



Aqua reports 2021:1

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2020

Staffan Persson, Jakob Looström



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2020

Staffan Persson
Jakob Looström

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
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

Publikationsansvarig:

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

Utgivare:

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår:

2021

Utgivningsort:

Lysekil

Illustrationer:

Ringhals kärnkraftverk siktas från Vendelsö Foto: Frida Sundqvist

Serietitel:

Aqua reports

Delnummer i serien:

2021:1

ISBN:

978-91-576-9836-0 (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 kylvatten från havet 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 2020 med fokus på samhällena av fisk och skaldjur, förluster av ägg, larver och yngel i kylvattenvägarna samt förekomsten av främmande arter.

I kylvattenintaget utförs under våren årliga provtagningar av fiskägg och fisklarver med Bongohåv för att övervaka förlusterna i kraftverket. Plattfisklarver var den vanligaste fångsten bland fisklarver i provtagningen 2020. Provtagning i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel är till stor del fokuserad på fångsterna av glasål (*Anguilla anguilla*) och utförs med hjälp av en modifierad Isaacs-Kidd-trål. 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, dels i recipientområdet vid Ringhals, som påverkas av kylvattnet, i referensområdet vid Vendelsö, som är opåverkat av kylvatten, och i området vid Norra Horta, som är delvis påverkat. För att inkludera årstidsvariationer i vattentemperatur, genomförs provfisket årligen vid två tillfällen, i april och i augusti. År 2020 var skärnsultra 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 tämligen hög i samtliga lokaler och fiskeperioder med kulmen i recipientområdet i augusti.

För att undersöka eventuell förekomst av främmande arter genomförs årliga dykkarteringar utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. År 2020 noterades fem för västkusten främmande arter under dykinventeringen, samtliga kända sedan tidigare längst med den svenska västkusten. Utöver dessa fem arter i inventeringen fångades ytterligare en främmande art, asiatisk blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*) vid provfisket i utsläppsområdet i både april och augusti.

Abstract

Ringhals nuclear power plant is one of Sweden's largest electricity producers. Due to the intake from and discharge of cooling-water into the sea, that cools the process in the plant, there is an impact on the surrounding coastal water environment. This impact is monitored and analyzed in the ongoing biological recipient control program. This annual report presents the results in the surveys within the control program for 2020. It focuses on the communities of fish and shellfish, losses of eggs, larvae and fry in the cooling waterways and the presence of alien species.

During the spring, annual sampling of fish eggs and fish larvae with Bongo net is carried out in the intake channel for cooling water to monitor the losses in the power plant. Flatfish larvae were the most frequent catch among fish larvae in sampling during 2020. 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 by using a modified Isaacs-Kidd-trawl. Glass eel catches have declined strongly since the 1980s. The decline in abundance has been similar throughout the distribution area (Europe, northern Africa and western Asia) and is not a result of the losses in cooling water intake.

The effect of the cooling-water released into the sea is monitored by yearly fyke net surveys in the recipient area of Ringhals, affected by the cooling water, in the reference area at Vendelsö, unaffected by cooling-water, and in the area at Norra Horta, which is partly affected. To include seasonal variations in water temperature, the surveys were conducted yearly at twice, in April and in August. In 2020, corkwing wrasse was the most common fish species in test fishing. In general, the occurrence of hot water-favored species was higher in the recipient area and the occurrence of cold-water-favored species was higher in the reference area. The total catch of shore crab was quite high in all places and fishing periods with the peak in the recipient area in August.

To investigate the presence of marine invasive alien species, yearly scuba diving surveys were conducted outside the power plant's cooling water discharges. In 2020, five species alien to the west coast were found during the diving inventory, all of which have previously occurred along the Swedish west coast. In addition to these five species in the inventory, another alien species, the Asian blue crab (*Hemigrapsus sanguineus*), was caught during the fyke net fishery in the recipient area in both April and August.

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 Isaacs-Kidd-yngeltrål	10
3.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten	11
3.2.1. Provfiske med ryssjor	11
3.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation	12
3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	13
4. Resultat	15
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 Isaacs-Kidd-yngeltrål	18
4.2. Övervakning av fisk i recipienten av kylvatten.....	21
4.2.1. Provfiske med ryssjor	21
4.2.2. Sjukdomar	25
4.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation	26
4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	27
5. Diskussion	30
Referenser	33

1. Inledning

Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Ringhals kraftstation 2020 med fokus på samhällena 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: Sundqvist et al. 2019). Fördjupade analyser av kylvattenhanterings 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 främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson et al. 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2020 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) eftersom många marina fisk- och evertebratarter är temperaturkänsliga (Kordas et al. 2011; se även litteratursammanställning i Thome et al. 2017). En uppvärmning av området kan 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 (Figur 1), ligger sju kilometer nordost om utsläppets mynning, och bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (Figur 2). Från augusti 2011 har ett nytt fiskeområde tillkommit, tre kilometer från utsläppsområdet, vid kusten utanför Norra Horta. Detta område bedöms vara delvis

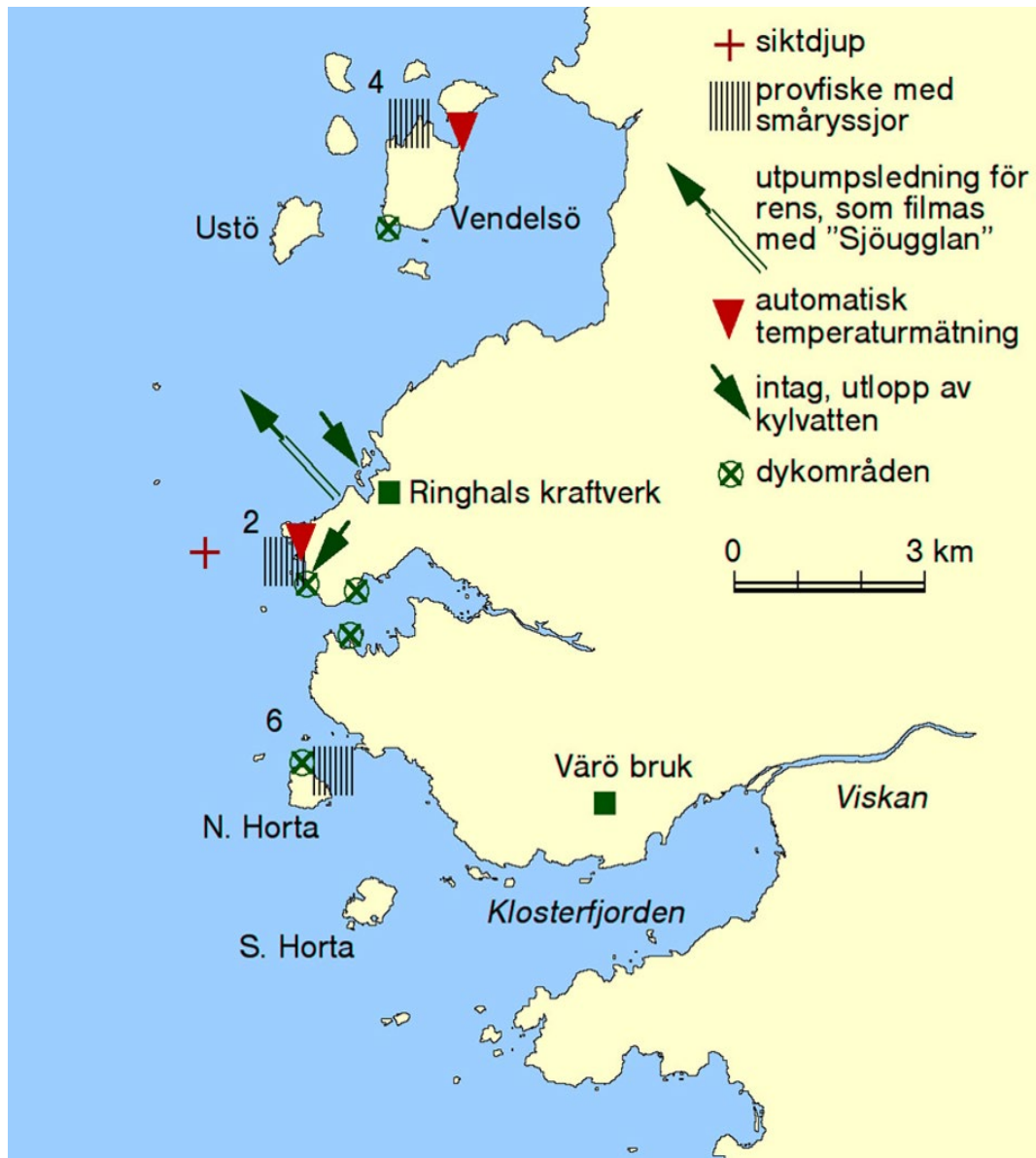
påverkat av kylvattensutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar. Referensområden används för att kunna urskilja förändringar beroende på kärnkraftverkets drift, jämfört med förändringar på grund av externa faktorer, som klimat, salthalt eller mänsklig påverkan från andra faktorer än kraftverket.

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% (Bryhn et al. 2014). Det årliga bortfallet kan orsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen håvningar 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). Samtidigt kan etableringen av främmande arter gynnas av uppvärmningen, då de potentiellt är bättre anpassade för det nya miljöförhållandet (Mooney & Cleland 2001; MacDougall & Turkington 2005; Rajagopal et al. 2012). Av denna anledning undersöks förekomsten av främmande arter årligen i en påverkansgradient från kylvattensläppet. Syftet är att upptäcka nyetableringar av främmande arter, notera förekomster, samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.



Figur 1. Vittjning av ryssjor vid Vendelsö. Foto. Patric Ceder



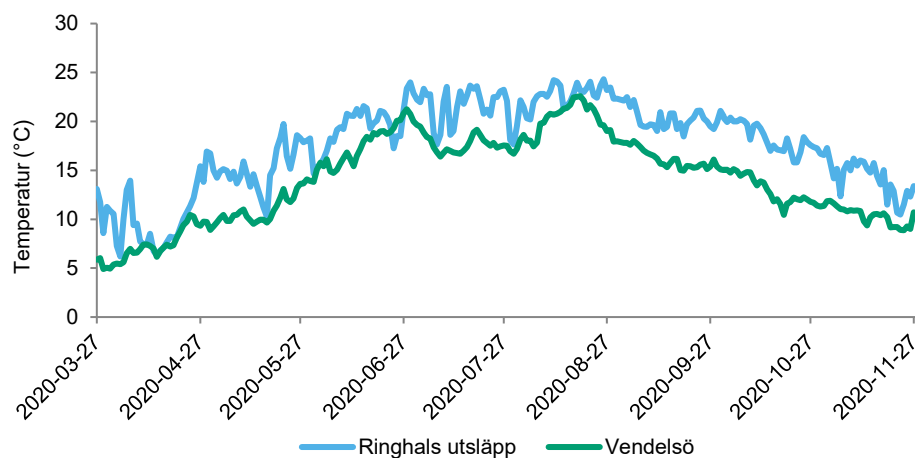
Figur 2. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6). Fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, samt renshusledningen för återtransport 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 gjordes vid årsskiftet 2020/2021. I övrigt har samtliga reaktorer varit i drift under större delen av året, med undantag för vissa kortare avställningar i samband med revision.

Det totala kylvattenflödet låg runt $135 \text{ m}^3/\text{s}$ under kvartal ett och fyra, detta motsvarar full drift på de tre kvarvarande reaktorer 2020. Under kvartal två och tre har samtliga reaktorer genomgått revision och kylvattenflödet har därför varierat mellan $58 \text{ m}^3/\text{s}$ och $96 \text{ m}^3/\text{s}$ med ett genomsnitt på $75 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket motsvarar ån Lagans medelvattenföring i utloppet (SMHI 2014).

Temperaturen i utsläppsområdet påverkas av det utgående kylvattnet och skiljer sig därför jämfört med temperaturen i referensområdet vid Vendelsö (Figur 3). Under 2020 har temperaturen varit ungefär 3,5 grader högre i utsläppsområdet än i referensområdet.



Figur 3. Medeltemperatur (°C) per dygn i recipientområdet vid Ringhals utsläpp och i referensområdet vid Vendelsö under perioden mars till november 2020.

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. Provtagning genomfördes från början i intagskanalen till reaktor 1 och 2. På grund av beslut om nedläggning av reaktor 1 och 2 vid årsskiftena 2020/2021 respektive 2019/2020 flyttades den ordinarie provtagningen till intagskanalen för reaktor 3 och 4.

Nuvarande utformning av provtagningen i intagskanalen har varit gällande sedan 1981 (Andersson 1985). Programmet är utformat för att främst övervaka kommersiellt viktiga arter, och är inriktat på ägg och larver av torsk och plattfisk, samt på yngel och juvenil fisk av arterna sill och ål (glasål).

3.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Fiskägg och fisklarver från vinterlekande arter samlas sedan 1979 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. Ägg som inte går att artbestämma, mäts och delas in i storleksklasser. Kylvattenflödet i intagskanalen mäts med en flödesmätare (General Oceanics). Antalet fångade ägg och larver sätts i relation till vattenflödet genom att omräknas till antal ägg respektive larver per 100 m³ av det inkommande kylvattnet.

3.1.2. Håvning med Isaacs-Kidd-yngeltrål

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk efter arter som leker på sensommaren och under hösten utförs sedan 1981 med en modifierad Isaacs-Kidd-yngeltrål med en maskvidd på 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två

gångar i veckan under perioden februari till och med april. Trålen sätts ut på eftermiddagen och vittjas på morgonen följande dag. Trålen fiskar därmed 15 till 17 timmar vid varje tillfälle, vilket räknas som en ansträngning. Fångsten sorteras och artbestäms så långt som möjligt till art eller till taxonomisk grupp. Alla individer inom en art eller en taxonomisk grupp vägs tillsammans och antalet individer räknas. I det fall då det förekommer ett stort antal individer av en art vägs samtliga individer och därefter tas ett stickprov där antalet individer räknas och vägs varefter totalantalet kan beräknas.

Flödet i intagskanalen varierar beroende på kraftverkets drift och för att undvika att inom- och mellanårsvariationer av antalet individer beror på olika flöden, korrigeras antalet individer per ansträngning så att det alltid motsvarar det antal individer som skulle ha fångats vid maximalt flöde. Detta gör att en variation i resultaten mer avspeglar den naturliga variationen av yngel och juvenil fisk inom provtagningsperioden och mellan år. I årsrapporterna redovisas därmed medelantalet individer per ansträngning 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 (Figur 2). Området vid Ringhals anses vara kraftigt påverkat av kylvattenutsläppet, medan området vid Vendelsö anses vara opåverkat. Området vid Norra Horta anses vara ett måttligt påverkat område, som under vissa vind- och strömförhållanden kan förväntas få något förhöjda temperaturer på grund av kylvattenutsläppet. Inom varje fångstområde har sex stationer provfiskats med två enkelryssjor sammankopplade strut i arm på varje station (Thoresson 1996). Varje station har fiskats vid nio tillfällen, där varje tillfälle varade under ett dygn. Vid varje station mättes botten temperaturen vid redskapet i samband med vittjning och ett medelvärde beräknades för respektive område.

Varje individ i fångsten artbestämdes och mättes. Vägning skedde per art och station, och om flera individer fångats av samma art vägdes de tillsammans och medelvikt beräknades per individ och art. I årsrapporten redovisas resultaten för de vanligaste och ur ekonomisk eller biologisk synpunkt mest intressanta arterna.

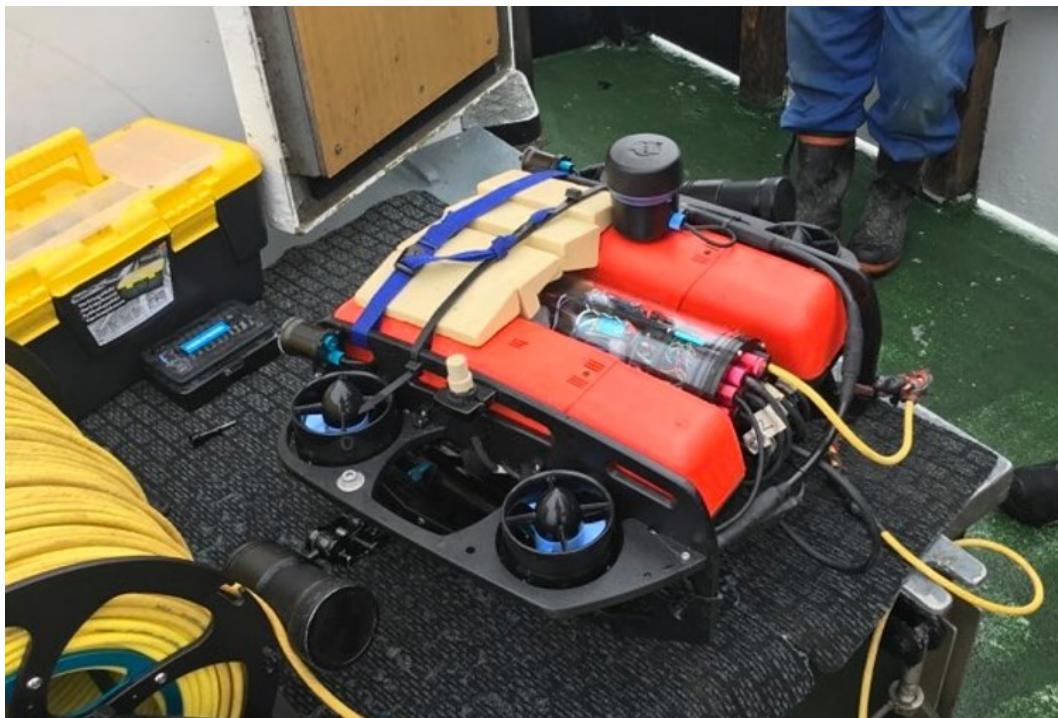
Fångstdata användes för att avgöra om det fanns skillnader mellan recipient- och referensområdet.

Varje individ i fångsten från fiske med småryssjor kontrollerades med avseende på yttre synliga sjukdomstecken och skador. Data över sjuka fiskar sammanställdes och presenterades per art och sjukdomssymptom.

3.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

När kylvattnet pumpas in i kraftverket kan grövre material och fisk följa med vattenströmmen. Återtransporten av det material som fastnar i silar och i rengallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där pumpar skickar vidare materialet genom en tub som mynnar vid 9 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar som utfördes 2007–2010 beräknade att dödligheten av ål som pumpades tillbaka ut i havet är cirka 15 procent. Mindre resistent fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (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 4), en undervattensfarkost som styrs från ytan. Under 2020 genomfördes filmningen den 15 september. Tuben filmades 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 4. ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto: Staffan Persson

3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

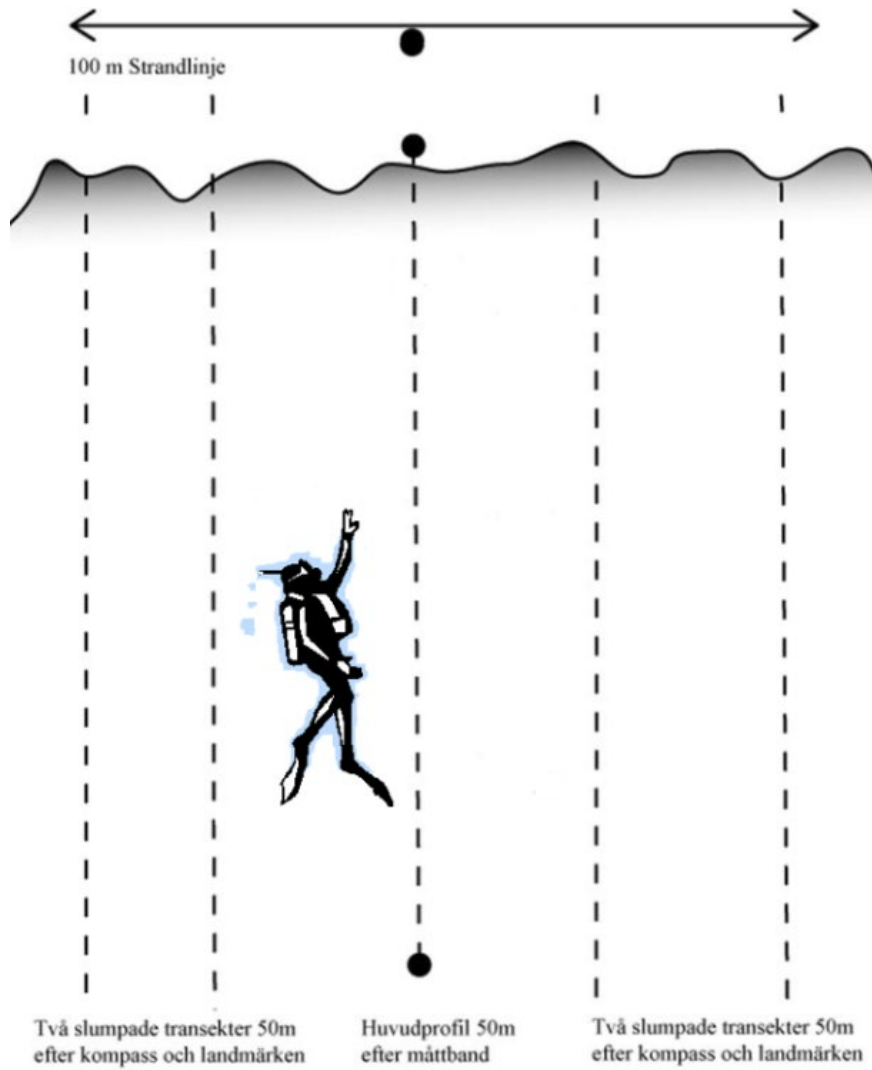
Förekomsten av främmande arter vid Ringhals kärnkraftverk kontrolleras årligen. Vartannat år sker mer omfattande kontroller och vartannat år mindre omfattande kontroller. De år med mer omfattande kontroller sker inventering inne på Ringhals område i svallbassäng T2 och huvudkylvattentunnel R4 samt i anslutning till recipienten sker dykinventeringar på fem lokaler. Dessa fem lokaler är Ringhals udde, Norra Horta söder om Ringhals, Vendelsö norr om Ringhals och två lokaler i Båtafjorden (norra och södra delen) strax söder om Ringhals (Figur 2).

De år med mindre omfattande kontroller sker endast dykinventeringar i anslutning till recipienten, då vid tre av de fem lokalerna. Dessa tre lokaler är Ringhals udde, Norra Horta söder om Ringhals, och Vendelsö norr om Ringhals. År 2020 utfördes dykinventering vid samtliga fem lokaler i anslutning till recipienten. Ingen kontroll utfördes inne på Ringhals område. Årets algkartering utfördes, på grund av reserestriktioner under covid-19 pandemin, under augusti/september istället för under juni som de flesta andra år.

Platserna som inventeras under dykkarteringen representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utsläppspunkten för kylvatten.

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 5). Samtliga transekter var 50 meter långa.

Längs huvudtransekten noterades bottensubstrat, och samtliga arters täckningsgrad uppskattades inom en korridor av fyra till fem meter. Vidare registrerades avstånd från land och vattendjup där varje väsentlig förändring i artsammansättning eller bottenstruktur skedde. Svårbestämda arter fotograferades i fält eller samlades in i nätpåsar för närmare artbestämning under stereolupp på laboratoriet. Längs övriga transekter, fyra per område, noterades enbart främmande arter av alger samt algbältesgränser. Förekomsten av arter utmed dessa transekter registrerades enligt en tregradig skala där (1) motsvarade enstaka förekomst, (2) allmänt förekommande samt (3) dominerande.



Figur 5. 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 2020, som pågick från vecka 1 till och med vecka 18, fångades 16 olika arter av fisklarver (Tabell 1). Medelvärdet för antalet fångade fisklarvararter per år har varit 13,3 för hela provtagningsserien (1979–2020) och 15,0 för den senaste 10-årsperioden (2010–2020). Under 2020 års provtagning noterades inga nya fiskarter i larvstadium.

De vanligaste arterna/taxonomiska grupperna av fångade fisklarver under 2020 var plattfisklarver (sand- och skrubbskädda) följt av torsk, sill, tobis (kust- och havstobis), tejstefisk och rötsimpa.

Medelantalet larver 2020 uppmättes till 23,6 /100m³ vilket är något lägre än genomsnittet. Medelantalet larver/100m³ för hela provtagningsperioden är 26,6 och den senaste 10-årsperiodens genomsnitt är 62,0 larver/100m³. 2020 års värde är markant lägre än värdet 2019 som uppmättes till 322 larver/100m³, men 2019 var det år med störst antal larver/100m³ sedan undersökningens början.

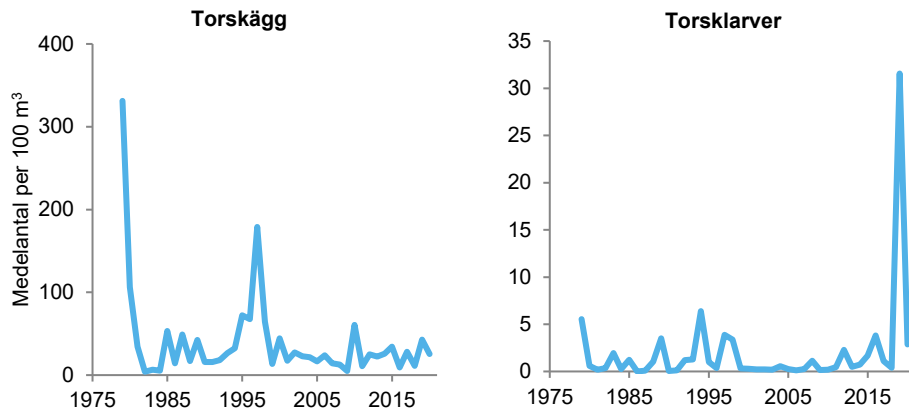
Larvfångster av kommersiellt viktiga arter som torsk och rödspätta 2020 var genomsnittliga jämfört med hela provtagningsperioden men under genomsnittet för de senaste 10 åren. Att fångsterna 2020 ligger under genomsnittet för den senaste 10-årsperioden kan dock förklaras av rekordfångster av både torsk och rödspätta 2019 (Figur 6 respektive Figur 7).

Medelantalet ägg per 100 m³ har fluktuerat relativt mycket under perioden mellan 1979 och 2020 (högsta: 428 ägg/100 m³, lägsta: 6,7 ägg/100 m³ och medel: 103 ägg/100 m³). 2020 var medelantalet 119 ägg/100 m³, vilket är relativt genomsnittligt jämfört med hela provtagningsperioden. Mest förekommande arter/taxonomiska grupper i fångsterna är små plattfiskägg (skrubbs- och sandskädda) (78,6 ägg/100 m³) och rödspätta (25,5 ägg/100 m³), följt av torsk (13,2 ägg/100 m³). Medelantalet ägg av rödspätta låg väldigt nära genomsnittet för både hela tidsserien och den senaste 10-årsperioden och torsk låg under medelvärdet för både hela tidsserien men väldigt nära medelvärdet för den senaste 10-årsperioden.

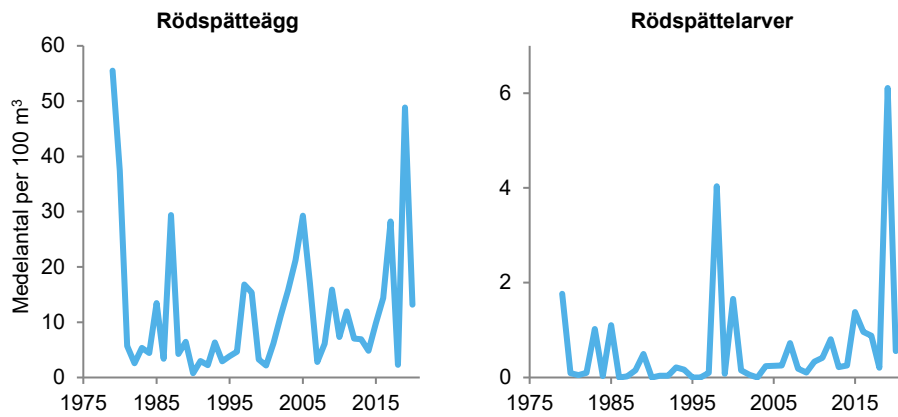
I övrigt påträffades även ett stort antal ägg som endast kunde klassas till storleksgrupp och inte artbestämmas.

Tabell 1. Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 1 till och med vecka 18 under 2020. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m³). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2020. Ej artbestämda fångster är exkluderade.

Art/taxon	Antal per 100 m ³
Sandskädda	7,23
Skrubbskädda	5,93
Torsk	2,87
Sill	2,65
Tobis (kust-/havs-)	1,18
Tejstefisk	0,84
Rötsimpa	0,79
Oxsimpa	0,57
Rödspätta	0,56
Montagus ringbuk	0,18
Femtömmad skärlånga	0,14
Skäggsimpa	0,10
Vanlig ringbuk	0,09
Tångsnälla	0,06
Skarpsill	0,04
Lerskädda	0,01
Total fångst (medelantal/100 m ³)	23,57
Antal arter	16



Figur 6. Förekomsten (medelantal per 100 m³ vatten) av torskägg och torsklarver fångade under vecka 1–18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2020. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 7. Förekomst (medelantal per 100 m³ vatten), av rödspätteägg och rödspättelarver fångade under vecka 1–18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2020. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

4.1.2. Håvning med Isaacs-Kidd-yngeltrål

Under provtagningsperioden 2020 utfördes 19 håvningar med Isaac-Kidd-yngeltrål vilket är något färre än genomsnittet för hela provtagningsperioden (genomsnitt 21,8 håvningar). Detta berodde på ogynnsamt väder med hårda vindar och högt vattenstånd vilket förhindrade provtagningen vid ett par tillfällen. Under 2020 fångades 41 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd-yngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (Tabell 2). Det är över genomsnittet för hela provtagningsperioden (34,9 arter) men jämförbart för den senaste tioårsperioden (41,5 arter). En ny art för undersökningen påträffades 2020, söt- och brackvattensfisken siklöja (Figur 8).

Sill (yngel) var den vanligaste arten i fångsten 2020. Sill fångades både som yngel och som juveniler och 2020 fångades det näst högsta medelantalet juveniler sedan provtagningsperiodens början. Medelantalet juveniler var 2020 sju gånger större än medelantalet för hela provtagningsperioden (medelantal 84/natt 2020, medelantal 12/natt 1981–2020). Ynglen dominerade stort numerärt och var välutvecklade individer från höstlekande populationer. Fångsterna av sillyngel uppvisade stora mellanårsvariationer (Figur 9) men fångsten 2020 låg över medelfångsterna för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2020: 5306/natt, 1981–2020: 3532/natt, 2011–2020: 3715/natt)

Den näst vanligast förekommande arten i fångsten 2020 var klarbult. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet fångade klarbultsindivider i medeltal under 2020 var högre än medeltalen för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2020: 3574/natt, 1981–2020: 1865/natt, 2011–2020: 1496/natt)

Kust-/havstobis var den tredje vanligaste arten i fångsten och medelfångsten 2020 var det största sedan provtagningen början. Medelantalet fångade kust-/havstobis 2020 var sex gånger högre än medelantalet för hela provtagningsperioden (medelantal 2020: 683/natt, 1981–2020: 115/natt)

Den fjärde vanligaste arten i fångsten 2020 var skarpsill som även den låg långt över medelfångsten för både hela perioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2020: 78,1/natt, 1981–2020: 9,9/natt, 2011–2020: 10,7/natt)

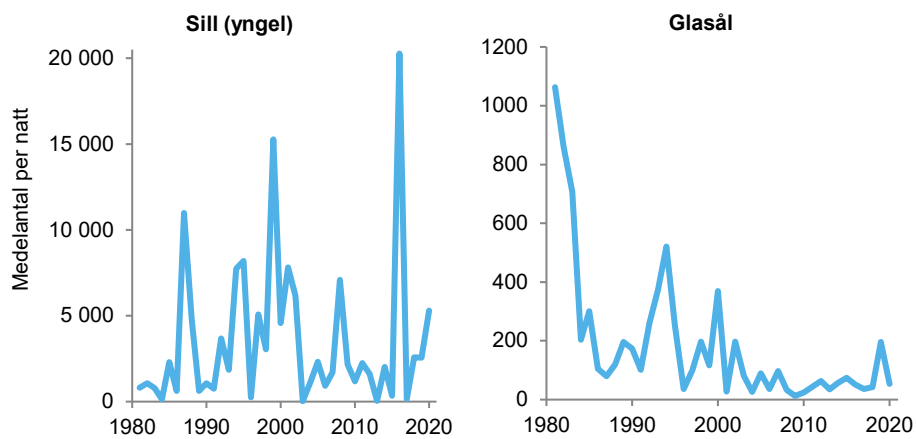
Den femte vanligaste arten i provtagningen var glasål. Antalet individer av glasål i fångsten 2020 var i medeltal mycket lägre än de stora fångsterna 2019 och jämförbar med övriga år under den senaste tioårsperioden (Figur 9).

Tabell 2. Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd-yngeltrål i kylvattenintaget vid Rindhals kraftverk från februari till och med april 2020. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvara det antal individer som skulle ha fångats per natt (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2020. Arter markerade med * eller ** är samma art i olika livsstadier.

Art	Fångst per natt
Sill (yngel)*	5 305,74
Klarbult	3 573,92
Tobis (kust-/havs-)	683,14
Sill*	84,43
Skarpsill	78,12
Glasål**	53,72
Storspigg	29,58
Mindre kantnål	25,60
Sandstubb	14,28
Gulål**	6,45
Torsk	6,41
Bergtunga	5,82
Skrubbskädda	3,35
Tångsnälla	2,93
Tejstefisk	2,81
Svart smörbult	2,68
Sjurygg	2,59
Tånglake	2,50
Tjockläppad multe	2,48
Rödspätta	1,33
Större kantnål	1,12
Tobiskung	0,97
Havsnejonöga	0,96
Mindre havsnål	0,68
Rötsimpa	0,68
Flodnejonöga	0,53
Sjustrålig smörbult	0,32
Skäggsimpa	0,31
Nors	0,27
Skärsnultra	0,27
Laxsill	0,25
Stensnultra	0,24
Sandskädda	0,21
Större havsnål	0,21
Tångspigg	0,16
Femtömmad skärlånga	0,11
Fyrtömmad skärlånga	0,11
Kusttobis	0,11
Siklöja	0,11
Småtunga	0,09
Ansjovis	0,05
Bergstubb	0,05
Obestämd fiskart	0,05
Oxsimpa	0,05
Vitling	0,05
Alla arter	9 895,83
Antal arter	41



Figur 8. Siklöja och nors fångad i Isaacs-Kidd-ynge trål, Ringhals kylvattenintag 2020.
Foto: Patric Ceder



Figur 9. Förekomsten av sillyngel och glasål i kylvattenkanalen till reaktor 3 och 4 under vecka 5–18 åren 1981–2020. Värderna är angivna som medelantal per natt omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

4.2. Övervakning av fisk i recipienten av kylvatten

4.2.1. Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 16 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Ringhals, 15 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 18 fiskarter och 4 kräftdjursarter vid Norra Horta (Tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 11 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Ringhals, 15 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 15 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (Tabell 4).

Vid provfisket i april var skärsnultra den talrikaste fiskarten vid Ringhals och Norra Horta medan torsk var den talrikaste vid Vendelsö. Vid provfisket i augusti var skärsnultran den talrikaste arten i samtliga områden. Andra arter som var vanliga vid samtliga områden var svart smörbult, stensnultra och skrubbskädda i april, samt stensnultra, gulål, torsk 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. Den främmande arten asiatisk blåskrabba (*Hemigrapus sanguineus*) (Figur 10) påträffades i Ringhals både vid provfisket i april och i augusti 2020. Tidigare observationer av denna art har under provfisket vid Ringhals endast gjorts vid två tidigare tillfällen, vid provfisket i april 2016 och augusti 2017.

Totalfångsten av samtliga arter under provfisket i april och augusti, 1976–2020, vid alla tre områdena presenteras (Figur 11). Jämfört med föregående år fångades fler individer per ansträngning av fisk och skaldjur i både recipientområdet och referensområdet under provfisket i april. Under provfisket i augusti var antalet fångade individer per ansträngning något lägre i jämförelse med föregående år. Figur 12 visar fångstutveckling över tid för skärsnultra. I april ökade fångsten av skärsnultra i alla områden, vid Norra Horta var ökningen som störst, 725 individer 2020 i jämfört med 184 individer 2019. I augusti minskade fångsten något av skärsnultra i samtliga områden i jämförelse mot föregående år. Gulål, som tillhör en varmvattengynnad art, fångades i större antal under fisket i april vid Ringhals jämfört med övriga områden.

I Figur 13 ses utvecklingen över tid för torsk, gulål och tånglake. Fångsterna av torsk ökade i samtliga områden under provfisket i april och även i augusti ökade fångsterna vid Ringhals och Norra Horta medan en liten nedgång kunde noteras vid Vendelsö i jämförelse mot föregående år. En liten ökning i fångsterna av gulål kunde noteras vid Norra Horta och Vendelsö i april samt Norra Horta i augusti övrigt liknande fångster jämfört med föregående år. Fångsterna av den kallvattengynnade arten tånglake bestod av få individer i samtliga fisken 2020. Jämfört med 2019 var antalet tånglakar i fångsterna färre eller oförändrade vid Ringhals och Vendelsö. Vid Norra Horta fångades något fler individer i både april och augusti (Figur 13).

Tabell 3. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2020.

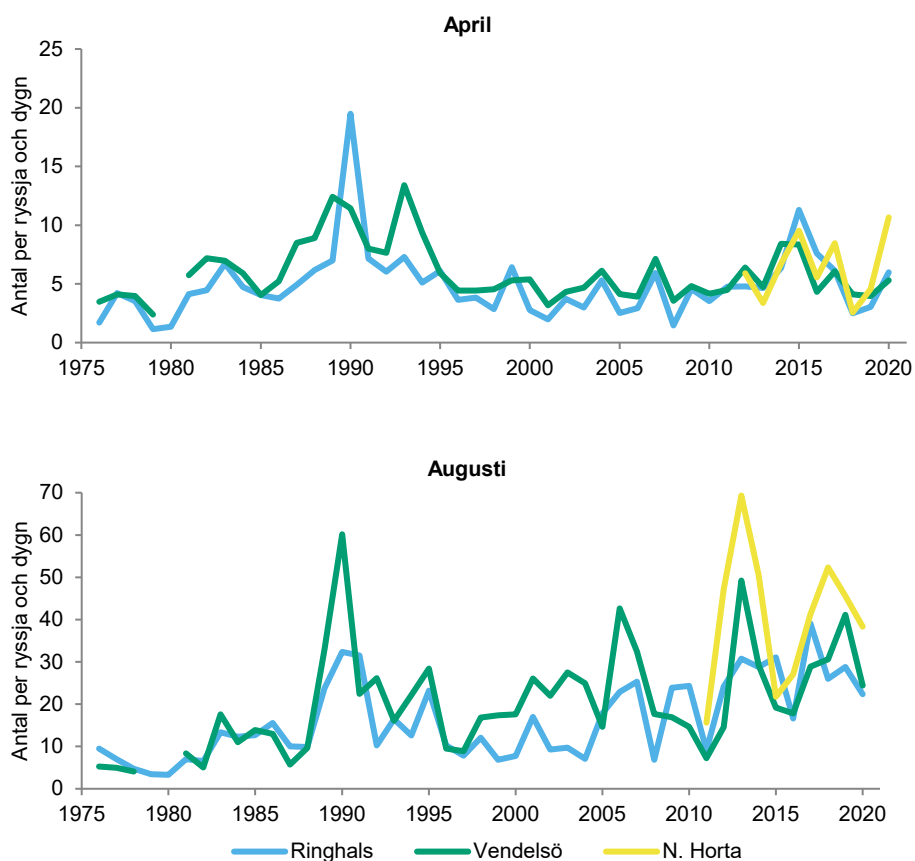
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
<i>FISKAR</i>						
Skärsnultra	378	3,50	63	0,58	725	6,71
Torsk	78	0,72	131	1,21	149	1,38
Skrubbskädda	46	0,43	47	0,44	8	0,07
Stensnultra	39	0,36	123	1,14	86	0,80
Svart smörbult	35	0,32	52	0,48	12	0,11
Femtömmad skärlånga	19	0,18	15	0,14	37	0,34
Gulål	12	0,11	8	0,07	8	0,07
Tånglake	11	0,10	50	0,46	25	0,23
Oxsimpa	9	0,08	10	0,09	22	0,20
Rötsimpa	6	0,06	65	0,60	36	0,33
Grässnultra	4	0,04			24	0,22
Tunga	2	0,02	2	0,02	1	0,01
Berggylta	2	0,02			3	0,03
Rödspätta	2	0,02				
Tångsnälla	1	0,01	1	0,01		
Större kantanål	1	0,01				
Gråsej			2	0,02	12	0,11
Tångspigg			2	0,02		
Öring			1	0,01		
Tejstefisk					1	0,01
Paddtorsk					1	0,01
Randig sjökock					1	0,01
Bergvar					1	0,01
Totalfångst fisk	645	5,98	572	5,29	1152	10,65
Antal fiskarter	16		15		18	
<i>KRÄFTDJUR</i>						
Strandkrabba	1669	15,50	603	5,58	310	2,87
Asiatisk blåskrabba	1	0,01				
Maskeringskrabba	1	0,01				
Eremitkräfta			3	0,03	1	0,01
Krabbtaska			1	0,01	1	0,01
Tångräka obestämd			2	0,02	1	0,01
Totalfångst kräftdjur	1671	15,52	609	5,64	313	2,90
Antal kräftdjursarter	3		4		4	

Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2020.

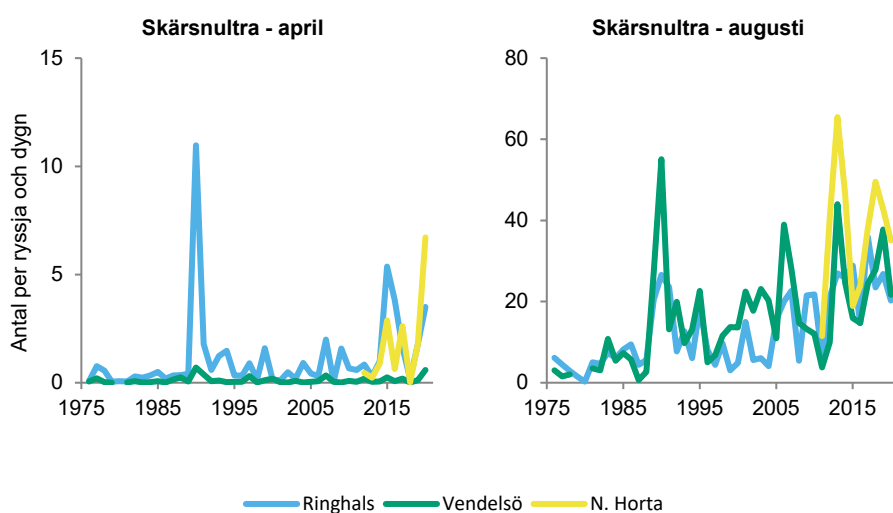
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
<i>FISKAR</i>						
Skärsnultra	2191	20,29	2321	21,70	3716	35,06
Gulål	77	0,71	90	0,84	89	0,84
Skrubbskädda	67	0,62	20	0,19	6	0,06
Stensnultra	30	0,28	58	0,54	118	1,11
Torsk	23	0,21	42	0,39	70	0,66
Svart smörbult	23	0,21	31	0,29	26	0,25
Berggylta	1	0,01	16	0,15	6	0,06
Oxsimpa	1	0,01	3	0,03	4	0,04
Femtömmad skärlånga	1	0,01	2	0,02	3	0,03
Tunga	1	0,01	4	0,04	1	0,01
Rödspätta	1	0,01	3	0,03		
Rötsimpa			11	0,10	12	0,11
Tånglake			5	0,05	5	0,05
Tångsnälla						
Gråsej			1	0,01	3	0,03
Lyrorsk					2	0,02
Vittling					2	0,02
Öring			1	0,01		
Totalfångst fisk	2416	22,37	2608	24,39	4063	38,35
Antal fiskarter	11		15		15	
<i>KRÄFTDJUR</i>						
Strandkrabba	4418	40,91	2908	27,20	1953	18,43
Asiatisk blåskrabba	3	0,03				
Tångräka obestämd	1	0,01	23	0,21	4	0,04
Hästräka					5	0,47
Krabbtaska			1	0,01		
Totalfångst kräftdjur	4422	40,95	2932	27,42	1962	18,94
Antal kräftdjursarter	3		3		3	



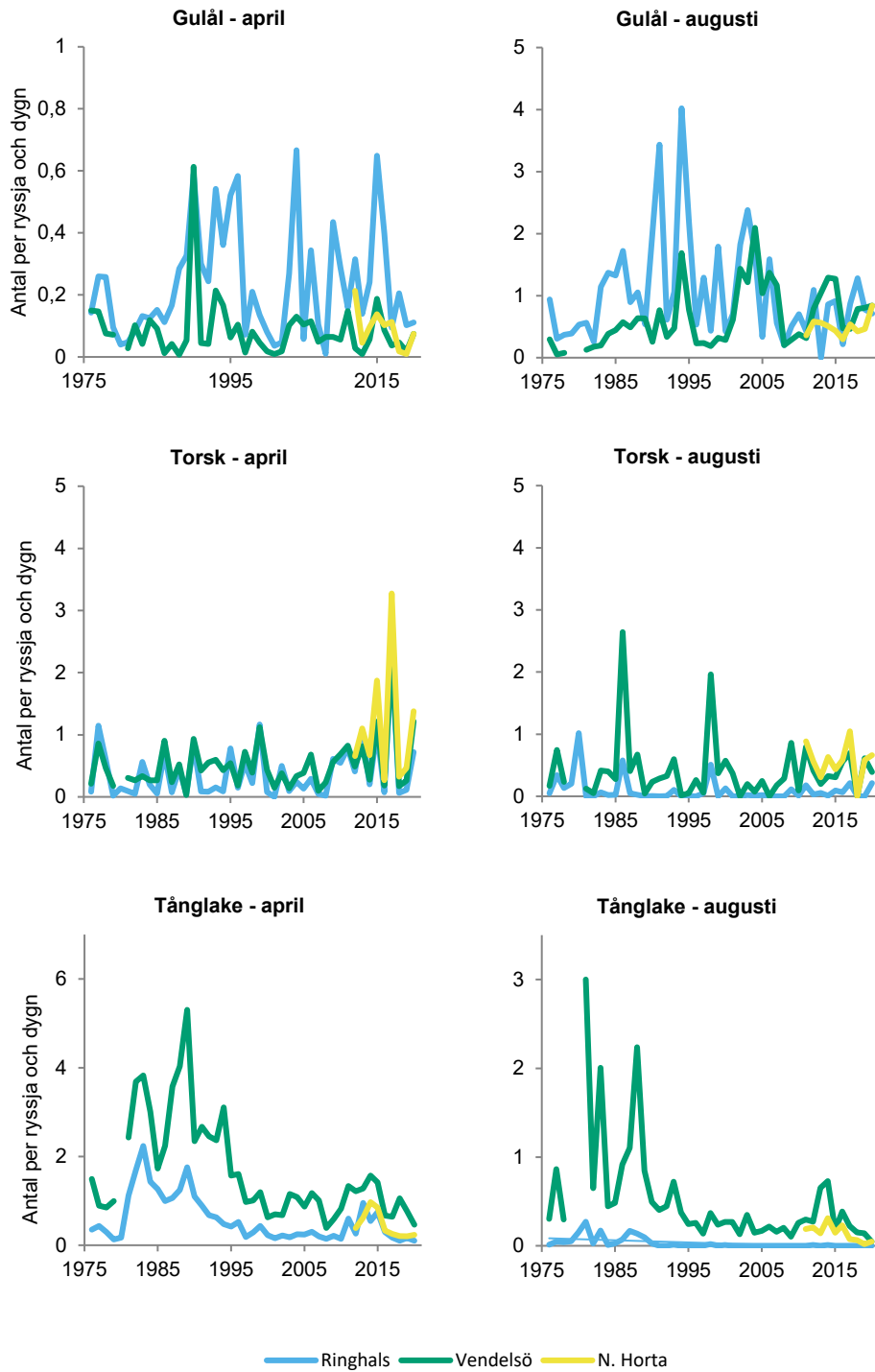
Figur 10. Asiatisk blåskrabba fångad vid provfisket vid Ringhals, Augusti. Foto: Per Andersson.



Figur 11. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2020. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 12. Antal fångade skärsnultror per ryssja och dygn under april och augusti 1976-2020. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



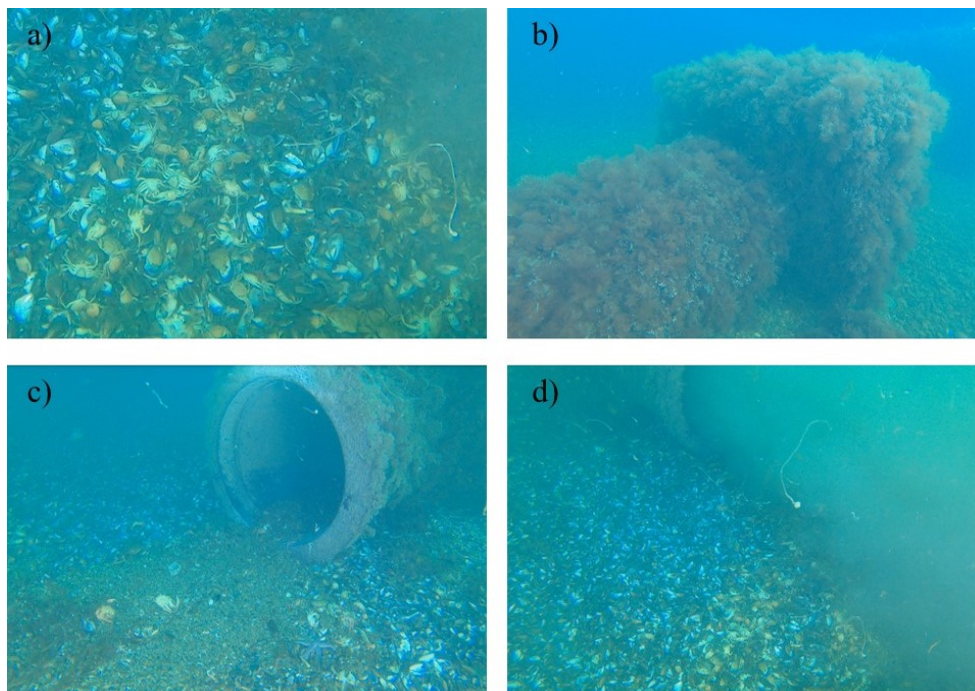
Figur 13. Antal per ryssja och dygn, av torsk, gulål och tånglake vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2020, vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.2.2. Sjukdomar

Vid fisket i april uppvisade endast 1 av de totalt 2369 fångade fiskar sjukdomssymptom. Det sjukdomssymptom som noterades var ryggradskrökning (skolios) på en torsk fångad vid Vendelsö. Vid fisket i augusti uppvisade 2 av de totalt 9087 fångade fiskar sjukdomssymptom. De sjuka fiskarna var en torsk med hudsår samt en gulål med blomkålssjuka; båda individerna fångades vid Norra Horta.

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 strandkrabbor påträffades också i området utanför tubens mynning (Figur 14a). Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (Figur 14b) och där utsläppstuben mynnar hade en vall av biologiskt material, bestående av förmultnande alger och rester från fisk och andra vattenlevande djur, bildats (Figur 14c). Tubens mynning filmades både med och utan något utflöde (Figur 14c–d). Omkring tuben observerades vanligt förekommande arter som krabbtaska (*Cancer pagurus*), strandkrabba (*Carcinus maenas*), stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*), skärsnultra (*Symphodus melops*) och vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*). Vid årets filmning syntes inga större förändringar i området kring tuben jämfört med tidigare år.



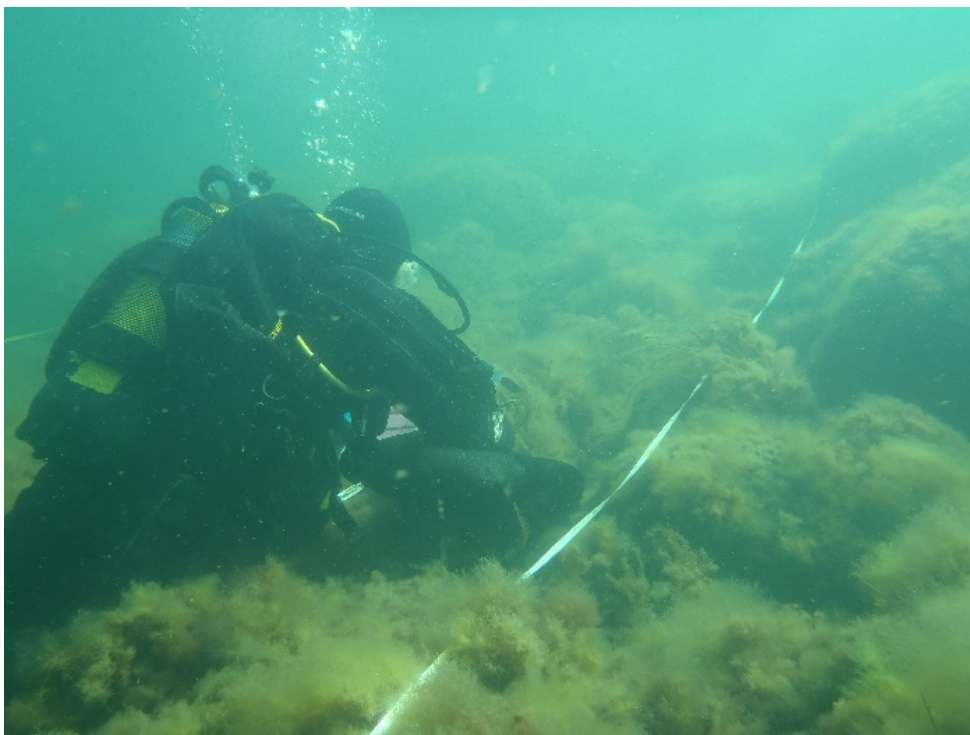
Figur 14. a) Musselskal och döda strandkrabbor utanför tubens mynning. b) Påväxt av brun- och rödalger. c) Tubens mynning, utan utflöde. d) Tubens mynning med flöde. I bildens överkant skymtas tubens mynning och plymen från tuben begränsar kraftigt sikten i bildens högra del.

4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Den fastsittande faunan och floran inventerades (Figur 15) i augusti/september 2020 på fem lokaler utanför Ringhals område. På de fem inventerade lokalerna 2020 registrerades totalt 44 fastsittande arter, varav 42 algarter och två ryggradslösa djur. Vid Ringhals utsläppsområde påträffades fyra främmande arter, japanskt jätteostron (*Crassostera gigas*), rödalgerna rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och japanplym (*Dasysiphonia japonica*) och brunalgen sargassosnärja (*Sargassum muticum*).

Utöver huvudtransekterna utfördes även kontroller längs fyra extra transekter, med fokus på främmande arter. Dessa linjer slumpades ut parallellt med huvudtransekten, vilket innebär att fem transekter kontrollerades totalt på varje lokal. Förekomsten av de främmande arterna vid extratransekterna och huvudtransekterna 2020 visade förekomst av japanskt jätteostron, rödsvansing, japanplym, rödalgen japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och brunalgen sargassosnärja. Främmande arter observerades vid samtliga fem lokaler men endast japanskt jätteostron påträffades vid samtliga lokaler. Sargassosnärja påträffades vid Ringhals och Båtafjorden norra och södra. Vid alla lokaler utom Vendelsö påträffades rödsvansing. Japanplym påträffades vid Ringhals och Båtafjorden norra och japantofs påträffades vid Norra Horta och Vendelsö (Tabell 5).

Samtliga främmande arter som påträffades 2020 är kända sedan tidigare längs med den svenska västkusten (Tabell 5 och Tabell 6).



Figur 15. Dykinventering 2020. Foto: Patrik Bohman

Tabell 5. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i augusti/september 2020. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) talrik baserat på medelvärde av täckningsgrad där arten är förekommande. Mörkare färg anger tätare förekomst. Arterna i fet stil är främmande arter.

	Art/Släkten	Ringhals utsläpp	Båtafj. norra	Båtafj. södra	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	<i>Cladophora rupestris</i>				2	
	<i>Cladophora</i> spp.		2		1	2
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>					
	<i>Cladophora</i> sp.	3		2		
Gröna växter	<i>Zostera marina</i>			2		
Brunalger	<i>Chorda filum</i>					3
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	3	3	3	2	3
	<i>Elachista fucicola</i>				2	2
	<i>Fucus serratus</i>		3	3	3	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>	1	1		2	3
	<i>Halosiphon tomentosus</i>				2	1
	<i>Saccharina latissima</i>				2	2
	<i>Sargassum muticum</i>	3	3	2		
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	2	1	2	3
	Rödalger	<i>Aglaothamnion hookeri</i>				
<i>Ahnfeltia plicata</i>			3		3	3
<i>Antithamnion cruciatum</i>		1	1	1		
<i>Acrochaetiaceae</i>		1				
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>					1	1
<i>Brongniartella byssoides</i>		1	1		3	3
<i>Callithamnion corymbosum</i>		1	1	1		
<i>Ceramium tenuicorne</i>		2	3		2	2
<i>Ceramium virgatum</i>		3		3	3	3
<i>Chondrus crispus</i>		3	3	3	3	3
<i>Coccolytus/Phyllophora*</i>		3			3	3
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	2		3	3
<i>Dasya baillouviana</i>				1	2	
<i>Dasyisiphonia japonica</i>		1	1			
<i>Delesseria sanguinea</i>					2	2
<i>Furcellaria lumbricalis</i>			3	3	3	3
<i>Membranoptera alata</i>					2	
<i>Palmaria palmata</i>					3	
<i>Phycodryis rubens</i>					2	
<i>Plumaria plumosa</i>						1
<i>Polyides rotundus</i>		2	1		2	2
<i>Polysiphonia elongata</i>					1	
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>		1		1	3	2
<i>Polysiphonia fucoides</i>		2	3	3	3	2
<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>		3				
<i>Polysiphonia stricta</i>			2			2
<i>Rhodomela confervoides</i>					1	3
<i>Spermothamion repens</i>		3	1	2	3	3
Fauna		<i>Crassostrea gigas</i>	3		2	
	<i>Mytilus edulis</i>	2				

Tabell 6. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter under de senaste fem åren (2015–2020). Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik. De grå fälten anger att ingen inventering genomfördes i området under det året.

		Brunalg					Rödalg										Fauna																
Område	Art	Sargassosnärlja					Rödsvansing					Japantofs					Japanplym					Hamndun					Japanskt jätteostron						
		6	7	8	9	*	6	7	8	9	*	6	7	8	9	*	7	8	9	*	8	9	*	6	7	8	9	*					
Ringhals	A	3	2	3	3	3					1	1																1	1	1	1	2	
	B	2	3	3	2	2		1			1	2																	1	1	1	1	2
	C	3	3	3	3	3	2	1			1							1		1	1	1		2	1	1	2	3					
	D	2	3	3	1	2	1				1	2																	1	1	1	1	1
	E	2	2	3	2	2					1	2																	1	1	1	1	1
Båtafjorden norra	A	2		1		1																						1				1	
	B	2		2		1																						1		1		1	
	C	3		3		3												1															
	D	2		2		1					1																	1		1			
	E	2		1		1																						1		1		2	
Båtafjorden södra	A	3				1					1																	1		1			
	B	3		2		1																						1		1			
	C	3		1		1					1																	1		1		2	
	D	2		2		1					1																	2		1			
	E	2		1		1					1																	2		1			
Norra Horta	A																															1	
	B																																
	C										2		1	1	1	1	1											1	1				
	D																																
	E																																
Vendelsö	A																															1	
	B																																
	C												1	1	1	1														1			
	D																											1		1			
	E																																

5. Diskussion

Förlusterna av unga livsstadier av fisk som kärnkraftverkets kylvattenintag medför, påverkar bestånden av arter olika beroende på arternas levnadsmönster. För stationära arter som rötsimpa, tejestefisk och tånglake kan man teoretiskt sett 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. För vandringsfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd finns i hela Kattegatt och även utanför Kattegatt.

Förekomsten av ägg i undersökningen påverkas av flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. Medeltemperaturen 2020 var 6,6 °C vilket är över medeltemperaturen för hela provtagningsperioden som är 4,3 °C. Salthalten har stor inverkan på fiskäggets flytkraft då hög salthalt ökar äggens flytkraft medan låg salthalt bidrar till att äggen sjunker mot botten och riskerar att dö på grund av syrebrist. I och med att Bongohåven flyter vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg. Under provtagningen 2020 var medelsalthalten 22 ppt vilken är något högre än genomsnittet för hela provtagningsperioden som är 21,2 ppt. Trots höga temperaturer var medelförekomsten av ägg 2020 relativt genomsnittlig jämfört med hela provtagningsperioden. Även förekomsten av fisklarver var genomsnittlig 2020 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 2020 fångades trots färre provtagningstillfällen ett genomsnittligt antal arter jämfört med hela provtagningsperioden. Stora fångster gjordes av både sill och klarbult men fångsten av glasål, som gått nedåt sedan provtagningens start, var tillbaka på genomsnittliga nivåer för den senaste tioårsperioden efter stora fångster 2019. Det lägre fångstantalet för glasål senare år är inte en lokal företeelse för svenska vatten, utan utvecklingen är likartad för hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (Dekker et al. 2018; 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.

Fångstmängden och artsammansättningen av fisk- och skaldjursarter i ett provfiske påverkas till stor del av vattentemperaturen både innan och vid provfisketillfället. En av huvudorsakerna till detta är att arter skiljer sig i fråga om vilken temperatur de föredrar att uppehålla sig vid, men det kan också bero på förändrad aktivitet eller förändringar i beståndsstorlek som resultat av tidigare temperaturförändringar.

Medeltemperaturerna under provfisket i april var cirka 2,5 grader varmare vid alla lokaler jämfört med tidsperioden 1988–2020 och kan därmed ha haft en inverkan på fångster under april. För medeltemperaturerna i augusti var dessa normala i jämförelse mot tidigare år.

Totalfångsterna i april bestod framför allt av skärsnultra, stensnultra och torsk. Skärsnultra och stensnultra är två varmvattengynnade arter, så den markanta ökningen av skärsnultra kan eventuellt härledas till den högre temperaturen under april i jämförelse mot tidigare år. Torsk, som är en kallvattengynnad art, hade högst täthet i referensområdet. I referensområdet var även fångsterna av andra kallvattengynnade arter, så som tånglake och rötsimpa, högre jämfört med recipientområdet. Medan fångsterna i recipientområdet visade generellt högre täthet av varmvattengynnade arter, så som gulål.

Provfisket i augusti visade generellt större antal av varmvattengynnade arter jämfört med fisket i april. Fångsten av tånglake, en kallvattengynnad art, var högst i referensområdet i båda fiskena och saknadens under provfisket i augusti i recipientområdet.

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 Ringhals kylvattenutsläpp utan även till en generell minskad förekomst av predatorer, som till exempel torsk (Pihl 1982; Eriksson et al. 2011).

Den främmande arten asiatisk blåskrabba påträffades både vid provfisket i april och i augusti vid recipientområdet; totalt noterades 4 individer. Tidigare observationer av denna art har under provfisket vid Ringhals endast gjorts vid två tillfällen, vid provfisket i april 2016 och augusti 2017. Det är fortfarande oklart om arten kan föröka sig och etablera sig i svenska vatten (Havs- och vattenmyndigheten 2015a).

Likt tidigare år fångades det färre antal fiskarter i Ringhals jämfört med vad som fångades i de två referensområdena. Att varmvattenutsläpp från kärnkraftverk kan minska artrikedomen har också påvisats tidigare i studier från andra kärnkraftverk (Teixeira et al. 2009).

Årets algkartering utfördes, på grund av reserestriktioner under covid-19 pandemin, under augusti/september istället för under juni som de flesta andra år.

Detta kan ha haft en inverkan på vilka arter och vilken utbredningsgrad som observerats. Under årets dykinventering hittades fyra främmande arter av alger och en främmande djurart (japanskt jätteostron). Under samtliga inventeringar har förekomsten av sargassosnärlja varit riklig i området vid Ringhals udde, som är påverkat av det uppvärmda kylvattnet från Ringhals. Sargassosnärlja 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 sargassosnärljan endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast har en minimal påverkan och fungerar som referensområde till kylvattenpåkade 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 i våra svenska vatten, men som skulle kunna vara möjliga i området kring Ringhals utsläpp som är värmepåverkat. Hamndun observerades i undersökningarna för första gången 2018 och endast på lokalen vid Ringhals kylvattenutsläpp, under årets algkartering observerades den inte på någon lokal. Arten observerades i svenska vatten första gången 2003 och i Bua hamn, inte långt från Ringhals kylvattenutsläpp, 2005 (Norén 2003).

Svamptång (*Codium fragile*) hittades senast i dykinventeringarna 2013, men har sedan dess varit frånvarande i den årliga dykinventeringen. Första gången svamptång registrerats i svenska vatten var 1932 i Bohuslän (Nellbring 2014).

Sammanfattningsvis finns det inga belägg för att introduktionen i svenska vatten av de främmande arter som observerats vid dykinventeringarna och provfisket 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., Bryhn, A., Magnusson, K., Sjöberg, N. & Wikström, H. (2018). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2018*. (Aqua reports, 2018:16). Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/15578/> [2021-02-23]
- 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>
- 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. Havsvattenmyndigheten*. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f764/1448458992332/faktablad-bonnemaisonia-hamifera-japantofs.pdf> [2021-02-15]
- 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. <https://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 Reports/Forms/DispForm.aspx?ID=37090](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). <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/1448458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf> [2021-02-15]
- 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>
- SMHI (2014). *Om flödesstatistik för Sveriges vattendrag | SMHI. Om flödesstatistik för Sveriges vattendrag*. <https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenforing/om-flodesstatistik-for-sveriges-vattendrag-1.8369> [2021-02-22]
- 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

