst kräftdjur	3216	30	1894	18	2853	26
Antal kräftdjursarter	1		4		3	



Figur 9. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2021 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 10. Antal per ryssja och dygn, av skärsnulta vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2021, vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 11. Antal per ryssja och dygn, av torsk, gulål och tånglake vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2021 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 inga av totalt 1410 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom. Vid fisket i augusti uppvisade 18 av de totalt 5041 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom, varav 9 var torskar med hudsår och 9 var gulål med rödsjuka. Alla 18 sjuka individer fångades vid Ringhals kylvattenutsläpp.

4.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation

Botten längs med tuben dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande rödalger samt inslag av större stenar. Stora mängder av döda skal påträffades i området utanför tubens mynning (figur 12. A). Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (figur 12. B). Där utsläppstuben mynnar har tidigare år en vall av biologiskt material, bestående av förmultnande alger och rester från fisk och andra vattenlevande djur observerats, i år var denna vall mindre än tidigare år (figur 12 A och C). Omkring tuben observerades vanligt förekommande arter som krabbtaska (*Cancer pagurus*), strandkrabba (*Carcinus maenas*), stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*), skärnsultra (*Symphodus melops*) och vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*). Vid årets filmning syntes inga större förändringar i området kring tuben jämfört med tidigare år



Figur 12. A) Musselskal utanför tubens mynning. B) Påväxt av brun- och rödalger. C) Vall av dött organiskt material vid tubens mynning, utan utflöde. D) Stensultror vid tubens mynning.

4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Den fastsittande faunan och florin inventerades i juni 2021 på tre lokaler utanför Ringhals område. På de tre inventerade lokalerna 2021 registrerades 43 fastsittande arter, varav 41 algarter och ett ryggradslöst djur. Vid Ringhals utsläppsområde påträffades tre främmande arter, japanskt jätteostron (*Magallana gigas*), rödalgen rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och brunalgen sargassosnärja (*Sargassum muticum*).

Förekomsten av de främmande arterna vid extratransekterna och huvudtransekterna 2021 visade förekomst av japanskt jätteostron, rödsvansing, rödalgen japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och brunalgen sargassosnärja. Sargassosnärja och rödsvansing påträffades endast vid Ringhals utsläpp. Enskilda exemplar av japantofs påträffades vid Norra Horta och Vendelsö. Japanskt jätteostron påträffades vid Ringhals utsläpp och Norra Horta (tabell 5). Samtliga främmande arter som påträffades 2021 är kända sedan tidigare längs den svenska västkusten (tabell 5 och tabell 6).



Japanskt ostron *Magallana gigas*. Foto: Patrik Boman.

Tabell 5. Alla arterer som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2021. 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>Bryopsis hypnoides</i>			1
	<i>Chaetomorpha melagonium</i>			
	<i>Chaetomorpha linum</i>		1	1
	<i>Cladophora rupestris</i>			
	<i>Cladophora spp.</i>		2	2
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>			
	<i>Cladophora sp.</i>	3		
	<i>Ulva compressa</i>			
	<i>Ulva flexuosa</i>			
	<i>Ulva intestinalis</i>			
	<i>Ulva lactuca</i>			
	<i>Ulva linza</i>	1		
Brunalger	<i>Zostera marina</i>			
	<i>Chorda filum</i>			3
	<i>Chordaria flagelliformis</i>			
	<i>Desmarestia aculeata</i>			
	<i>Desmarestia viridis</i>			1
	<i>Dictyosiphon chordaria</i>			
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>			
	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>			
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	1	2	3
	<i>Elachista fucicola</i>			
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>		3	3
	<i>Halidrys siliquosa</i>	3	2	3
	<i>Halosiphon tomentosus</i>			
	<i>Laminaria digitata</i>		2	
	<i>Leathesia marina</i>			
	<i>Punctaria tenuissima</i>			
	<i>Saccharina latissima</i>		2	1
	<i>Sargassum muticum</i>	3		
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		2		
<i>Spermatocchnus paradoxus</i>				
<i>Sphaerotrichia divaricata</i>			1	
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	3	2	2	
<i>Spongonema tomentosum</i>				
Rödalgler	<i>Aglaothamnion halliae</i>			
	<i>Aglaothamnion hookeri</i>			
	<i>Ahnfeltia plicata</i>		3	2
	<i>Antithamnion cruciatum</i>			
	Acrochaetiaceae		1	
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>		1	1
	<i>Brongniartella byssoides</i>	3	3	2
	<i>Callithamnion corymbosum</i>			
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	2	3	3
	<i>Ceramium virgatum</i>	2	2	
	<i>Chondrus crispus</i>	3	3	3
	<i>Coccotylus/Phyllophora*</i>	3	3	3
	<i>Corallina officinalis</i>			
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	3	3	3
	<i>Dasva baillouviana</i>	3		
	<i>Dasysiphonia japonica</i>			
	<i>Delesseria sanguinea</i>	1	3	2
	<i>Dumontia contorta</i>			
	<i>Erythrotrichia carnea</i>			
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	3	3	3
	<i>Lithothamnium/Phymatolithon*</i>			
	<i>Membranoptera alata</i>		3	2
	<i>Palmaria palmata</i>		3	
	<i>Phycodrys rubens</i>		2	
	<i>Plumaria plumosa</i>		2	1
	<i>Polyides rotundus</i>	2	3	2
	<i>Polysiphonia elongata</i>	2		
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	3	3	3
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	2	3	3
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	3		
<i>Polysiphonia stricta</i>			2	
<i>Rhodomela confervoides</i>		2	2	
<i>Spermothamnion repens</i>	3	3	3	
Fauna	<i>Halichondria panicea</i>			
	<i>Magallana gigas</i>	3	2	
	<i>Mytilus edulis</i>			

Tabell 6. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter under de senaste fem åren (2017–2021). Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå). De grå fälten anger att ingen inventering genomfördes i området under det året.

Område	Art	Brunalg					Rödalg															Fauna										
		Sargassosnärlja					Rödsvansing					Japantofs					Japanplym					Hamndun					Japanskt jätteostron					
		7	8	9	0	1	17	18	19	20	21	17	18	19	20	21	18	19	20	21	18	19	20	21	17	18	19	20	21			
Ringshals	A	2	3	3	3	2				1	1																1	1	1	2	3	
	B	3	3	2	2	3	1			1	2																1	1	1	2	2	
	C	3	3	3	3	3	1			1		3								1			1	1				1	1	2	3	3
	D	3	3	1	2	3				1	2																1	1	1	1	2	
	E	2	3	2	2	3				1	2																1	1	1	1	2	
Båtafjorden norra	A	1				1																									1	
	B	2				1																					1				1	
	C	3				3														1												
	D	2									1																1					
	E	1																									1				2	
Båtafjorden södra	A					1					1																1					
	B	2				1																					1					
	C	1									1																1			2		
	D	2									1																1					
	E	1				1					1																1					
Norra Horta	A																														1	
	B																														1	
	C										2	1	1	1	1	1						1	1								2	
	D																														1	
	E																														1	
Vendelsö	A																														1	
	B																															
	C											1	1	1	1	1						1										
	D																										1					
	E																															

5. Diskussion

Förlusterna av unga livsstadier av fisk som kärnkraftverkets kylvattenintag medför kan påverka bestånden av arter olika beroende på arternas levnadsmönster. För stationära arter som rötsimpa, tejstefisk och tånglake kan man förvänta sig lokala effekter redan vid relativt små förluster. Liknande effekter skulle kylvattenintaget kunna ha på 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 rörs sig både inom och utanför Kattegatt.

Förekomsten av ägg i undersökningen påverkas av flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. Medeltemperaturen 2021 var 10,1 °C vilket är över medeltemperaturen för hela provtagningsperioden som är 4,4 °C. Salthalten har stor inverkan på fiskäggets flytkraft då hög salthalt ökar äggets flytkraft medan låg salthalt bidrar till att äggen sjunker mot botten och riskerar att dö på grund av för låg syrehalt eller predation. I och med att Bongohåven flyter vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg. Under provtagningen 2021 var medelsalthalten 22 psu vilken är något högre än genomsnittet för hela provtagningsperioden som är 21,2 psu. Medelförekomsten av ägg 2021 var relativt hög jämfört med hela provtagningsperioden, vilket kan ha påverkats av den höga vattentemperaturen. Förekomsten av fisklarver var genomsnittlig 2021 jämfört med hela provtagningsperioden.

Fångsten under provtagningen för yngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd-trål påverkas likt förekomsten av ägg och larver av flera olika faktorer, till exempel variation i strömmar, temperatur och salthalt, förekomst av predatorer eller mer storskaliga faktorer som klimatförändringar. Under provtagningen 2021 fångades ett genomsnittligt antal arter jämfört med hela provtagningsperioden. En något högre fångst än genomsnittet gjordes av sill, men lägre än medel fångades av de flesta andra arterna.

Glasälens minskning i antal kan inte härledas till lokala effekter utan är snarare en spegling av den totala utvecklingen av arten inom hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (Dekker et al. 2021; ICES 2018, 2019, 2020).

Tiden för provtagning av ägg och larver i intagskanalen sammanfaller med kända lekperioder för torsk och plattfiskar i Kattegatt, 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 på beståndsnivå troligtvis är liten.

Kontrollen av utsläppstub från renshus och silstation visade främst en minskning av mängden döda krabbor och musselskal vid tubens mynning. Detta beror troligtvis på kraftverkets minskade produktion. Den minskade produktionen innebär att mindre vatten tas in i processen och därmed går färre organismer in i renshuset och silstationen.

Fångstmängden och artsammansättningen av fisk- och skaldjursarter i ett provfiske påverkas till stor del på vattentemperaturen, både temperaturen vid provfisketillfället, men också på 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, men det kan också bero på förändringar i arters aktivitet eller förändringar i beståndsstorlekar som resultat av tidigare temperaturförändringar.

Totalfångsterna i april bestod framför allt av skärsnultra, torsk, stensnultra och skrubbskädda, medan de arter som förekom i högst antal under augusti var skärsnultra, stensnultra, gulål, torsk, gråsej och svart smörbult. Den i antal högst förekommande arten, skärsnultra, förekom dock i mindre antal än föregående år vid samtliga områden.

Skärsnultra och stensnultra är två varmvattengynnade arter, så den höga abundansen framför allt i recipientområdet visar tydligt på effekter i artsammansättningen vid förändringar i vattentemperaturen. Torsk, som är en kallvattengynnad art, hade högre täthet i referensområdet än vid recipientområdet, liksom de kallvattengynnade arterna tånglake och rötsimpa. Som förväntat visade provfisket i augusti generellt större antal av varmvattengynnade arter och färre kallvattengynnade arter jämfört med fisket i april, då kallvattengynnade arter generellt väljer att vistas på djupare vatten där temperaturen är mer stabil under de varmare månaderna.

Likt tidigare år utgjordes fångsten av kräftdjur framför allt av strandkrabba och fångstantalet var betydligt högre i augusti jämfört med april. Gemensamt för både fisket i april och augusti var att antalet fångade strandkrabbor var betydligt större i recipientområdet jämfört med referensområdena. Anledning till hög abundans av strandkrabba kan förmodligen inte enbart kopplas till temperatureffekter vid Ringhals kylvattenutsläpp utan även till en generell minskad förekomst av predatorer, som till exempel torsk (Pihl 1982; Eriksson et al. 2011; Funk et al. 2021).

Under årets dykinventering hittades tre främmande arter av alger (sargassosnärja, rödsvansing och japantofs) och en främmande djurart (japanskt jätteostron). Under samtliga inventeringar har förekomsten av sargassosnärja varit riklig i området vid Ringhals udde, som är påverkat av det uppvärmda kylvattnet från Ringhals. Sargassosnärja är klassad som en potentiellt 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 1992–1993 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 men arten har i motsats till sargassosnärjan endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast har en minimal påverkan från 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 grader och en lång natt på hösten för att påbörja en sexuell reproduktion (Havs- och vattenmyndigheten 2013), förhållanden som är ovanliga relativt i våra svenska vatten, men som borde vara vanligare området kring Ringhals utsläpp som är värmepåverkat.

Rödalgen rödsvansing påträffades första gången i svenskt vatten i Gullmarn 1953 men finns idag året om på västkusten. 2020 påträffades rödsvansing vid både Ringhals Kylvattenutsläpp och Norra Horta men under årets dykinventering påträffades den endast vid Ringhals Kylvattenutsläpp. Denna förändring kan bero på att dykinventeringen 2020 flyttades från den normala tiden på året (i juni) till augusti/september och 2021 utfördes inventeringen 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 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 (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 [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/Publication%20Reports/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
- 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.
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/1448458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf> [2021-02-15]
- Nowakowski, K., & Sługocki, Ł. (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.
- 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.
- Persson, S. & Looström, J. (2021). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport 2020 (Aqua reports, 2021:1)*. Lysekil. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.

- 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>
- 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.

