



Aqua reports 2019:2

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2018

Frida Sundqvist, Henrik Flink, Jakob Looström, Linda PärLö



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2018

Frida Sundqvist¹, Henrik Flink², Jakob Looström¹, Linda PärLö¹

¹**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Skällåkra 71, 432 65 Väröbacka

²**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Simpevarp 100, 572 95 Figeholm

Mars 2019

Aqua reports 2019:2

ISBN: 978-91-576-9648-9 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:

frida.sundqvist@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:

Malin Werner, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Andreas Bryhn, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge: Sundqvist, F., Flink, H., Looström, J., PärLö, L. (2019).

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk, Årsrapport för 2018.

Aqua reports 2019:2. **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Öregrund Drottningholm Lysekil. 33s.

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

Rapporten kan laddas ned från:

<http://pub.epsilon.slu.se/>

Chefredaktör:

Noél Holmgren, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, **Sveriges lantbruksuniversitet**,

Lysekil.

Uppdragsgivare & finansier:

Ringhals AB.

Framsida: På väg mot land med ryssjor i båten. Foto: Peter Johannessen.

Baksida: Ånga från uppvärmt kylvatten vid utsläppet. Foto: Björn Fagerholm.

Sammanfattning

Kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk kan påverka fisk- och skaldjurssamhället dels genom utsläppet av uppvärmt kylvatten, som påverkar miljön för fisk, skaldjur och alger i området, dels genom intaget av kylvatten, som kan ta död på ägg, larver, fiskyngel och större fisk som antingen förloras i silstationerna eller följer med det inkommande vattnet in i kraftverket. Det biologiska recipientkontrollprogrammet vid Ringhals kärnkraftverk syftar till att undersöka dessa effekter och resultaten från undersökningarna presenteras i denna rapport.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga provfisken 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. I april, då temperaturskillnaden är som störst, hade flertalet varmvattengynnade arter högre förekomster i Ringhals utsläppsområde jämfört med i de två referensområdena. Det var dessutom ett lägre antal fiskarter som fångades i Ringhals, en trolig effekt av utsläppet av det uppvärmda kylvattnet.

I kylvattenintaget utförs under våren årliga provtagningar av fiskägg och fisklarver med Bongohåv för att övervaka förlusterna i kraftverket. Tobis var den vanligaste arten bland fisklarver i provtagningen 2018. Provtagning i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel är till stor del fokuserad på fångsterna av glasål (*Anguilla anguilla*) och görs 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.

För att undersöka eventuell förekomst av invasiva främmande arter genomförs årliga dykkarteringar i fem områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. År 2018 noterades fyra för västkusten främmande arter. En av dessa arter var rödalgen hamndun (*Aglaothamnion halliae*) som förekom för första gången i inventeringen.

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Kraftverkets drift	5
3	Kontrollprogram och metodik	6
3.1	Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten	6
3.1.1	Provfiske med ryssjor	6
3.1.2	Sjukdomar	7
3.2	Förluster av fiskägg och ungfisk i kylvattenvägarna	7
3.2.1	Hävning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	7
3.2.2	Hävning med Isaacs-Kidd yngeltrål	8
3.3	Filmning av utsläppstub för fisk från renshus	8
3.4	Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter i kylvattenvägar och recipient	9
4	Resultat	11
4.1	Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten	11
4.1.1	Provfiske med ryssjor	11
4.1.2	Sjukdomar	17
4.2	Förluster av fiskägg och ungfisk i kylvattenvägarna	17
4.2.1	Hävning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	17
4.2.2	Hävning med Isaacs-Kidd yngeltrål	20
4.3	Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter i kylvattenvägar och recipient	23
5	Diskussion	30
6	Referenslista	32

1 Inledning

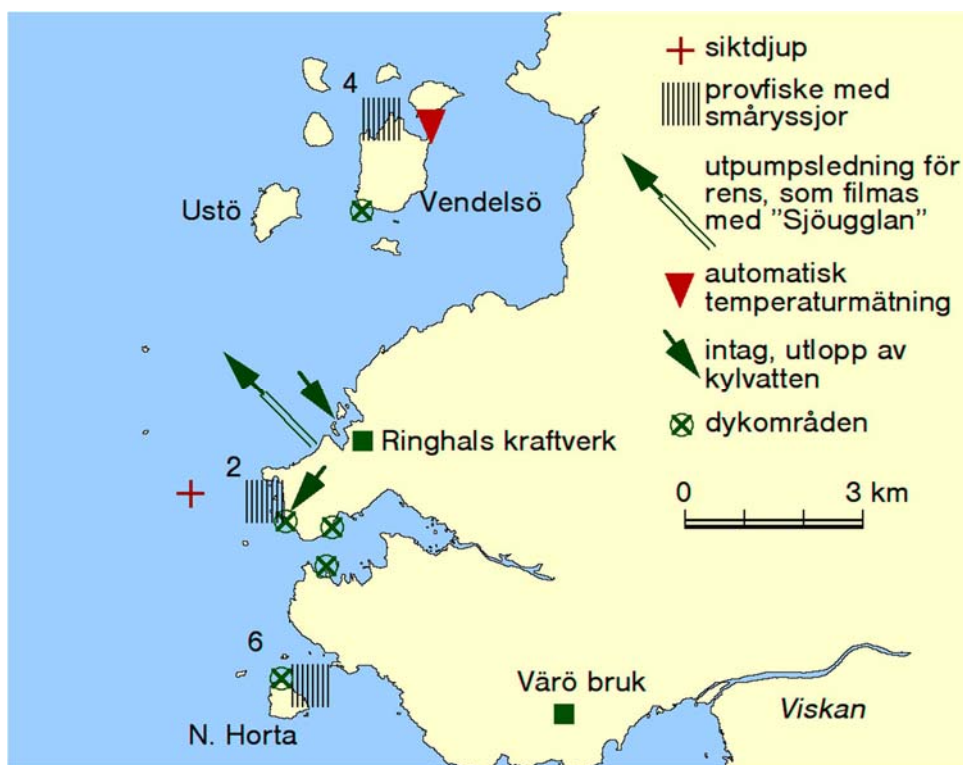
Den påverkan som kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk har på närliggande kustvattenmiljöer övervakas genom ett biologiskt recipientkontrollprogram. Utförare av recipientkontrollen är Kustlaboratoriet, SLU Aqua (Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser). Påverkan har hittills noterats dels som en ökad dödlighet hos de ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i silstationerna, dels som förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion, samt potentiell etablering av invasiva främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det utgående uppvärmda kylvattnet (Andersson m.fl. 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från det senaste årets undersökningar genomförda enligt kontrollprogrammet. För en mer fördjupande rapport och analys se Andersson m.fl. (2015).

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk medför en risk för negativa effekter på det marina ekosystemet (Jan m.fl. 2001; Teixeira m.fl., 2009) eftersom många marina fisk- och evertebratarter är temperaturkänsliga (Kordas m.fl. 2011). En uppvärmning av området kan påverka både artsammansättningen och förekomsten av specifika arter. För att skatta effekterna av det uppvärmda kylvattnet utfördes 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 var för 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, Vendelsö, sju kilometer bort, som bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (figur 1). Från augusti 2011 har ett nytt fiskeområde tillkommit tre kilometer från Ringhals, vid kusten utanför Norra Horta, som bedöms vara delvis påverkat av kylvattensutsläppet. Referensområden används för att kunna urskilja vilka förändringar som är naturliga eller orsakas av annat än kärnkraften och vilka som är orsakade av det uppvärmda kylvattnet.

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. Detta årliga bortfall 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 redskap (Grimås m.fl. 1988).

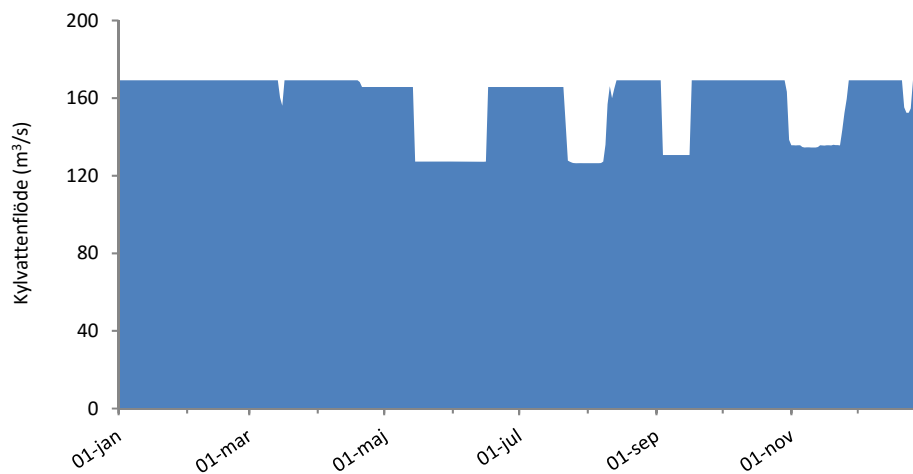
En förändring i den naturliga miljön, som uppvärmningen av ytvatten från Ringhals kylvattensystem, kan modifiera ekosystemets struktur och funktion och försvåra levnadsförhållandena för etablerade arter (Vitousek m.fl. 1996). Risken för nyetablering av invasiva främmande, varmvattenarter ökar då de potentiellt är bättre anpassade för det nya miljöförhållandet (Mooney och Cleland, 2001; MacDougall och Turkington, 2005). Förekomsten av invasiva främmande arter undersöks dels årligen i en påverkansgradient från kylvattensläppet och dels vartannat år i en kylvattentunnel och svallbassäng inne på Ringhals område. 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, samt renshusledningen för återtransport till havet av fisk och alger från kraftverkets silstationer.

2 Kraftverkets drift

Ringhals kärnkraftverk har fyra reaktorer som togs i drift mellan åren 1975 och 1983. Idag är Ringhals kärnkraftverk den största elproducenten i Sverige. Under 2018 har samtliga reaktorer varit i drift under större delen av året med undantag för vissa kortare avställningar i samband med revision. Det totala kylvattenflödet har varit maximerat (169 m³/s) under stora delar av året med undantag för minskning i flödet i samband med revision för varje reaktor (figur 2). Det förekom även en kortare nedgång i drift under augusti på grund av att det inkommande kylvattnet hade för hög temperatur i relation till vad som krävs för kylning.



Figur 2. Kylvattenflöde (m³/s) till samtliga reaktorer i Ringhals från januari till december 2018.

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 m.fl. (2015) samt Sundqvist m.fl. (2018).

3.1 Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten

3.1.1 Provfiske med ryssjor

Förekomsten av fisk studerades genom provfiske med småryssjor 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 från kylvattenutsläppet (figur 1). 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. Varje fångstområde delades upp i sex stationer som provfiskades med två enkelryssjor sammankopplade strut i arm (Thoresson 1996). Varje station fiskades vid nio tillfällen 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 utförligt för de vanligaste och ur ekonomisk eller biologisk synpunkt mest intressanta arterna.

Fångstdata användes i analyser för att följa utvecklingen i fisksamhället samt för att se om det fanns skillnader mellan recipient- och referensområdet. Analyserna baserades framför allt på medelvärden av antal fiskar per ryssja och dygn (CPUE: catch per unit effort, fångst per ansträngning). Beräkningarna utfördes i Microsoft

Office Excel 2016. Linjär regression användes för att fastställa om det funnits en riktad utveckling över tid (trend) av fångst per ansträngning och artantal. Värden för fångst per ansträngning ln-transformerades innan analys, för att uppnå normalfördelning. Regressionsanalys utfördes för arter som förekom i provfisket under minst 80 procent av åren. För alla beräkningar användes endast data från ostörda stationer. Med störning avses att fiskeredskapet blivit kraftigt påverkat av något så att det kan antas att det inte fiskat med normal effektivitet. Ett exempel på detta är sälstörning.

3.1.2 Sjukdomar

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

3.2 Förluster av fiskägg och ungfisk 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 respektive 2019 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 sill och ål (glasål).

Utvecklingstrender för insamlade arter beräknades i programmet Microsoft Office Excel 2016 som linjära regressioner, där eventuella trender i resultaten beräknades med ln-transformerade värden för arter med fångst i >80% av åren. För arter med fångst i <80% av åren användes istället rangordnade värden.

3.2.1 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 av 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 m^3 av det inkommande kylvattnet.

3.2.2 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 av 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. Trålen sätts ut på eftermiddagen och dras upp 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. I analyserna av data används endast data insamlade från och med vecka fem till och med vecka arton.

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 skulle ha fångats under maximalt flöde.

3.3 Filmning av utsläppstub för fisk från renshus

Grövre material och fisk som följer med kylvattenströmmen in i kraftverket avlägsnas i kraftverkets silstationer. Återtransporten av det material som fastnar i silar och i rengallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där pumpar skickar materialet vidare genom en tub som mynnar vid 9 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar som utfördes 2007 – 2010 beräknades dödligheten av ål som pumpades tillbaka ut i havet till cirka 15 procent. Mindre resistent fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (Andersson m.fl. 2011).

För att få en visuell bild av tubens effekter på närområdet filmas området kring tuben årligen i september med hjälp av en ROV (Remotely Operated Vehicle), en undervattensfarkost som styrs från ytan. Under 2018 kunde denna undersökning dock inte utföras på grund av missgynnsamma väderförhållanden och tekniska problem med utrustningen. Länsstyrelsen i Halland informerades om att filmningen inte kunde genomföras under ordinarie period, och gav sitt godkännande att denna del av kontrollprogrammet uteblev under 2018, den skall dock genomföras under ordinarie tid 2019.

3.4 Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter i kylvattenvägar och recipient

I kylvattenvägarna genomförs inventering av invasiva främmande arter vartannat år med hjälp av dykning i svallbassäng T2 samt till fots i huvudkylvattentunnel R4 då denna är tömd på vatten i samband med revision. Dessa undersökningar genomfördes 2018.

Svallbassäng T2 inventerades med hjälp av yrkesdykare från Dyk & Båt. Tre transekter lades ut för att täcka in mellersta (transekt 1), östra (transekt 2) och västra (transekt 3) delen av bassängen. Transekterna markerades med måttband utlagda på botten i rät vinkel från bassängkanten (figur 3). Dykaren utrustades med tvåvägs kommunikation samt filmkammersystem. Samtliga dyk filmades med en kamera kopplad till en monitor på land så att en bedömning av botten kunde göras i realtid av biologer. Samtidigt informerade dykaren om bottendjup och horisontellt avstånd till strandlinjen samt algbältesgränser med hjälp av radio. Den mellersta transekten användes som en huvudtransekt och där samlades hårdbottenprover in. Prover togs vid varje halvmeter ned till 3 m, och sedan vid varje meter ned till maxdjupet. Den västra och östra transekten undersöktes på motsvarande sätt men med fokus på algbältesgränser och främmande arter. Proverna analyserades direkt, utan att konserveras eller frysas, i laboratorium. Flora och fauna sorterades och artbestämdes med hjälp av stereolupp och mikroskop.

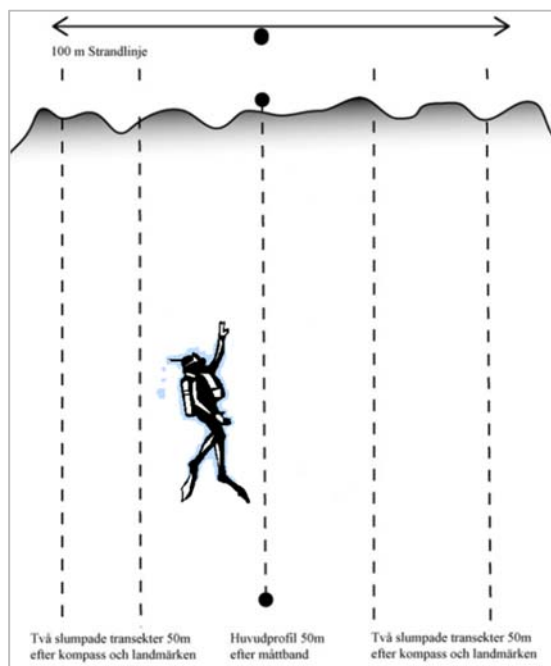
Huvudkylvattentunneln R4 inspekterades till fots. Tunneln är uppskattningsvis 300 meter lång med sidor bestående av berg eller cement och hela tunneln är cirka 10 meter bred och lika hög. Hårdbottenprov togs på tio lokaler som slumpmässigt fördelades ut på höger och vänster sida, högt som lågt i tunneln. Proverna samlades i nätpåsar och arterna sorterades och artbestämdes i laboratoriet under stereolupp.



Figur 3. Svallbassäng T2 med dyktransekternas utgångspunkt och riktning.

I recipienten genomfördes dykinventeringar av fastsittande flora och fauna på fem lokaler utanför utsläppet (figur 1) för att upptäcka och uppskatta mängden invasiva främmande arter. Tre lokaler besöks årligen, Ringhals udde, samt Norra Horta i söder och Vendelsö i norr. Lokalerna i Båtafjorden (Båtafjorden södra och Båtafjorden norra) besöks vartannat år. Samtliga lokaler besöktes 2018. Platserna representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utsläppspunkten för kylvatten. Varje område bestod av en rak strandsträcka på 100 meter där mitten markerades med hjälp av ett måttband och utifrån den 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. 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 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 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 Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten

4.1.1 Provfiske med ryssjor

Under provfisket med småryssjor var medeltemperaturen vid vittjning ovanligt låg i april (Ringhals: 8,9 °C, Vendelsö: 5,2 °C och Norra Horta: 5,8 °C) och ovanligt hög i augusti (Ringhals: 23,5 °C, Vendelsö: 21,5 °C och Norra Horta: 21,6 °C).

Under april fångades 16 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 17 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 18 fiskarter och 1 kräftdjursart vid Norra Horta (tabell 1). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 8 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 13 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 16 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 2).

Rötsimpa var den vanligast fångade fiskarten vid samtliga områden i april, medan skärsnultra var den talrikaste fiskarten i augusti. Andra arter som var vanliga vid samtliga områden var skrubbskädda och femtömmad skärlånga i april samt gulål, stensnultra och svart smörbult i augusti. Under både april och augusti, i alla områden, var strandkrabba det i särklass vanligaste kräftdjuret i fångsten.

Totalfångsten av samtliga fiskarter, gulål och skärsnultra under fisket i april och augusti, 1976 – 2018, vid alla tre områdena presenteras i figur 5. En signifikant ökande trend kunde ses under augusti för totala antalet fångade fiskar under åren 1976 – 2018 i både recipientområdet¹ och referensområdet Vendelsö², (figur 5). Fångsten av skärsnultra har ökat både under april och augusti i recipientområdet³

¹ Linjär regression totalantal fisk Ringhals augusti 1976 – 2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,342$

² Linjär regression totalantal fisk Vendelsö augusti 1976 – 2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,298$

³ Linjär regression skärsnultra Ringhals april 1976 – 2018 $p = 0,016$ $R^2 = 0,134$
augusti 1976 – 2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,366$

och enbart under augusti i referensområdet Vendelsö⁴ under hela provtagningsperioden (figur 5). Även abundansen av gulål har ökat vid Vendelsö under augusti⁵. Förekomsten av typiska varmvattengynnade arter som gulål, skärsnultra och stensnultra var i fisket under april högre vid Ringhals än i övriga områden.

I figur 6 ses utvecklingen över tid för torsk, tånglake och strandkrabba. Det var få individer av arterna torsk och tånglake, båda kallvattengynnade arter, i samtliga fisken 2018. Mängden tånglake i fångsterna har minskat över tid både i april och augusti vid Ringhals⁶ samt Vendelsö⁷. Antalet fångade strandkrabbor har ökat vid Ringhals under april⁸ och vid Vendelsö under augusti⁹ sett till hela provtagningsperioden.



Bild: Vittjning av ryssjor och fångst under fisket i augusti. Foto: Per Andersson och Linda PärLö.

⁴ Linjär regression skärsnultra Vendelsö augusti 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,365$

⁵ Linjär regression gulål Vendelsö augusti 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,284$

⁶ Linjär regression tånglake Ringhals april 1976–2018 $p = 0,003$ $R^2 = 0,194$
augusti 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,564$, obs rankad data.

⁷ Linjär regression tånglake Vendelsö april 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,279$
augusti 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,321$

⁸ Linjär regression strandkrabba Ringhals april 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,393$

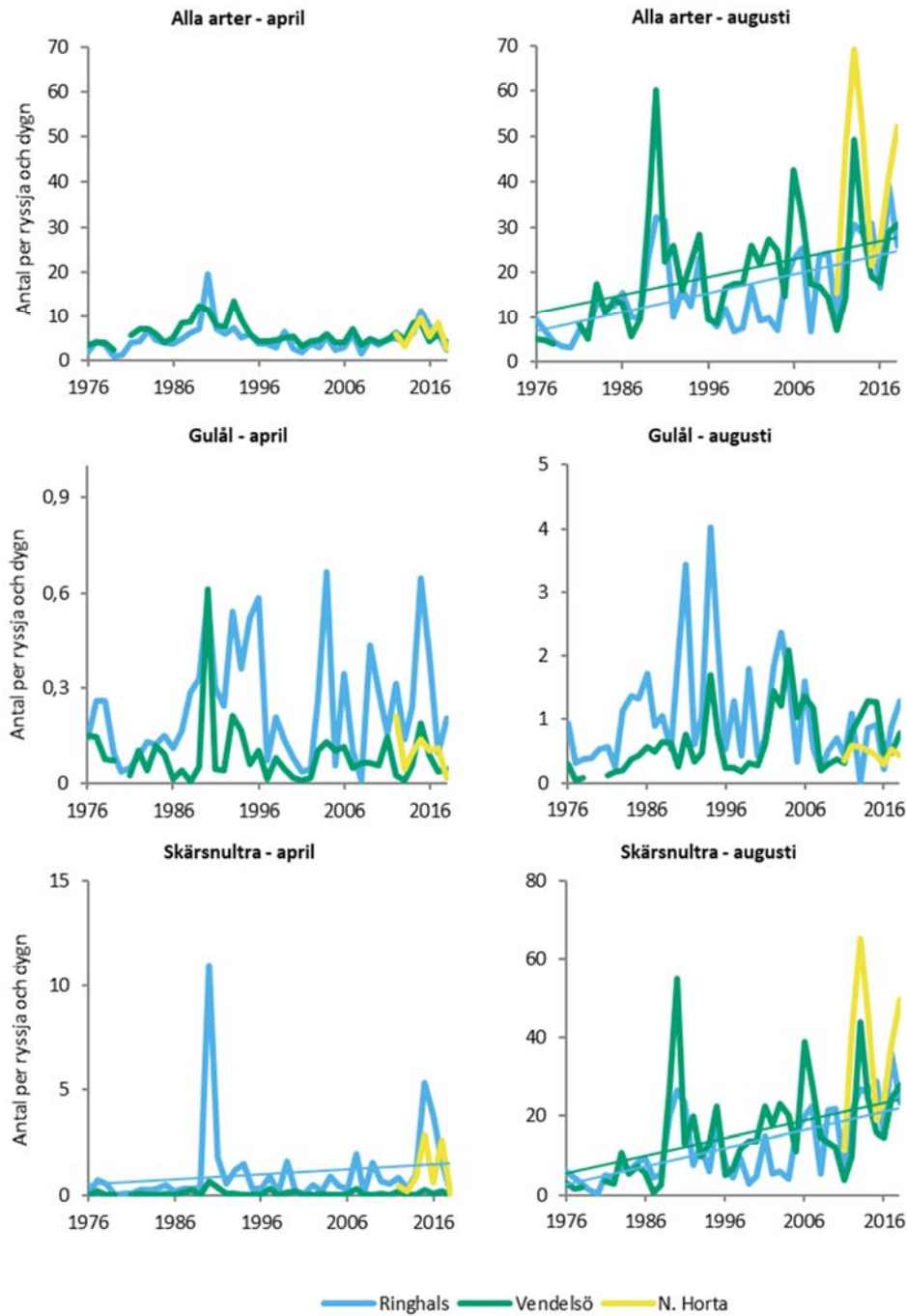
⁹ Linjär regression strandkrabba Vendelsö augusti 1976–2018 $p < 0,001$ $R^2 = 0,293$

Tabell 1. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2018.

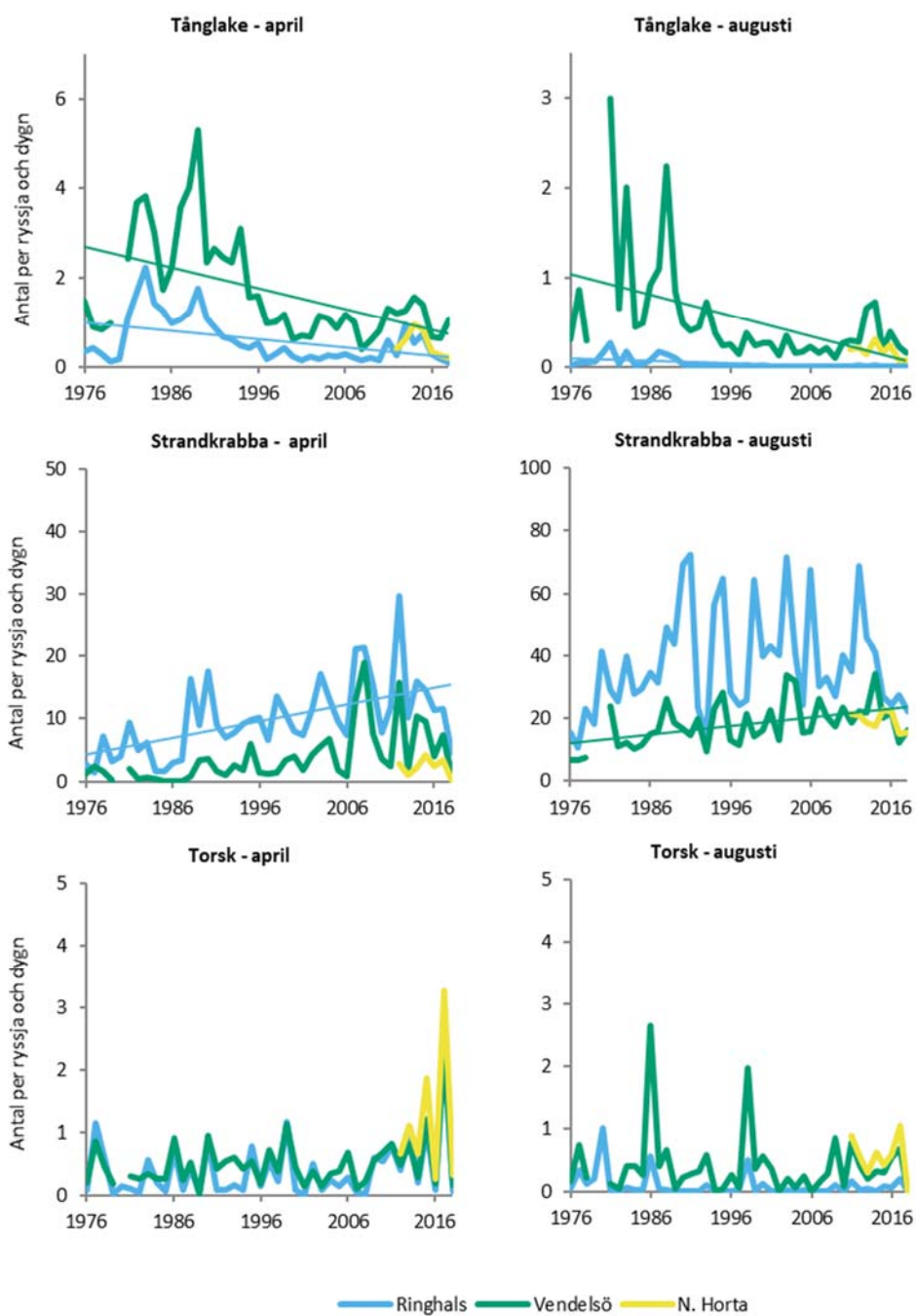
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Rötsimpa	66	0,62	157	1,48	83	0,77
Skrubbskädda	61	0,57	86	0,81	25	0,23
Femtömmad skärlånga	24	0,22	18	0,17	29	0,27
Gulål	22	0,21	5	0,05	2	0,02
Skärsnultra	18	0,17	2	0,02	2	0,02
Stensnultra	17	0,16	2	0,02	5	0,05
Gråsej	15	0,14	15	0,14	51	0,47
Tånglake	11	0,10	112	1,06	22	0,20
Svart smörbult	10	0,09	9	0,08	3	0,03
Torsk	7	0,07	18	0,17	35	0,32
Oxsimpa	7	0,07	1	0,01	13	0,12
Tångspigg	4	0,04	4	0,04	1	0,01
Rödspätta	2	0,02			1	0,01
Skäggsimpa	1	0,01	2	0,02		
Havsabborre	1	0,01				
Öring	1	0,01				
Tångsnälla			2	0,02		
Äkta tunga			1	0,01		
Sjurygg			1	0,01		
Slätvar			1	0,01		
Berggylta					1	0,01
Bergvar					1	0,01
Lyrorsk					1	0,01
Större havsnål					1	0,01
Större kantnål					1	0,01
Totalfångst fisk	267	2,50	436	4,11	277	2,56
Antal fiskarter	16		17		18	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	487	4,55	114	1,08	33	0,31
Eremitkräfta	1	0,01				
Tångräka			1	0,01		
Totalfångst kräftdjur	488	4,56	115	1,08	33	0,31
Antal kräftdjursarter	2		2		1	

Tabell 2. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2018.

Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnulta	2511	23,47	2981	27,86	5246	49,49
Gulål	137	1,28	84	0,79	45	0,42
Stensnulta	82	0,77	119	1,11	155	1,46
Svart smörbult	37	0,35	31	0,29	23	0,22
Skrubbskädda	8	0,07	14	0,13	8	0,08
Havsabborre	5	0,05				
Berggylta	2	0,02	7	0,07	16	0,15
Äkta tunga	1	0,01	6	0,06	6	0,06
Tånglake			16	0,15	7	0,07
Rötsimpa			8	0,07	10	0,09
Vitling			5	0,05	18	0,17
Femtömmad skärlånga			1	0,01	5	0,05
Oxsimpa			1	0,01	2	0,02
Bergvar					1	0,01
Grässnulta					1	0,01
Piggvar					1	0,01
Slätvar					1	0,01
Öring					1	0,01
Totalfångst fisk	2783	26,01	3274	30,60	5545	52,31
Antal fiskarter	8		13		16	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	2365	22,10	1715	16,03	1649	15,56
Tångräka	6	0,06	12	0,11	7	0,07
Krabbtaska					1	0,01
Totalfångst kräftdjur	2371	22,16	1727	16,14	1657	15,63
Antal kräftdjursarter	2		2		3	



Figur 5. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter, gulål samt skärsnulta vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2018. Tunn heldragen linje i samma färg som fiskeområdet anger signifikant ($p < 0,05$) trend över tid i detta område. Observera de olika skalaerna på Y-axlarna.



Figur 6. Antal per ryssja och dygn, av torsk, tånglake samt strandkrabba vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2018. . Tunn heldragen linje i samma färg som fiskeområdet anger signifikant ($p < 0,05$) trend över tid i detta område. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.1.2 Sjukdomar

Vid fiske med småryssjor i april uppvisade endast 3 av 980 fångade fiskar sjukdomssymptom. Det sjukdomssymptom som noterades var i samtliga fall tumörer. De sjuka fiskarna var två tånglakar fångade vid Norra Horta och en skäggsimpa fångad vid Ringhals. I augusti uppvisade ingen av 11 602 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom.

4.2 Förluster av fiskägg och ungfisk i kylvattenvägarna

4.2.1 Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2018 fångades 15 olika arter av fisklarver (tabell 3). Medelvärde för antalet fångade fisklarvarter per år har varit 13,2 under hela provtagningsperioden, 1979 – 2018, och 14,7 under de senaste 10 åren, 2009 – 2018. En fiskarts larv, tångsnälla, som inte tidigare påträffats i detta levnadsstadium, fångades under 2018, dock i små mängder.

Den vanligaste arten som fångades 2018 av fisklarver var tobis (kust- och havstobis) och därefter rötsimpa, tejstefisk, skrubbskädda och sill (tabell 3). En skillnad 2018 gentemot tidigare år är att tobis var vanligare än rödspätta som generellt sett annars varit vanligast. Larvfångsterna av kommersiellt viktiga arter som torsk och rödspätta var små 2018 (figur 7 och 8), men dessa har fluktuerat relativt mycket under åren, 1979 – 2018, utan någon signifikant trend för varken torsk¹⁰ eller rödspätta¹¹. Båda låg år 2018 under genomsnittet för både hela provtagningsperioden och den senaste 10-årsperioden.

Medelantalet ägg per 100 m³ har fluktuerat relativt mycket under perioden mellan 1979 och 2018 (högsta värdet var 428 ägg/m³, lägsta värdet 6,7 ägg/m³ och medelantal 101 ägg/m³) och 2018 var medelantalet 18 ägg/m³ vilket är lågt jämfört med tidigare år. År 2018 var ägg av skrubbskädda vanligast förekommande i fångsterna följt av ägg från rödspätta och torsk. Dessutom påträffades ett stort antal ägg som endast kunde klassas till storleksgrupp men inte artbestämmas. Medelantalet ägg av rödspätta¹² och torsk¹³ (figur 7 och 8) låg 2018 under medelvärdet för både hela tidsperioden 1979 – 2018 och den senaste 10-årsperioden, men ingen signifikant trend för medelantalet ägg kan fastslås över tid.

¹⁰ Linjär regression torsklarver 1979 – 2018 $p = 0,825$ $R^2 = 0,001$

¹¹ Linjär regression rödspättalarver 1979 – 2018 $p = 0,063$ $R^2 = 0,088$

¹² Linjär regression rödspättaägg 1979 – 2018 $p = 0,604$ $R^2 = 0,007$

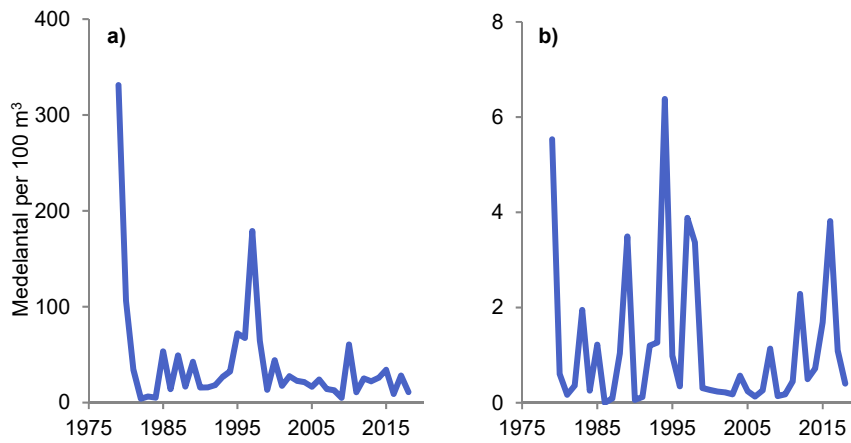
¹³ Linjär regression torskägg 1979 – 2018 $p = 0,228$ $R^2 = 0,038$

Tabell 3. Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 1 till och med vecka 18 under 2018. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m³). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2018.

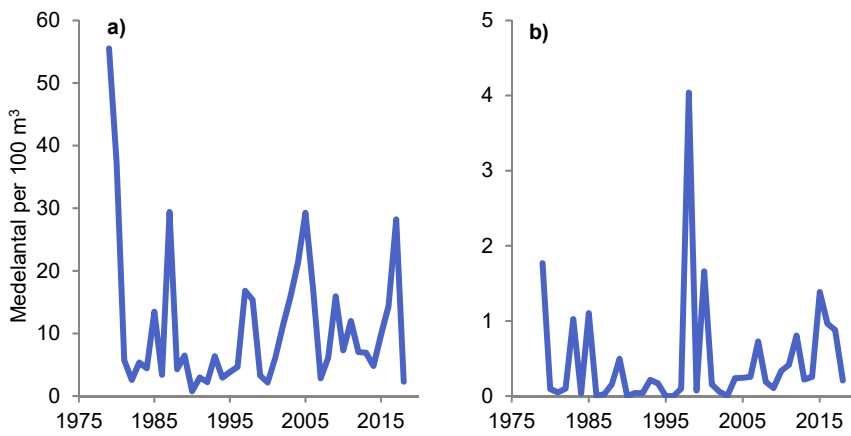
Art/taxon	Vetenskapligt namn	Antal per 100 m ³
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes spp.</i>	12,72
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	6,87
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	3,83
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0,96
Sill	<i>Clupea harengus</i>	0,49
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>	0,42
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,40
Spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>	0,39
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,21
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,18
Tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	0,11
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,08
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,07
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,04
Obestämd stubb	<i>Gobidae</i>	0,03
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	0,02
Total fångst (medelantal/100 m ³)		26,80
Antal arter		15



Bild: Torskägg från provtagning med Bongo håv i intagskanalen. Foto: Peter Johannessen.



Figur 7. Förekomsten (medelantal per 100 m³ vatten) av a) torskägg och b) torskägg fångade under vecka 1 – 18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979 – 2018. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 8. Förekomst (medelantal per 100 m³ vatten), av a) rödspätteägg och b) rödspättelarver fångade under vecka 1 – 18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979 – 2018. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.2.2 Håvning med Isaacs-Kidd yngeltrål

Under provtagningsperioden 2018 fångades 39 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (tabell 4). Det är fler arter än medelantalet arter för hela provtagningsperioden (1981 – 2017), men dock ett liknande antal arter som genomsnittligt har infångats under den senaste tioårsperioden¹⁴ (2009 – 2018).

Den vanligast förekommande arten som fångats i trålen är sillyngel, både detta år och tidigare år (tabell 4). Sill fångas både som yngel och som juveniler. Ynglen dominerar stort numerärt och är välutvecklade individer från höstlekande populationer. Fångsterna av sillyngel uppvisar stora mellanårsvariationer (figur 9). Under 2018 var fångsten av sillyngel betydligt större än året innan, men också betydligt lägre än toppnoteringen 2016 (figur 9). Förekomsten av sillyngel uppvisar dock ingen signifikant förändring över tid, varken över hela perioden eller under de senaste tioårsperioden¹⁵.

Den näst vanligaste fångstarten klarbult, är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet fångade klarbultsindivider under 2018 låg mycket under medelvärdena både för hela tidsperioden och för den senaste tioårsperioden, men en signifikant positiv trend kan ses över hela provtagningsperioden¹⁶, från 1981 – 2018.

Den tredje vanligaste arten i provtagningen var glasål. Fångsterna av glasål har dock minskat markant sedan provtagningen startade 1981 och år 2009 var fångsten den lägsta som noterats under hela provtagningsperioden (figur 9b).

Bland de vanligaste taxa noterades en negativ utveckling sedan provtagningsstart 1981 hos glasål, storspigg¹⁷, skarpsill¹⁸ och tånglake¹⁹ (tabell 4). Rödspättan har ökat under hela provtagningsperioden (1981 – 2018) men har minskat under den senaste tioårsperioden²⁰. Även rötsimpa har ökat sedan provtagningen startade 1981 men minskat den senaste tioårsperioden²¹. Fångsten av arterna sandstubb och äkta tunga har också minskat under den senaste tioårsperioden²² (2009 – 2018).

¹⁴ Linjär regression antal arter 1981 – 2018 $p = 0,920$ $R^2 = <0,001$, 2009 – 2018: $p = 0,703$ $R^2 = 0,017$

¹⁵ Linjär regression sillyngel 1981 – 2018 $p = 0,795$ $R^2 = <0,001$, 2009 – 2018: $p = 0,598$ $R^2 = 0,032$

¹⁶ Linjär regression klarbult 1981 – 2018 $p = 0,002$ $R^2 = 0,226$, 2009 – 2018: $p = 0,369$ $R^2 = 0,090$

¹⁷ Linjär regression storspigg 1981 – 2018 $p = <0,001$ $R^2 = 0,586$

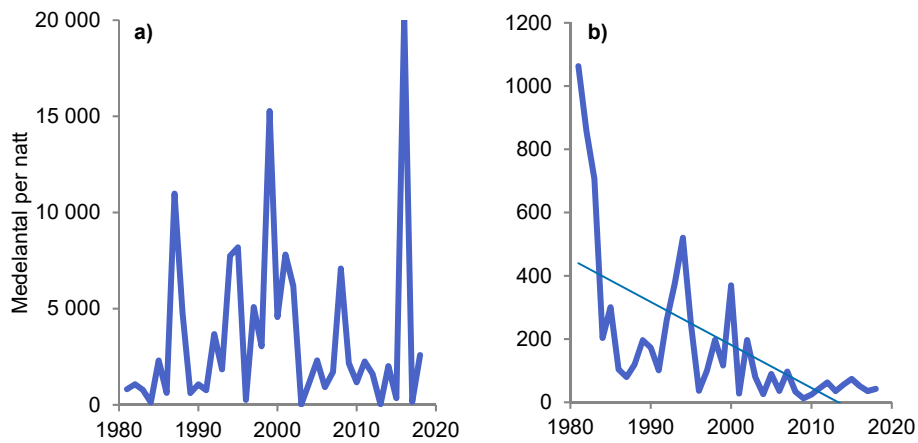
¹⁸ Linjär regression skarpsill 1981 – 2018 $p = 0,048$ $R^2 = 0,107$

¹⁹ Linjär regression tånglake 1981 – 2018 $p = 0,022$ $R^2 = 0,156$

²⁰ Linjär regression rödspätta 1981 – 2018 $p = 0,001$ $R^2 = 0,192$, 2009 – 2018 $p = 0,003$ $R^2 = 0,656$

²¹ Linjär regression rötsimpa 1981 – 2018 $p = <0,001$ $R^2 = 0,255$, 2009 – 2018 $p = 0,028$ $R^2 = 0,432$

²² Linjär regression: sandstubb 2009 – 2018 $p = 0,047$ $R^2 = 0,371$
äkta tunga, 2009 – 2018 $p = 0,009$ $R^2 = 0,551$



Figur 9. Förekomsten av a) sillyngel och b) glasål i kylvattenkanalen till reaktor 3 och 4 under vecka 5 – 18 åren 1981 – 2018. Värderna är angivna som medelantal per natt omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Tunn heldragen linje anger signifikant ($p < 0,05$) trend över tid. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Bild: Fångsten efter en natts provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål 2018. Foto: Peter Johannessen.

Tabell 4. Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med april 2018. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvarar det antal individer som skulle ha fångats per natt (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde.

Art/taxon	Vetenskapligt namn	Fångst per natt
Sill (yngel)	<i>Clupea harengus</i>	2 586,87
Klarbult	<i>Aphia minuta</i>	489,53
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes spp./lancea</i>	108,51
Glasål	<i>Anguilla anguilla</i>	42,56
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	28,40
Bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>	25,37
Storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	13,63
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	9,41
Skrubbskädda	<i>Pleuronectes flesus</i>	4,70
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	4,48
Laxsill	<i>Maurolicus mülleri</i>	4,44
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	3,69
Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	3,34
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	1,89
Sill (juvenil)	<i>Clupea harengus</i>	1,45
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	1,45
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,97
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	0,84
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	0,75
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,40
Sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	0,40
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,31
Större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>	0,31
Fyrtömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>	0,26
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,22
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>	0,13
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,13
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,09
Flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,09
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	0,09
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,09
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,09
Öring	<i>Salmo trutta</i>	0,09
Guldmulte	<i>Liza aurata</i>	0,04
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,04
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,04
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,04
Småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	0,04
Större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	0,04
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,04
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,04
Totalt antal, samtliga arter		3 335,32
Antal arter		39

4.3 Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter i kylvattenvägar och recipient

I kylvattenvägarna inventerades svallbassängen, T2, och kylvattentunneln, som leder in kylvatten till reaktor R4. På bägge lokalerna påträffades japanskt jätteostron (*Magallana gigas*) som den enda främmande arten (tabell 5 och 6).

I svallbassängen T2 lades tre dyktransekter ut i olika delar av schaktet, och i den mellersta transekten samlades prover in på bestämda djup. Hårdbottenproverna resulterade i 20 taxa varav hälften bestod av djur och den andra hälften av olika typer av alger (tabell 5).

Algernas utbredning, bottenprofiler samt maxdjup i de olika transekterna noterades med hjälp av dykare (figur 10). Från ytan ner till ca 2 – 3 meters djup bestod svallbassängens botten av täta grönalgsbestånd. Därefter dominerade rödalger ner till ca 9 meter. Transekternas maxdjup varierade mellan 13 och 15 meter. Under grönalgererna växte en dominerande rödalga (*Polysiphonia hemisphaerica*) på samtliga transekter. Skal från japanska jätteostron noterades på samtliga transekter från djup på cirka 7 meter ner till botten, men enbart ett fåtal levande ostron noterades på transekt 1 och 3.

I kylvattentunneln R4 påträffades 35 olika djurarter (tabell 6). Vissa djurgrupper som var i ett dåligt skick bestämdes till familj eller släkte. Vanligaste djurarterna i tunneln var blåmusslor (*Mytilus edulis*) och strandkrabba (*Carcinus maenas*). Även glipande havstulpan (*Balanus crenatus*) var väldigt vanlig i proverna. Fastsittande filterande djurarter som blåmusslor och havstulpaner frodas i tunneln på grund av ett konstant strömmande havsvatten. Utöver dess arter påträffades flera andra arter såsom sjöstjärnor, havsborstmaskar, slemmaskar, anemoner och sjöpungar. Det saknades fastväxande alger i tunneln där bristen på solljus omöjliggör en tillväxt för alger. Enbart tomma skal från japanska jätteostron noterades på tunnelväggarna.



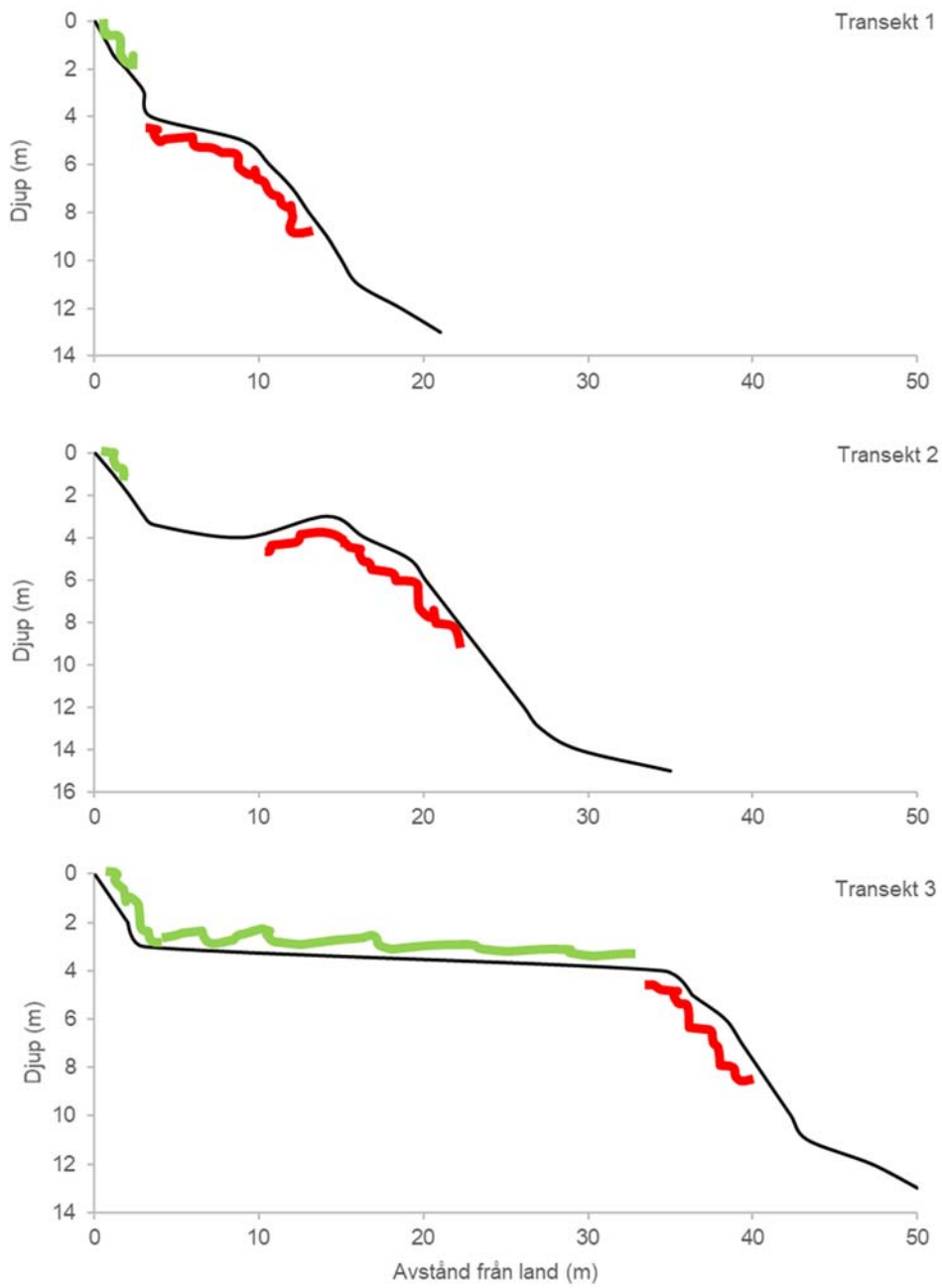
Bild: Dykning i svallbassängen T2 och bedömning i realtid via video. Foto: Ulrika Bothin.

Tabell 5. Förekomst av arter i svallbassängen T2 i dykundersökningarna 2018. Främmande arter anges i fet stil. Arters förekomst visas med en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik. Arter sorterade efter grupp och bokstavsordning.

	Art/släkte	Förekomst
Grönalg	<i>Cladophora</i> sp	2
	<i>Ulothrix subflaccida</i>	2
Blågrönalg	<i>Oscillatoria bonnemaisonii</i>	2
Brunalg	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	1
Rödalg	<i>Ceramium virgatum</i>	1
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	1
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	3
	<i>Spermothamnion repens</i>	1
Protozoa	<i>Foraminifera</i>	1
Fauna	<i>Akera bullata</i>	1
	<i>Balanus crenatus</i>	1
	<i>Bittium reticulatum</i>	2
	<i>Carcinus maenas</i>	3
	<i>Magallana gigas</i>	1
	<i>Mytilus edulis</i>	1
	<i>Obelia geniculata</i>	1
	<i>Palaemon adspersus</i>	1
	<i>Palaemon elegans</i>	1
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	1
	<i>Sagartia ornata</i>	1



Bild: Provtagning i kylvattentunneln samt bild på bland annat Labyrintsjöpfung Foto: Ulrika Bothin.



Figur 10. Svallbassängen T2, dykprofil längs botten för de tre dyktransekter som genomfördes under 2018 samt utbredning av grönalger och rödalger i transekterna.

Tabell 6. Förekomst av arter i kylvattentunneln R4, 2018. Främmande arter är noterade i fet stil. Arters förekomst visas med en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik. Tabell sorterad efter förekomst och namn.

Art/släkte	Svenskt namn	Förekomst
<i>Balanus balanus</i>	Vanlig havstulpan	3
<i>Mytilus edulis</i>	Blåmussla	3
<i>Asterias rubens</i>	Vanlig sjöstjärna	2
<i>Balanus crenatus</i>	Glipande havstulpan	2
<i>Botrylloides laechnii</i>	Labyrintsjöpfung	2
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabba	2
<i>Harmothoe imbricata</i>	Havsborstmask	2
<i>Hediste diversicolor</i>	Havsborstmask	2
<i>Hexacorallia</i>	Havsanemon	2
<i>Laevicardium crassum</i>	Hjärtmussla	2
<i>Pandalidae spp.</i>	Kräftdjur	2
<i>Polynoidae spp.</i>	Havsborstmaskar	2
<i>Protanthea simplex</i>	Havsanemon	2
<i>Sagartiidae fam</i>	Havsanemoner	2
<i>Acari sp.</i>	Havskvalster	1
<i>Aschiidae spp.</i>	Sjöpungrar	1
<i>Belone belone</i>	Näbbgädda	1
<i>Bryozoa</i>	Mossdjur	1
<i>Caprellidae sp.</i>	Havsborstmask	1
<i>Cerastoderma glaucum</i>	Nordlig östersjöhjärtmussla	1
<i>Corophium sp.</i>	Slammärla	1
<i>Cryptosula pallasiana</i>	Mossdjur	1
<i>Demospongiae sp.</i>	Svampdjur	1
<i>Electra pilosa</i>	Mossdjur	1
<i>Emplectonema gracile</i>	Slemmask	1
<i>Goniada maculata</i>	Fläckvinkelmask	1
<i>Hydrobiidae spp.</i>	Tusensnäckor	1
<i>Hydrozoa</i>	Nässeldjur	1
<i>Laomedea flexuosa</i>	Nässeldjur	1
<i>Liocarcinus navigator</i>	Simkrabba	1
<i>Magallana gigas</i>	Japanskt jätteostron	1
<i>Nemertea</i>	Slemmaskar	1
<i>Obelia geniculata</i>	Nässeldjur	1
<i>Psammechinus miliaris</i>	Tångsjöborre	1
<i>Sprattus sprattus</i>	Skarpsill	1
<i>Tardigrada</i>	Björndjur	1
<i>Terebellidae spp.</i>	Havsborstmaskar	1

Fem lokaler utanför Ringhals industriområde inventerades med avseende på fastsittande fauna och flora under juni 2018.

Under årets dykinventering påträffades vid huvudtransekten på Ringhals udde en, för recipientkontrollprogrammet, ny invasiv främmande art i form av rödalgen hamndun (*Aglaothamnion halliae*). Hamndun kommer ursprungligen från Nordamerika och observerades i Sverige första gången 2003. Den observerades i Bua hamn inte långt från Ringhals 2005.

Sammanslaget för de fem lokalerna registrerades 59 taxa av alger efter dykinventeringen, två habitatbildande arter av fauna och en svampart. Bland algerna påträffades tre främmande alger, sargassosnärlja (*Sargassum muticum*), japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och hamndun. Den enda främmande djurarten som noterades var japanskt jätteostron (*Magallana gigas*). Samtliga fyra arter är kända sedan tidigare längst med den svenska västkusten (tabell 7 och 8).

Fyra extra linjetaxeringar med fokus på invasiva främmande arter slumpades ut parallellt med huvudtransekten, vilket innebär att fem transekter inventerades totalt på varje lokal. Förekomsten av de främmande arterna varierade i linjetaxeringar, närmast Ringhals utsläpp var andelen generellt högre (tabell 8).

Sargassosnärlja fanns vid lokalen Ringhals udde samt på båda lokalerna i Båtafjorden och förekomsten är tillsynes relativt stabil. Japantofs noterades likt föregående år (2017) vid huvudtransekten på Norra Horta och Vendelsö.

Japanskt jätteostron påträffades på samtliga fem profiler vid Ringhals udde men förekom i mer eller mindre omfattning på samtliga lokaler.



Bild: Japanskt jätteostron fotograferat vid dykinventeringen. Foto: Patrik Bohman.

Tabell 7. (Nästa sida). Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2018. 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 invasiva främmande arter.

	Art/Släkten	Ringhals	Båtafi. norra	Båtafi. södra	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	<i>Brvopsis hvmnoides</i>				1	
	<i>Chaetomorpha melagonium</i>				1	1
	<i>Cladophora rupestris</i>				1	1
	<i>Cladophora spp.</i>	3	1	1	3	3
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>		1		1	
	<i>Cladophora sp.</i>					1
	<i>Ulva compressa</i>	1	1			
	<i>Ulva flexuosa</i>			1		
	<i>Ulva intestinalis</i>	1				
	<i>Ulva lactuca</i>		1			
**	<i>Zostera marina</i>			2		
Brunalger	<i>Chorda filum</i>				2	2
	<i>Chordaria flavelliformis</i>			1	1	1
	<i>Desmarestia aculeata</i>	1				
	<i>Dictyosiphon chordaria</i>			1		
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>			1	1	1
	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>					3
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	3	1	3	3	
	<i>Flachista fucicola</i>		1		1	1
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	1	3	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>		3	3	3	3
	<i>Halidrys siliuosa</i>	2			2	3
	<i>Halosiphon tomentosus</i>				1	
	<i>Laminaria digitata</i>				1	1
	<i>Leathesia marina</i>				1	1
	<i>Punctaria tenuissima</i>	1				
	<i>Saccharina latissima</i>				1	1
	<i>Sargassum muticum</i>	3	3	1		
	<i>Spermatochnus paradoxus</i>	1				
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	1	1		1	1	
Rödalgler	<i>Aelaothamnion halliae</i>	1				
	<i>Aelaothamnion hookeri</i>				1	
	<i>Ahnfeltia plicata</i>		2	1	3	3
	<i>Antithamnion cruciatum</i>	1	1			
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>				1	1
	<i>Broneniartella byssoides</i>	3	1	2	1	1
	<i>Callithamnion corvmbosum</i>	1		1		
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	1	1		1	1
	<i>Ceramium viriatum</i>	3	2	2	2	2
	<i>Chondrus crispus</i>	2	3	2	2	2
	<i>Coccolytus/Phyllophora*</i>	3	3	3	3	3
	<i>Corallina officinalis</i>				1	1
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	1		2	3	3
	<i>Delesseria sanguinea</i>		1		2	2
	<i>Dumontia contorta</i>		1	1		
	<i>Ervtrotrichia carnea</i>			1		
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	1	3	3	3	3
	<i>Lithothamnium/Phymatolithon*</i>	2	2		2	2
	<i>Membranoptera alata</i>				1	1
	<i>Phycodrys rubens</i>	1		1	1	1
	<i>Plumaria plumosa</i>				1	1
	<i>Polvrides rotundus</i>	3		1	2	2
	<i>Polvsiphonia elonvata</i>	1	1	1		
	<i>Polvsiphonia fibrillosa</i>	2	2	2	3	3
	<i>Polvsiphonia fucoides</i>	2	2	2	3	3
	<i>Polvsiphonia hemisphaerica</i>	3				
	<i>Polvsiphonia stricta</i>	1	1	1	1	1
	<i>Rhodomela confervoides</i>					1
<i>Spermothamnion renens</i>	3	2	2	3	3	
Fauna	<i>Halichondria vanicea</i>				2	
	<i>Macallana oigas</i>	1		1	1	
	<i>Mytilus edulis</i>	1	1			

*svåra att skilja åt **gröna växter

Tabell 8. Förekomst av invasiva främmande arter vid linjetaxering av transekter. 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.

Område	Art transekt	Brunalg							Rödalg									Fauna															
		Sargassosnärlja							Rödsvarsing									Japantofs			Japanplym			Hamndun		Japanskt jätteostron							
		2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2017	2018	2018	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Ringhals	A	2	2	3	3	3	3	2	3	2	2	1	1														1	2	1	1	1		
	B	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2	1				1								1			1	2	1	1	1		
	C	2	2	3	3	3	3	3	3	1	2	2	2	1	2	1				1			1	1		1	2	2	1	1	1		
	D	2	2	3	3	3	2	3	3	1	2	1			1									1			1			1	1		
	E	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	1												2			1	1			1	1	
Båtafj. norra	A		2	2	1	2	2		1	2														1			1	1					
	B		2	2	2	2	2		2	2		1																1			1		
	C		2	2	2	2	3		3	1	2	1												1			1						
	D		2	2	2	2	2		2	2	1																	1			1		
	E		2	2	2	3	2		1	2	1															1		1	1		1		
Båtafj. södra	A		2	1	1	2	3			2														1	1			1			1		
	B		2	2	2	2	3		2	2															1		1	1			1		
	C	1	2	2	2	3	3		1	1																1		1			1		
	D		2		2	2	2		2	2																		2			1		
	E		2	2		2	2		1	2															1			2			1		
Norra Horta	A									1																							
	B																																
	C									1											1	1	1							1	1		
	D																																
	E																																
Vendelsö	A									2																							
	B																																
	C			1						1											1	1											
	D																											1			1		
	E																											1					

C = huvudtransekt

*= utfördes i september

5 Diskussion

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.

I södra Sverige var det kallare än normalt i mars vilket gav en senare start på vårvärmen, medans det var rekordvarmt under sommarmånaderna. Detta påverkade i sin tur vattentemperaturerna. Under årets provfiske med smårýssjor vid recipientområdet Ringhals och vid referensområdena Vendelsö och Norra Horta var vattentemperaturen, jämfört med tidigare år, därför ovanligt låg under april och ovanligt hög under augusti. I relation till tidigare års fångster var antalet fiskar som fångades också lågt i april och högt i augusti. Detta beror troligen på en minskad, respektive ökad, förekomst av arter som gynnas av varmare vatten temperaturer. Den totala fångstmängden skiljer sig inte nämnvärt mellan recipient- och referensområde. Där- emot skiljer sig artsammansättningen mellan områdena. I recipientområdet fångas under aprilfisket, då uppvärmningseffekten är som störst, betydligt fler gulålar, skärsnultror och stensnultror. Dessa arter är så kallade varmvattensgynnade arter som annars fångas rikligt i alla tre områdena under augustifisket.

Likt tidigare år fångades det ett mindre antal fiskarter i Ringhals jämfört med vad som fångades i de två referensområdena. Att varmvattenutsläpp från nedkylningsprocessen av kärnkraftverk kan minska artrikedomen har också påvisats tidigare i studier från andra kärnkraftverk (Jan m.fl., 2001; Teixeira m.fl., 2009). Under 2018 fångades ovanligt få arter i recipienten under augustifisket vilket troligtvis beror på de höga vattentemperaturerna.

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. Samma effekt skulle kylvattenintaget kunna ha på kustlevande lokala bestånd av 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. Den låga förekomsten av ägg i undersökningarna i intagskanalen under 2018 kan bero på flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängd och artsammansättning. Under provtagningsperioden 2018 var salthalten generellt sätt låg och den dominerande vindriktningen var ostlig vilket påverkar strömmarna utanför intagskanalen och vad som följer med kylvattnet in till kraftverket. Är salthalten låg sjunker fiskägg närmare botten och i och med att Bongohåven flyter vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg.

Tiden för provtagning i intagskanalen av ägg och larver 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 detta område. Mer välutvecklade yngel, som glasål och yngel av höstlekande sill, representerar bestånd med ett mycket stort utbredningsområde där effekten på beståndsnivå troligtvis är liten. Den negativa utvecklingen för glasål i intagskanalen är inte en lokal företeelse för svenska vatten, utan utvecklingen är likartad för hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (ICES 2018, Dekker m.fl., 2018).

Under årets dykinventering hittades tre olika 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. Även i den närliggande skyddade Båtafjorden har förekomsten varit riklig. Sargassosnärlja är klassad som en potentiellt invasiv främmande art i svenska vatten men ses numera som en etablerad art i hela Västerhavet (www.havochvatten.se). Arten hittades första gången vid Bua 1992–1993 och utvecklade ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals 1996 (Karlson 1997). Förekomsten i området är troligtvis så hög eftersom det uppstår en gynnsam livsmiljö för arten i den högre vattentemperaturen.

Japantofs är en rödalg som observerats under inventeringarna sedan 2016 men arten har i motsats till sargassosnärlja endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast har en minimal påverkan eller fungerar som referensområde till kylvattenpåverkade områden. Arten observerades för första gången i svenska vatten i början av 1900-talet (Johansson m.fl. 1998). Japantofsen behöver en temperatur som överstiger 13 grader och en lång natt på hösten för att påbörja en sexuell reproduktion (www.frammandearter.se), 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 udde. Arten observerades i svenska vatten första gången 2003 och i Bua hamn, inte långt från Ringhals kylvattenutsläpp, 2005 (www.havochvatten.se).

6 Referenslista

- Andersson, J. (1980). Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979-1980: Naturvårdsverket.
- Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket: Statens naturvårdsverk.
- Andersson, J., Cardinale, M., Fagerholm, B., Hjelm, J. & Pettersson, E. (2011). Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006–2010. Fiskeriverket 15s.
- 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. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 67 s.
- Dekker, W., Bryhn, A., Magnusson, K., Sjöberg, N., Wickström, H. (2018). Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2018. Third post-evaluation of the Swedish Eel Management Plan Swedish University of Agricultural Sciences, Drottningholm Lysekil Öregrund. 113 pp.
- Främmande arter, <http://www.frammandearter.se/>, 2019-02-05
http://www.frammandearter.se/0/1notiser/44%20Bonnemaisonia/1.html?reload_coolmenus
http://www.frammandearter.se/5arter/pdf/Bonnemaisonia_hamifera.pdf
- Grimås, U., Jacobsson, A. & Neuman, E. (1988). Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968–1987. Naturvårdsverket rapport 3463, 1-26.
- Hav och vatten, www.havochvatten.se 2019-02-05
Sargassosnärja
<https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/arter/arter-och-naturtyper/sargassosnarja.html>
Hamndun
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/1448458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf>
- ICES. 2018. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL), 5–12 September 2018, Gdansk, Poland. ICES CM 2018/ACOM:15. 150 pp
- 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, 233-243.
- Johansson, G., Eriksson, B. K., Pedersén, M. & Snoeijs, P. (1998). Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. Hydrobiologia 385, 121.
- Karlson, J. (1997). Utbredningen av sargassosnärja-Sargassum muticum-vid svenska västkusten 1996. Slutrapport till Världsnaturfonden, WWF.
- Kordas, R. L., Harley, C. D. & O'Connor, M. I. (2011). Community ecology in a warming world: the influence of temperature on interspecific interactions in marine systems. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 400, 218-226.

- MacDougall, A. S. & Turkington, R. (2005). Are invasive species the drivers or passengers of change in degraded ecosystems? *Ecology* 86, 42-55.
- Mooney, H. A. & Cleland, E. E. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98, 5446-5451.
- Sundqvist, F., Svanfeldt K., Svensson L. (2018). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2017. *Aqua reports 2018:6*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 49s.
- 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, 188-195.
- Thoreson, G. (1996). Metoder för övervakning av kustfiskbestånd: Kustlaboratoriet, Fiskeriverket.
- Vitousek, P. M., Antonio, C. M., Loope, L. L. & Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. *American scientist* 84, 468.

