



Aqua reports 2020:3

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2019

Patric Ceder, Karin Thompson-Svanfeldt & Frida Sundqvist



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2019

Patric Ceder, Karin Thompson-Svanfeldt, Frida Sundqvist¹

¹**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Yttre Skällåkra 6, 432 65 Väröbacka

Mars 2020

Aqua reports 2020:3
ISBN: 978-91-576-9736-3 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:

patric.ceder@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:

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

Håkan Wickström, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge: Ceder, P., Thompson-Svanfeldt, K., & Sundqvist, F. (2020). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk, Årsrapport för 2019. Aqua reports 2020:X. **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 31s.

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: Ryssjefiske vid Ringhals. Foto: Staffan Persson.

Baksida: Solnedgången vid Videbergs hamn, Ringhals. Foto: Staffan Persson.

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 pågående biologiska recipientkontrollprogrammet. Föreliggande årsrapport presenterar resultat i undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2019 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 2019. 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 provfisket 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 2019 avvek provfisket inte från tidigare års resultat. Generellt var förekomsten av varmvattengynnade arter högre i recipientområdet och förekomsten av kallvattengynnade arter högre i referensområdet, framför allt i Vendelsö. Totalfångsten av strandkrabba var tämligen hög i samtliga lokaler och fiskeperioder med kulmen i recipientområdet i augusti. Antalet fångade fiskarter var lägre i Ringhals än i Vendelsö, en trolig effekt av utsläppet av det uppvärmda kylvattnet.

För att undersöka eventuell förekomst av främmande arter genomförs årliga dykkarteringar utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. År 2019 noterades fem för västkusten främmande arter under dykinventeringen, samtliga kända sedan tidigare längst med den svenska västkusten.

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
2	Kraftverkets drift och temperaturpåverkan	7
3	Kontrollprogram och metodik	8
3.1	Förlusten av ägg och ungfisk i kylvattenvägarna	8
3.1.1	Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	8
3.1.2	Håvning med Isaacs-Kidd yngeltrål	9
3.2	Förekomst av fisk i recipienten för kylvatten	9
3.2.1	Provfiske med ryssjor	9
3.3	Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation	11
3.4	Kontroll av förekomsten av främmande arter	11
4	Resultat	13
4.1	Förlusten av fiskägg och ungfisk i kylvattenvägarna	13
4.1.1	Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	13
4.1.2	Håvning med Isaacs-Kidd yngeltrål	15
4.2	Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten	18
4.2.1	Provfiske med ryssor	18
4.2.2	Sjukdomar	18
4.3	Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation	23
4.4	Kontroll av förekomsten av främmande arter	24
5	Diskussion	27
6	Referenslista	30

1 Inledning

Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Ringhals kraftstation 2019 med fokus på fisksamhället. 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 m.fl., 2019). Fördjupade analyser av kylvattenhanteringsens effekter på kringliggande vattenmiljö över en längre tidsperiod utförs efter avrop från Ringhals AB (exempelvis: Andersson m.fl., 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).

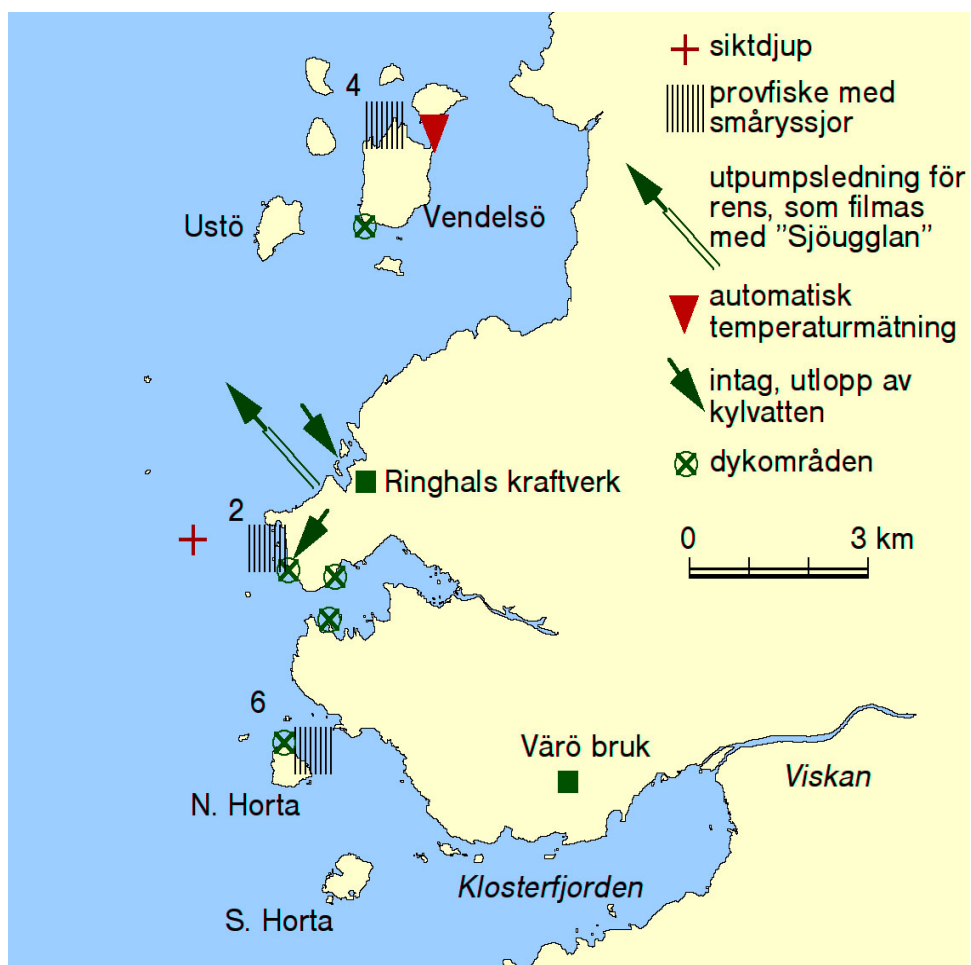
Kraftverkets påverkan har tidigare noterats dels som en ökad dödlighet hos de ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i kraftverkets silstationer, dels som förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion, samt etablering av främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson m.fl., 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2019 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 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 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 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. Referensområdet, Vendelsö, ligger sju kilometer nordost från utsläppets mynning, och bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (figur 1). Från augusti 2011 har ett nytt fiskeområde tillkommit, tre kilometer från utsläppsområdet, vid kusten utanför Norra Horta. Detta område bedöms vara delvis påverkat av kylvattenutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar. Referensområden används för att kunna urskilja förändringar beroende på kärnkraftverkets aktivitet, 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 fiskesamhället 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. 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 trålredskap (Grimås m.fl., 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 m.fl., 1996). Samtidigt kan etableringen av främmande arter gynnas av uppvärmningen, då de potentiellt är bättre anpassade för det nya miljöförhållandet (Mooney och Cleland, 2001; MacDougall och Turkington, 2005). Av denna anledning undersöks förekomsten av främmande arter årligen i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet. Syftet är att upptäcka nyetableringar av främmande arter, notera förekomster, samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.



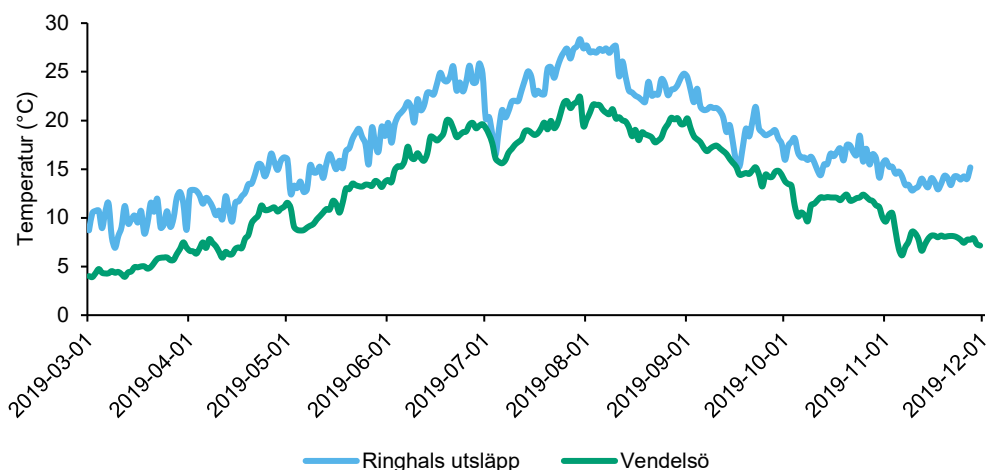
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6). Fem dyksområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, samt renshusledningen för återtransport 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. 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 mellan 152–169 m³/s under stora delar av året, med undantag för minskat flöde i samband med revision för varje reaktor. Reaktor 2 gick på halvfart från början av januari fram till början av april, för att sedan öka till full drift fram till påbörjad nedstängning i september.

Temperaturen i utsläppsområdet påverkas av det utgående kylvattnet och skiljer sig därför jämfört med temperaturen i referensområdet vid Vendelsö (figur 2). Under 2019 har temperaturen varit ungefär fem grader högre i utsläppsområdet än i referensområdet.



Figur 2. Medeltemperatur (°C) per dygn i recipientområdet vid Ringhals utsläpp och i referensområdet vid Vendelsö under perioden april till november 2019.

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 Förlusten av ägg 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 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 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 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 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 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 för kylvatten

3.2.1 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. 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 se 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.



Ryssjefiske vid Ringhals. Foto: Staffan Persson.

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 materialet vidare genom en tub som mynnar vid 9 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. För fisk kan processen självklart bli tuff, och 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 m.fl., 2011; Bryhn m.fl., 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), en undervattensfarkost som styrs från ytan. På grund av tekniska problem med utrustningen utfördes filmningen 2019 i november.

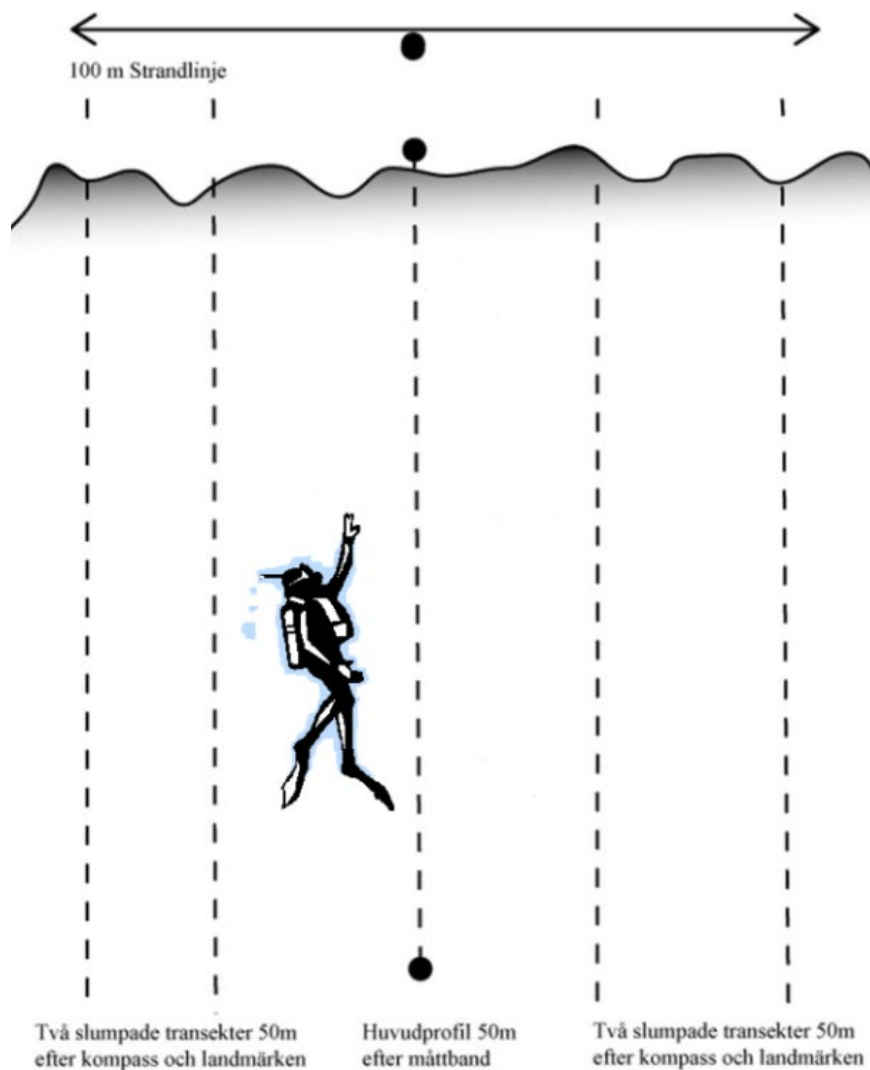
3.4 Kontroll av förekomsten av främmande arter

Förekomsten av främmande arter vid Ringhals kärnkraftverk kontrolleras årligen. Vartannat år sker mer omfattande kontroller som innefattar inventering av kylvattenvägarna, svallbassäng T2, huvudkylvattentunnel R4 och dykinventeringar i fem lokaler med anslutning till recipienten. De år med mindre omfattande kontroller innefattar endast dykinventeringar, då vid tre av de fem lokalerna. År 2019 utfördes en mindre omfattande kontroll av främmande arter, och dykinventering utfördes under juni månad på lokalerna Ringhals udde, Norra Horta söder om Ringhals, och Vendelsö norr om Ringhals. Platserna 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 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 3). 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 3. 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 fiskägg och ungfisk i kylvattenvägarna

4.1.1 Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2019, som pågick från vecka 1 till och med vecka 18, fångades 16 olika arter av fisklarver (tabell 1). Medelvärdet för antalet fångade fisklarvsarter per år har varit 13,2 för hela provtagningsserien (1979–2019) och 15,0 för den senaste 10-årsperioden (2010–2019). Under 2019 års provtagning noterades inga nya fiskarter i larvstadium.

Dominerande arter/taxonomiska grupper av fångade fisklarver under 2019 var plattfisklarver (sand- och skrubbskädda) följt av tobis (kust- och havstobis), torsk, rötsimpa och rödspätta (tabell 1). Utmärkande för 2019 års resultat var antalet fångade plattfisklarver som uppgick till 218,34 larver/100 m³, varav skrubbskädda stod för omkring 97 % av fångsten. Jämfört med medelfångsten för senaste tioårsperioden (29,15 larver/100 m³) och för hela tidsserien (9,95 larver/100 m³) var fångstgenomsnittet för plattfisklarver 2019 högt.

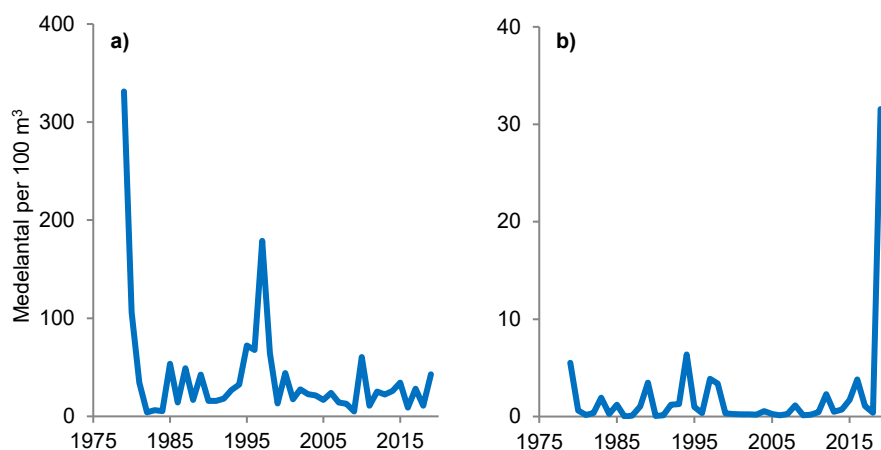
Även larvfångster av kommersiellt viktiga arter som torsk och rödspätta var stora 2019 (figur 4 och 5). Gemensamt för båda arterna var att 2019 års fångster låg över genomsnittet (både för hela provtagningsserien och senaste tioårsperioden), samt att det var de största larvfångsterna som noterats för torsk och rödspätta sedan provtagnings start.

Medelantalet ägg per 100 m³ har fluktuerat relativt mycket under perioden mellan 1979 och 2019 (högsta: 428 ägg/100 m³, lägsta: 6,7 ägg/100 m³ och medel: 102 ägg/100 m³). 2019 var medelantalet 151 ägg/100 m³, vilket är tämligen högt jämfört med tidigare år. Mest förekommande arter/taxonomiska grupper i fångsterna var rödspätta och små plattfiskägg (skrubb- och sandskädda), följt av torsk. Fångsterna av dessa arter/grupp låg mellan 43,5–50,37 ägg/100 m³. Medelantalet ägg av röd-

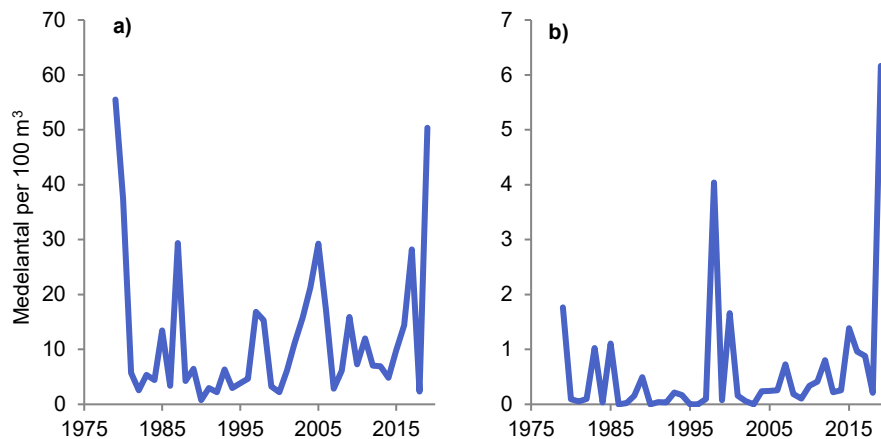
spätta och torsk låg över medelvärdet för både hela tidsserien och den senaste tioårsperioden. I övrigt påträffades även ett stort antal ägg som endast kunde klassas till storleksgrupp och inte artbestämmas.

Tabell 1. *Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 1 till och med vecka 18 under 2019. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m³). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2019. Ej artbestämda fångster är exkluderade.*

Art/taxon	Antal per 100 m ³
Plattfisklarver (sand-/skrubbskädda)	218,34
Tobis (kust-/havs-)	39,55
Torsk	31,56
Rötsimpa	8,69
Rödspätta	6,11
Sill	6,01
Skarpsill	2,40
Oxsimpa	2,15
Tejstefisk	1,62
Montagus ringbuk	1,04
Lerskädda	0,46
Skäggsimpa	0,34
Spetsstjärtat lågebarn	0,21
Femtömmad skärlånga	0,06
Tångsnärta	0,01
Total fångst (medelantal/100 m ³)	318,56
Antal arter/taxon	15



Figur 4. Förekomsten (medelantal per 100 m³ vatten) av a) torskägg och b) torskclarver fångade under vecka 1–18 med Bongohåv i kylvattenkanalen åren 1979–2019. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



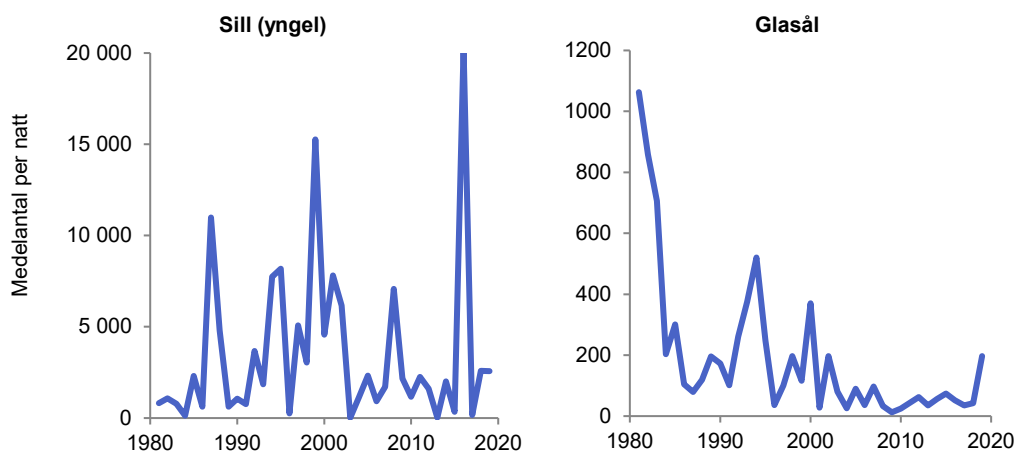
Figur 5. Förekomst (medelantal per 100 m³ vatten), av a) rödspätteägg och b) rödspättelarver fångade under vecka 1–18 med Bongohåv i kylvattenkanalen åren 1979–2019. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.1.2 Håvning med Isaacs-Kidd yngeltrål

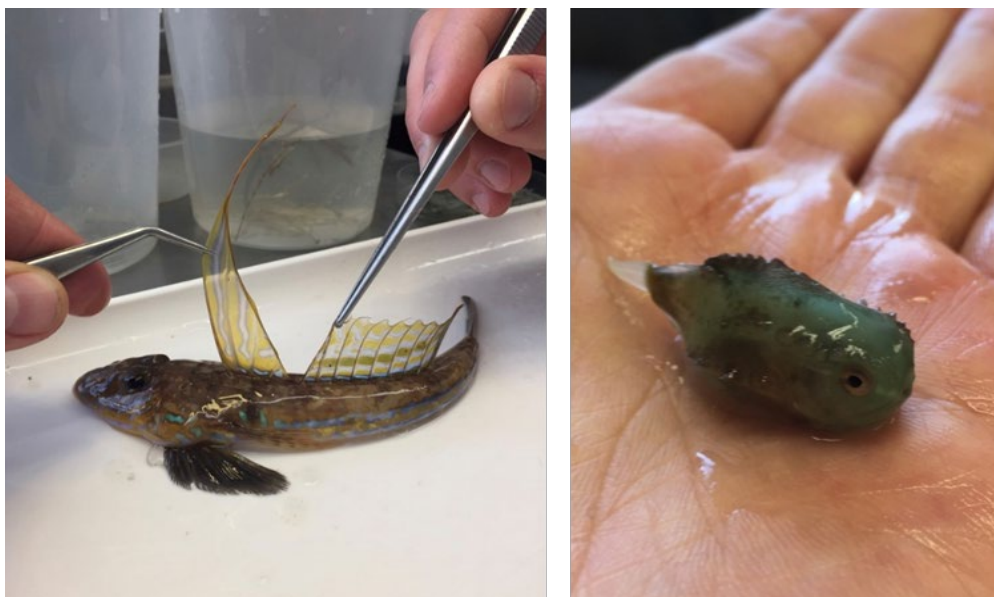
Under provtagnings säsongen 2019 fångades 51 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (tabell 2). Det är det högsta antalet arter som fångats under ett år sedan undersökningarna startade 1981. Den vanligast förekommande arten i fångsten 2019 var klarbult. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet fångade klarbultsindivider i medeltal under 2019 var fem gånger så högt som fångstantalet 2018.

Sill (yngel) var näst vanligast i fångsten 2019 till skillnad från 2018 då sill var den vanligaste. 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 6) men fångsten 2019 låg på ungefär samma medelnivå som fångsten 2018.

Kust-/havstobis var den tredje vanligaste arten i fångsten och mindre kantnål var den fjärde vanligaste. För kust-/havstobis var medelantalet fångade individer 2019 det största som registrerats sedan 1994 och för mindre kantnål var medelantalet som fångades 2019 större än vad som tidigare fångats i denna undersökning (sedan 1981). Den femte vanligaste arten i provtagningen var glasål. Antalet individer av glasål i fångsten 2019 var i medeltal fem gånger högre än 2018 och det högsta medelantalet sedan 2002, vilket bekräftar den uppåtgående trenden för hela beståndet (ICES, 2019; figur 6).



Figur 6. Förekomsten av a) sillyngel och b) glasål i kylvattenkanalen till reaktor 3 och 4 under vecka 5–18 åren 1981–2019. Värderna är angivna som medelantal per natt omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Nätmonstrad sjökock och sjurygg från fångsten från Isaac-Kidd trål i Ringhals intagskanal 2019. Foton: Staffan Persson.

Tabell 2 (nästa sida). Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med april 2019. 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 2019. Arter markerade med * eller ** är samma art i olika livsstadier.

Art	Fångst per natt
Klarbult	2640,88
Sill* (vngel)	2569,76
Tobis (kust-/havs-)	314,20
Mindre kantnål	240,25
Glasål**	196,43
Sandstubb	72,89
Bergstubb	53,05
Storspigg	34,72
Sjustrålig smörbult	9,99
Tobiskung	9,27
Tånglake	7,92
Svart smörbult	4,93
Rödspätta	4,21
Skarpsill	4,04
Laxsill	3,16
Tjockläppad multe	2,61
Tångsnälla	2,06
Större Kantnål	1,98
Sill*	1,64
Fyrtömmad skärlånga	1,60
Stensnultra	1,39
Tejstefisk	1,14
Gulål**	1,05
Flodnejonöga	1,01
Lerstubb	0,59
Randig sjökock	0,59
Skärsnultra	0,59
Skäggsimpa	0,51
Större Havsnål	0,46
Äkta tunga	0,42
Torsk	0,29
Mindre havsnål	0,25
Tångspigg	0,25
Havskatt	0,21
Nätmönstrad sjökock	0,21
Sjurygg	0,21
Småtunga	0,21
Tångringbuk	0,17
Sandskädda	0,17
Skrubbskädda	0,17
Knot	0,13
Nors	0,08
Småspigg	0,08
Tungevar	0,08
Vitling	0,08
Berggylta	0,04
Fläckig sjökock	0,04
Havsabborre	0,04
Havsnejonöga	0,04
Rötsimpa	0,04
Skäggorsk	0,04
Större ringbuk	0,04
Öring	0,04
Alla arter	6186,40
Antal arter	51

4.2 Övervakning av fisk i recipienten för kylvatten

4.2.1 Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 17 fiskarter och 1 kräftdjursarter vid Ringhals, 17 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 18 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 12 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 19 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 19 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 4).

Skärsnultra var den talrikaste fiskarten i samtliga områden vid provfisket i både april och augusti. Andra arter som var vanliga vid samtliga områden var rötsimpa, stensnultra och tånglake 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.

Totalfångsten av samtliga fiskarter, skärsnultra och gulål under fisket i april och augusti, 1976–2019, vid alla tre områdena presenteras i figur 7. Jämfört med föregående år fångades fler individer per ansträngning av fisk och skaldjur i både recipientområdet och referensområdet. Fler individer av skärsnultra fångades under både april och augusti i recipientområdet samt i referensområdet, dock inte i Norra Horta under augusti (figur 7). Varmvattengynnade arter, så som gulål, svart smörbult och stensnultra, fångades i större antal under fisket i april vid Ringhals jämfört med övriga områden.

I figur 8 ses utvecklingen över tid för torsk, tånglake och strandkrabba. Fångstantalet av gulål var högre vid Vendelsö och Norra Horta under augusti, och lägre vid resterande lokaler 2019 jämfört med 2018 (figur 8). Fångsterna bestod av få individer av arterna torsk och tånglake, båda kallvattengynnade arter, i samtliga fisken 2019. Jämfört med 2018 var antalet tånglakar i fångsterna färre eller oförändrade vid nästan samtliga lokaler och tillfällen, förutom vid Ringhals i april då något fler individer fångades (figur 8). För strandkrabba fångades fler individer under 2019, vid samtliga lokaler och fisken, än föregående år.

4.2.2 Sjukdomar

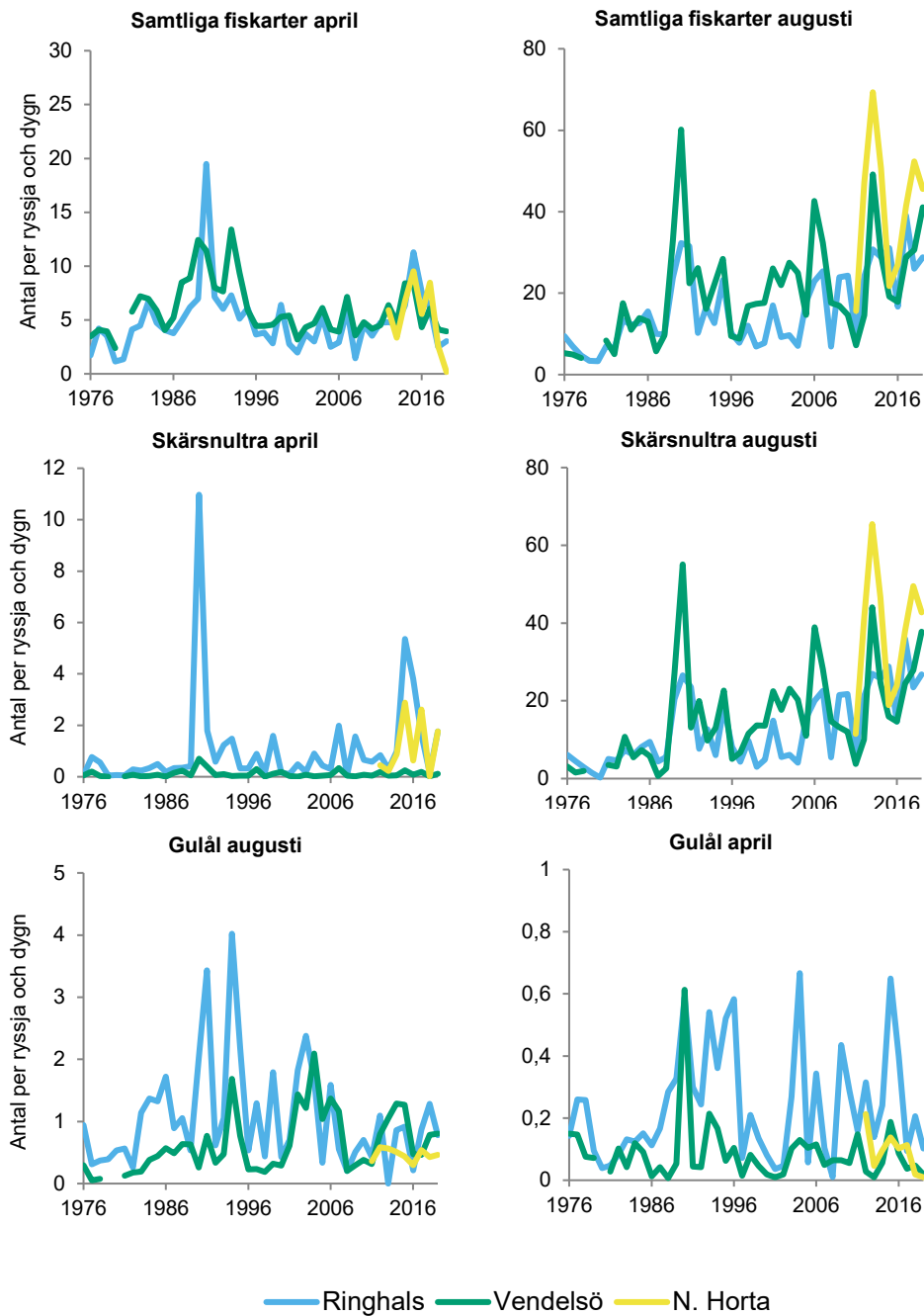
Vid fisket i april uppvisade ingen av de totalt 980 fångade fiskarna något sjukdomssymptom. Likaså gällde för provfisket i augusti då totalt 12 468 fiskar fångades.

Tabell 3. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2019.

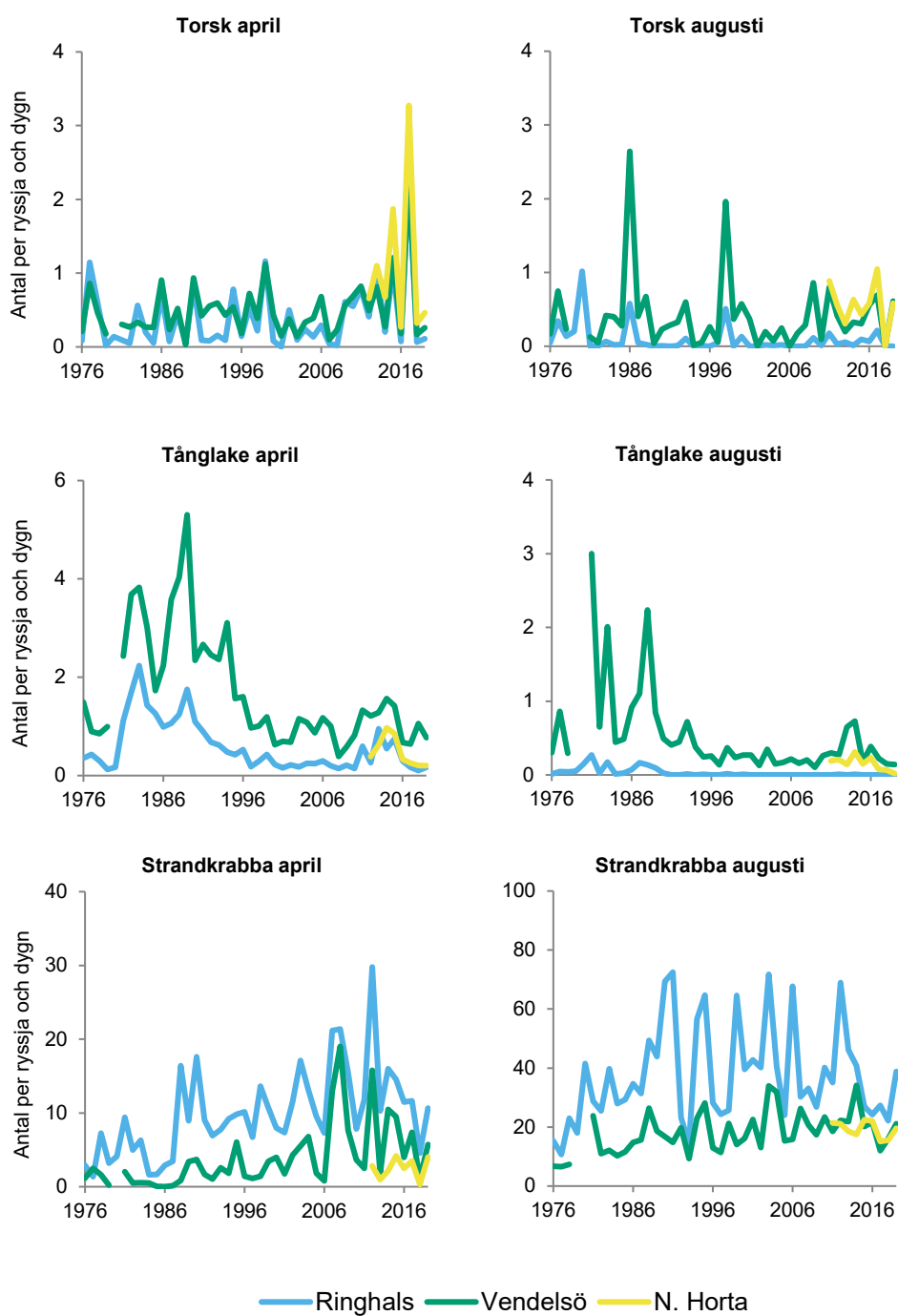
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
<i>FISKAR</i>						
Skärsnultra	111	1,03	12	0,11	184	1,77
Svart smörbult	50	0,46	21	0,19	20	0,19
Stensnultra	42	0,39	75	0,69	36	0,35
Femtöm. skärlånga	20	0,19	27	0,25	69	0,66
Tånglake	18	0,17	83	0,77	21	0,20
Skrubbskädda	17	0,16	34	0,31	5	0,05
Oxsimpa	14	0,13	6	0,06	20	0,19
Rödspätta	13	0,12	9	0,08	1	0,01
Torsk	12	0,11	28	0,26	48	0,46
Gulål	11	0,10	2	0,02	1	0,01
Rötsimpa	9	0,08	122	1,13	58	0,56
Större kantnål	3	0,03	1	0,01	1	0,01
Tångsnälla	3	0,03				
Tunga	1	0,01	2	0,02	3	0,03
Randig sjökock	1	0,01	1	0,01		
Grässnultra	1	0,01			3	0,03
Öring	1	0,01				
Tejstefisk			2	0,02		
Sjustrålig smörbult			1	0,01		
Skäggsimpa			1	0,01	2	0,02
Berggylta					1	0,01
Tångspigg					1	0,01
Bergskädda					1	0,01
Totalfångst fisk	327	3,03	427	3,95	475	4,57
Antal fiskarter	17		17		18	
<i>KRÄFTDJUR</i>						
Strandkrabba	1150	10,65	617	5,71	420	4,04
Eremitkräfta			4	0,04	1	0,01
Tångräka obestämd			8	0,07		
Totalfångst kräftdjur	1150	10,65	629	5,82	421	4,05
Antal kräftdjursarter	1		3		2	

Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2019.

Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnultra	2898	26,83	4083	37,81	4613	42,71
Gulål	84	0,78	87	0,81	50	0,46
Stensnultra	63	0,58	98	0,91	98	0,91
Svart smörbult	44	0,41	31	0,29	34	0,31
Skrubbskädda	6	0,06	6	0,06	8	0,07
Rödspätta	6	0,06	7	0,06	3	0,03
Berggylta	3	0,03	19	0,18	8	0,07
Tunga	1	0,01	6	0,06	4	0,04
Större kantnål	1	0,01	1	0,01	1	0,01
Havsabborre	1	0,01				
Slätvar	1	0,01				
Torsk			66	0,61	63	0,58
Tånglake			15	0,14	2	0,02
Femtömmad skärlånga			3	0,03	12	0,11
Gråsej			1	0,01	11	0,10
Rötsimpa			1	0,01	9	0,08
Oxsimpa			6	0,06	2	0,02
Vitling			7	0,06	1	0,01
Grässnultra			2	0,02		
Lyrtsk					1	0,01
Näbbgädda					1	0,01
Totalfångst fisk	3108	28,78	4439	41,10	4921	45,56
Antal fiskarter	11		17		18	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	4191	38,81	2285	21,16	2108	19,52
Hästräka	1	0,01	1	0,01	1	0,01
Krabbtaska					2	0,02
Tångräka obest.	1	0,01	1	0,01		
Tot. kräftdjur	4193	38,82	2287	21,18	2111	19,55
Antal kräftdjursarter	3		3		3	



Figur 7. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter samt skärsnultra och gulål vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2019 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 8. Antal per ryssja och dygn, av torsk, tånglake och strandkrabba vid provfiske med ryssjor under april och augusti 2019, vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.3 Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Utsläppstuben filmades med hjälp av en ROV (Remotely Operated Vehicle) i november 2019. Tuben filmades från cirka 8 meters djup ned mot mynningen på cirka 9 meters djup och sedan i utökade cirkelrunt mynningen under 25–30 minuter. Bottnen längs med tuben dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande rödalger samt inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (figur 9) och där utsläppstuben mynnar hade en vall av biologiskt material, bestående av förmultnande alger och rester från fisk och andra vattenlevande djur, bildats (figur 10). Omkring tuben förekom vanliga arter som brännmanet, sjöstjärnor, krabbtaska och strandkrabba.



Figur 9. Renshustuben, med påväxt av bland annat brun- och rödalger.



Figur 10. Renshustubens mynning på ca 9 m djup. Längs bottnen vid mynningen ses ett lager av biologiskt material bestående av döda alger, rester från fisk och andra vattenlevande djur.

4.4 Kontroll av förekomsten av främmande arter

Den fastsittande faunan och floran inventerades i juni 2019 på tre lokaler utanför Ringhals område. På de tre inventerade lokalerna 2019 registrerades 49 fastsittande arter, varav 47 algarter och två ryggradslösa djur. Vid Ringhals utsläppsområde påträffades tre främmande arter, japanskt jätteostron (*Crassostera gigas*), brunalgen sargassosnärja (*Sargassum muticum*) och rödalgen hamndun (*Aglaothamnion halliae*). Den från 2018 nytilkomna rödalgen hamndun (*Aglaothamnion halliae*) påträffades även detta år (2019) vid huvudtransekten på Ringhals udde. Hamndun kommer ursprungligen från Nordamerika och observerades i Sverige första gången 2003. Den observerades i Bua hamn inte långt från Ringhals 2005.

En främmande art, rödalgen japtarfs (*Bonnemaisonia hamifera*) påträffades vid lokalen Vendelsö 2019. Samtliga främmande arter som påträffades 2019 är kända sedan tidigare längst med den svenska västkusten (tabell 5 och 6).

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 2019 visade förekomst av Sargassosnärja, rödsvansing, hamndun och japanskt jätteostron vid lokalen Ringhals, men inga främmande arter påträffades vid övriga lokalers extratransekter (tabell 6).



Dyktransekt genom brunalgsbälte med ektång (*Halidrys siliquosa*), brunlick (*Pilayella littoralis*) och snärjtång (*Chorda* sp). Foto: Patrik Bohman

Tabell 5. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2019. 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	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	<i>Bryopsis hypnoides</i>		2	
	<i>Chaetomorpha melagonium</i>			
	<i>Cladophora rupestris</i>		2	1
	<i>Cladophora</i> spp.	3		
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>			1
	<i>Ulva compressa</i>	1		
	<i>Ulva lactuca</i>	1		
	<i>Ulva linza</i>	1		
	<i>Ulva prolifera</i>	1		
Brunalger	<i>Chorda filum</i>			2
	<i>Chordaria flagelliformis</i>			1
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	1	2	3
	<i>Elachista fucicola</i>			1
	<i>Fucus serratus</i>		1	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>		3	3
	<i>Halidrys siliquosa</i>	2	1	3
	<i>Halosiphon tomentosus</i>		1	
	<i>Laminaria digitata</i>		1	
	<i>Sargassum muticum</i>	3		
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	1	2	
Rödalger	<i>Acrochaetium</i> sp	1		
	<i>Aglaothamnion halliae</i>	1		
	<i>Antithamnion cruciatum</i>	1	2	2
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>			1
	<i>Brongiartella byssoides</i>	1	3	3
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1	1	1
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	2		1
	<i>Ceramium virgatum</i>	3	2	3
	<i>Chondrus crispus</i>	2		3
	<i>Coccotylus/Phyllophora*</i>	3	3	3
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	1		3
	<i>Dasya baillouviana</i>	1		
	<i>Delesseria sanguinea</i>		2	2
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	1	3	3
	<i>Membranoptera alata</i>		1	
	<i>Odonthalia dentata</i>		1	
	<i>Palmaria palmata</i>		2	
	<i>Phycodrys rubens</i>		1	
	<i>Plumaria plumosa</i>		1	
	<i>Polyides rotundus</i>	1	1	3
	<i>Polysiphonia elongata</i>	2		
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	3	2
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	1	2	2
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	3		
	<i>Polysiphonia stricta</i>		1	1
	<i>Rhodomela confervoides</i>	1	1	1
	<i>Spermothamion repens</i>	3	3	3
Fauna	<i>Halichondria panicea</i>		2	2
	<i>Crassostrea gigas</i>	2		

Tabell 6. Förekomst av invasiva främmande arter vid linjetaxering av transekter under de senaste fem åren (2015–2019). 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	Grönalg	Brunalg					Rödalg															Fauna							
		Svamp-tång	Sargassosnärlja					Rödsvansing					Japantofs					Japanplym					Hamndun					Japanskt jätteostron		
transekt	19	15	16	17	18	19	15	16	17	18	19	16	17	18	19	17	18	19	18	19	1	5	16	17	18	19				
Ringhals	A		3	3	2	3	2															2	1	1	1	1				
	B	3	3	2	3	3	3			1												2	1	1	1	1				
	C		3	3	3	3	3	1	2	1						1					1	1	2	2	1	1	2			
	D		3	2	3	3	1		1																1	1	1			
	E		3	2	2	3	3															1		1	1	1				
Båtafjorden norra	A		2	2		3																1	1							
	B		2	2		3																	1		1					
	C		2	3		3																1								
	D		2	2		3																	1		1					
	E		3	2		3																	1	1		1				
Båtafjorden södra	A		2	3																			1		1					
	B		2	3		2																	1	1		1				
	C		3	3		1																	1		1					
	D		2	2		2																	2		1					
	E		2	2		1																	2		1					
Norra Horta	A																													
	B																													
	C											1	1	1										1	1					
	D																													
	E																													
Vendelsö	A																													
	B																													
	C											1	1											1						
	D																						1		1					
	E																						1		1					

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, tejstefisk 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 höga förekomsten av ägg i undersökningarna i intagskanalen under 2019 kan bero på flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. 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 (till exempel vid provtagningen med Bongohåv i intagskanalen 2018, då salthalten i snitt över provtagningsperioden var 15,5 ppt). Under provtagningsperioden 2019 var medelsalthalten för provtagningsperioden 21,3 ppt. Till skillnad från mätningarna 2018 är 2019 års mätvärden av salthalten närmre den genomsnittliga salthalten över tid, som från provtagningarnas början 1979 till 2019 ligger på 21,2 ppt. Denna ökning i genomsnittlig salthalt mellan 2018 och 2019 har troligtvis bidragit till fler ägg med ökad flytkraft, och därmed högre överlevnad och större fångster.

Under provtagningen för yngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd trål 2019 fångades ett högre antal arter än tidigare vilket likt förekomsten av ägg och larver kan bero på flera olika faktorer, t.ex. variation i strömmar, temperatur och salthalt, förekomst av predatorer eller mer storskaliga faktorer som klimatförändringar. Dessa faktorer kan även vara orsaken till det höga fångstantalet av bland annat klarbult, mindre kantnål och kust-/havstobis. För glasål har medelantalet individer i fångsten sjunkit sedan undersökningarna startade även om fångsten 2019 var betydligt högre

än de senaste åren. Det lägre fångstantalet senare år 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; ICES WGEEL 2019).

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 normala jämfört med tidsperioden 1988–2019 och bör därmed inte påverkat provfiskeresultatet nämnvärt. Likaså gäller för medeltemperaturerna under fisket i augusti.

Totalfångsterna i april bestod framför allt av skärsnultra, stensnultra och rötsimpa. Skärsnultra och stensnultra är två varmvattengynnade arter och likt tidigare år dominerade dessa i recipientområdet och Norra Horta. Rötsimpa, som är en kallvattengynnad art, hade högst täthet i referensområdet. I referensområdet var även fångsterna av andra kallvattengynnade arter, så som tånglake och skrubbskädda, högre jämfört med recipientområdet. Medan fångsterna i recipientområdet visade generellt högre täthet av varmvattengynnade arter, så som gulål och svart smörbult.

Provfisket i augusti visade generellt större antal av varmvattengynnade arter jämfört med fisket i april. Fångsten av torsk, 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).

Likt tidigare år fångades det färre 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.

Under årets dykinventering hittades fyra 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. 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 kylvattenutsläpp. Arten observerades i svenska vatten första gången 2003 och i Bua hamn, inte långt från Ringhals kylvattenutsläpp, 2005 (www.havochvatten.se).

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 (Silva 1957).

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.
- Bryhn, Andreas C., Jan Andersson, and Erik Petersson. "Mortality of European glass eel (*Anguilla anguilla* juveniles) at a nuclear power plant." *International review of hydrobiology* 99.4 (2014): 312-316.
- 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/faktblad-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
- ICES. 2019. Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). ICES Scientific Reports. 1:50. 177 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545>
- 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 sargassosnärlja-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.
- Pihl, L. "Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast." *Netherlands Journal of Sea Research* 15.3-4 (1982): 419-432.
- 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.
- Sundqvist, F., Flink, H., Looström, J., Pärlo, L. (2019). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk, Årsrapport för 2018. *Aqua reports 2019:2*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 33s.
- 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.

