Aqua reports 2018:6

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2017

Frida Sundqvist, Karin Svanfeldt, Lena Svensson

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2017

Frida Sundqvist[1], Karin Svanfeldt[1], Lena Svensson[1]

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

Mars 2018

Aqua reports 2018:6
ISBN: 978-91-576-9563-5 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:
frida.sundqvist@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:
Håkan Wickström, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser
Per Holliland, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge: 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.

Nyckelord: Provfiske, fiskbestånd, kärnkraftverk, fiskyngel.

Rapporten kan laddas ned från:
http://pub.epsilon.slu.se/

Chefredaktör:
Noél Holmgren, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, **Sveriges lantbruksuniversitet,**
Lysekil.

Uppdragsgivare & finansiär:
Ringhals AB.

Framsida: Återsläppt sjurygg Värö. Foto: Peter Johannessen.
Baksida: Fångst av glasål. Foto: Peter Johannessen.

Sammanfattning

Kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk kan påverka fisk- och skaldjurssamhället i två steg. I det första steget genom utslagning av ägg, larver och större fisk som följer med det inkommande vattnet in i kraftverket, och i ett andra steg genom att fiskens och skaldjurens miljö påverkas av det återförda uppvärmda kylvattnet. Utsläppet av uppvärmt kylvatten kan även bidra till att invasiva främmande arter kan etablera sig i kustområdet.

Under 2017 producerade Ringhals reaktorer R2, R3 och R4 elektricitet under hela året, med avbrott för årliga revisioner och kortare driftsstopp. Även R1 producerade el under större delen av året men hade ett längre driftstopp från maj till september.

I kylvattenintaget utförs under våren årliga provtagningar av fiskägg och fisklarver med Bongohåv för att övervaka förlusterna i kraftverket. Ingen av de fem vanligaste arterna i fångsterna under 2017 uppvisade några statistiska förändringar i förekomst över tid från övervakningens början. 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 beror på en tillbakagång i hela utbredningsområdet och är inte en ett resultat av förlusterna i kylvattenintaget.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga jämförande provfisken i recipientområdet vid Ringhals, som påverkas av kylvattnet, och ett opåverkat referensområde vid Vendelsö. För att inkludera årstidsvariationer i vattentemperatur, genomförs provfisket årligen vid två tillfällen, i april (under kallvattensäsongen), och i augusti (under varmvattensäsongen). Temperaturen har sedan undersökningarna startade ökat både i Ringhals och i Vendelsö under april. Under augusti har temperaturen ökat endast i Ringhals. Diversiteten i fisksamhället har ökat under april i Vendelsö men inte i Ringhals, medan diversiteten minskat i båda områdena i augusti. Det har tidigare visats att diversiteten av fiskarter minskar med varmare temperatur, och minskningen av diversiteten i april beror sannolikt på det uppvärmda kylvattnet. Flertalet varmvattengynnade arter hade högre förekomster i Ringhals än i Vendelsö, framför allt under april, samtidigt som många kallvattengynnade arter har minskat över tid i båda områdena och hade lägre förekomst i Ringhals än i Vendelsö.

För att påvisa förekomst av invasiva främmande arter genomförs årliga dykkarteringar i tre områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. År 2017 noterades fem för västkusten väletablerade främmande arter. En av dessa arter var rödalgen japanplym (*Dasysiphonia japonica*) som förekom för första gången i inventeringen. Utöver dessa fem arter i inventeringen fångades en invasiv främmande art, asiatisk blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*) vid provfisket i utsläppsområden i augusti.

Abstract

The use of cooling water at the Ringhals nuclear power plant can affect the marine environment. The fish and shellfish community is affected in two steps. In the first step, the intake of water for the cooling process of the power plant may cause mortality to fish eggs, larvae and larger fish that are sucked into the cooling systems. In the second step, the heated cooling water is released back into the sea, which potentially affects the fish and shellfish community by the increase in temperature. The presence of heated water could also contribute to invasive alien species establishing in the recipient area.

At Ringhals nuclear power plant, reactors R2, R3 and R4 produced electricity during the major part of the year 2017, with exceptions for annual audits and shorter stops in production. Reactor R1 also produced energy for most of the year, but was closed down for a longer period from May to September.

In the intake channel for cooling water at Ringhals, annual surveys are conducted in the spring months, to estimate the loss of fish eggs and larvae during the intake process. To sample egg and larvae a modified Bongo net have been used. None of the five most abundant species during the sample period 2017 showed any significant increase or decrease in abundance over time since the start of the monitoring program. To sample juvenile fish, a modified Isaacs-Kidd midwater-trawl have been used. This sampling focus mainly on the catch of glass eel (*Anguilla anguilla*). The abundance of glass eel has declined strongly since the beginning of the 1980´s. This decline in abundance is due to a general decrease in recruitment, rather than a local effect caused by the nuclear power plant.

The effects of the cooling-water released into the sea was monitored by yearly fykenet surveys in the recipient area of Ringhals and compared to surveys in a reference area of Vendelsö. To include natural yearly temperature variations, the surveys were conducted yearly at two occasions, in April (during cool water season) and in August (during warm water season). In April, the temperature has increased over time since the first survey was conducted, both in Ringhals and in Vendelsö. In August, the temperature has only increased over time in Ringhals. In April, the diversity in the fish community has increased in Vendelsö, but not in Ringhals, while the diversity of the fish community has decreased in both areas in August. It has previously been shown that the diversity of fish communities decrease with increasing temperatures, and the decrease in the diversity of the fish community in Ringhals during April is likely an effect of the emission of cooling water. The majority of fish species preferring warmer waters have higher abundancies at Ringhals than in Vendelsö, and this effect is particularly frequent in April. Many fish species preferring colder waters have decreased over time in both areas, but have lower abundancies in Ringhals than in Vendelsö.

To investigate the presence of marine invasive alien species, yearly scuba diving surveys were conducted in three shallow areas in a gradient from the outlet of cooling water. In 2017, five invasive alien species previously established on the Swedish West coast were found. One of them, the red algae Siphoned Japan weed (*Dasysiphonia japonica*), were found for the first time in this survey. Besides these five species the invasive alien species Asian shore crab (*Hemigrapsus sanguineus*) was caught during the fykenet fishery in august.

1	**Inledning**	**4**
2	**Kraftverkets drift**	**7**
3	**Metodik**	**9**
3.1	Kylvattenintaget	9
3.1.1	Fiskägg och fisklarver	9
3.1.2	Fiskyngel och juvenil fisk	10
3.1.3	Kontroll av utsläppstub från silstation	10
3.2	Recipientområdet	11
3.2.1	Fisksamhällets utveckling	11
3.2.2	Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter	13
4	**Resultat**	**15**
4.1	Kylvattenintaget	15
4.1.1	Fiskägg och fisklarver	15
4.1.2	Fiskyngel och juvenil fisk	19
4.1.3	Kontroll av utsläppstub från silstation	23
4.2	Recipientområdet	25
4.2.1	Fisksamhällets utveckling	25
4.2.2	Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter	38
5	**Diskussion**	**42**
5.1	Kylvattenintaget	42
5.2	Recipientområdet	43
5.2.1	Fisksamhällets utveckling	43
5.2.2	Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter	45
6	**Referenslista**	**47**

1 Inledning

De effekter som kylvattenanvändningen i Ringhals kärnkraftverk har på den närliggande miljön övervakas genom ett recipientkontrollprogram som ursprungligen fastställdes av Västerbygdens vattendomstol 1969. Miljödomstolen gav 2006 tillstånd till höjning av kärnkraftverkets effekt, vilket ledde till att kontrollprogrammet reviderades 2009 (Andersson 2009). Det nya programmet trädde i kraft under andra delen av 2011. Utförare av recipientkontrollen är Kustlaboratoriet, numera tillhörande Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet. Tidigare har Kustlaboratoriet tillhört Naturvårdsverket respektive Fiskeriverket. Undersökningar i vattenområdet utanför kraftverket påbörjades 1968. Inriktningen på kontrollprogrammet koncentreras på att följa variationer i täthet av olika fiskarter som på något sätt påverkas av kärnkraftverkets drift (Thörnqvist 2000).

En riskfaktor där fisk och annat marint liv kan komma till skada är när havsvatten förs in till kraftverket för att användas för kylning av den ånga som driver kraftverkets turbiner. Mängden ägg, fisklarver och yngel som transporteras in i kylvattenkanalen beror på mängden kylvatten som kraftverket använder för stunden samt på tätheten av organismer som passerar intagskanalen. Från lekområden ute till havs transporteras fiskägg och fisklarver in till uppväxtområden vid kusten via havsströmmar. Transporten styrs av hydrografiska processer (Olsson 1993). De fiskägg och fisklarver som passerar intagskanalen när kärnkraftverket är i drift sugs med kylvattnet in i kraftverket, där majoriteten dör. Detta årliga bortfall av ägg och larver kan förorsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen håvningar efter ägg och larver i intagskanalerna till kraftverket (Grimås m.fl. 1988). Effekten på beståndsnivå avgörs av förlusten i kylvattnet i förhållande till beståndets storlek. Effekten riskerar att bli större på bestånd i närområdet som har pelagiska stadier av antingen ägg eller larver, eftersom en stor del av årets reproduktion kan slås ut. Även för övriga arter kan stora förluster ha en potentiell negativ effekt, särskilt för rödlistade arter.

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk är även det en risk för negativa effekter på det marina samhället (Jan m.fl., 2001; Teixeira m.fl.,

2009). Många marina fisk- och evertebratarter är temperaturkänsliga (Kordas m.fl., 2011), och en uppvärmning av området kan påverka både artsamansättningen och på abundansen av specifika arter. För att uppskatta effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs fiskeundersökningar i april månad, då havsvattnet är naturligt kallt, och i augusti månad, då havsvattnet är naturligt varmt. Anledningen till att dela upp fisket i två fiskeperioder är att registrera en större del av årstidsvariationerna i temperatur. 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 bort från Ringhals, vid kusten utanför Norra Horta, som bedöms vara något påverkat av kylvattensutsläppet. Referensområden används för att kunna urskilja vilka förändringar som är naturliga och vilka som är orsakade av det uppvärmda kylvattnet.

Det uppvärmda kylvattnet från kraftverket tillför värmeenergi till det omgivande havet och fisk kan ansamlas eller undvika det område där temperaturen höjs. Fiskar är växelvarma djur, vilket betyder att de anpassar sin kroppstemperatur efter temperaturförhållandena i omgivningen för att optimera sin tillväxt och reproduktionsförmåga inom ett givet temperaturintervall (Angilletta m.fl., 2004). De kan därför grovt delas in i varmvatten- respektive kallvattenarter. Exempel på en varmvattenart är ål, som är aktiv och ger större fångster vid högre temperatur. Även skärsnultra och strandkrabba är utpräglade varmvattenarter. Typiska kallvattenarter är tånglake, rötsimpa, torsk och femtömmad skärlånga. Generellt ger fisket under april en större fångst av kallvattenarter jämfört med augusti, då varmvattenarter dominerar fångsterna (Thörnqvist och Neuman, 1998).

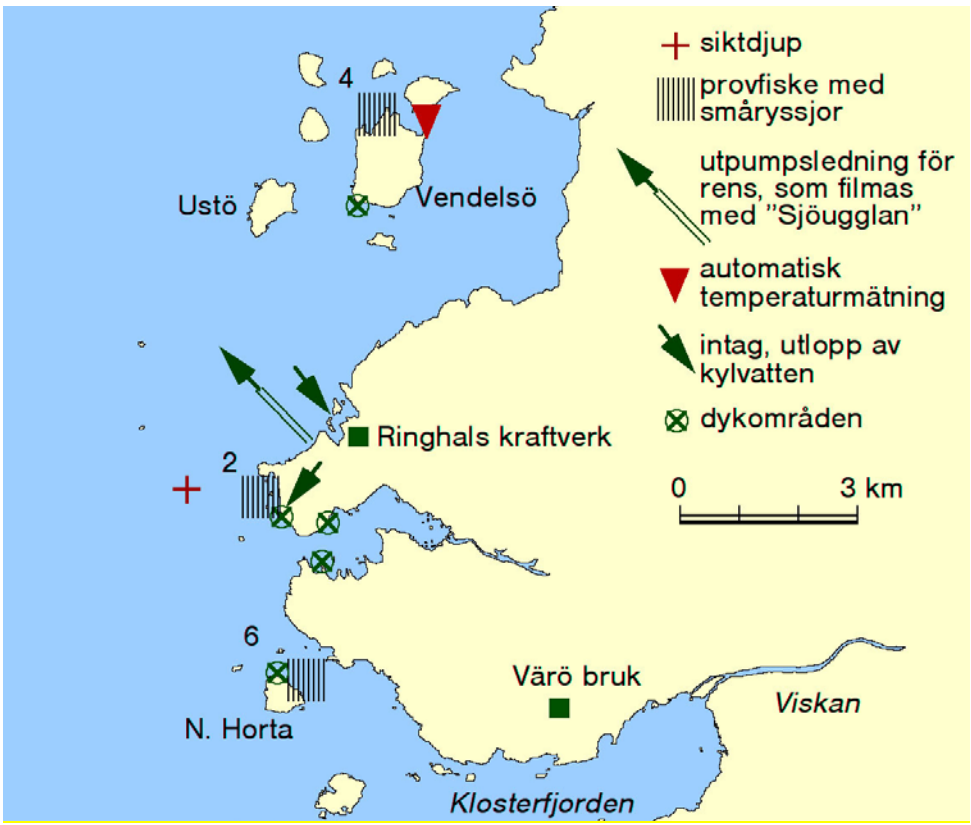
Ett antal invasiva främmande arter har under senare år uppmärksammats, både lokalt och av EU-kommissionen (Gibson m.fl., 2005; Gren m.fl., 2009). Vanliga frågeställningar i samband med nytillkomna arter brukar handla om vilken negativ inverkan de har, var de kommer ifrån, hur snabbt de sprids, om man kan upptäcka dem i tid, var man skall leta, och hur man skall kunna begränsa spridning om de visar sig medföra negativa effekter på miljön eller på mänskliga aktiviteter. Tre omtalade och numera välkända exempel på arter som nyligen tillkommit på västkusten är sargassosnärja (*Sargassum muticum*) en storväxt brunalg, det japanska ostronet (*Crassostera gigas*) samt den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*). Gemensamt för dessa arter var att de haft en snabb oförhindrad spridning längs den svenska kusten.

En förändring i den naturliga miljön, som uppvärmningen av ytvatten från Ringhals kylvattensystem, kan rubba ekosystemet och försvåra levnadsförhållandet för etablerade arter (Vitousek m.fl., 1996). Möjligheten för nyetablering av nya, invasiva främmande arter, blir då större, då de potentiellt är bättre anpassade för det nya

miljöförhållandet, och i sin tur bidra till ytterligare miljöförändring (Mooney och Cleland, 2001; MacDougall och Turkington, 2005).

I samråd med länsstyrelsen i Halland etablerades under 2011 ett program för övervakning av invasiva främmande arter i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet, med målet att upptäcka nyetableringar av invasiva främmande arter, notera förekomster samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.

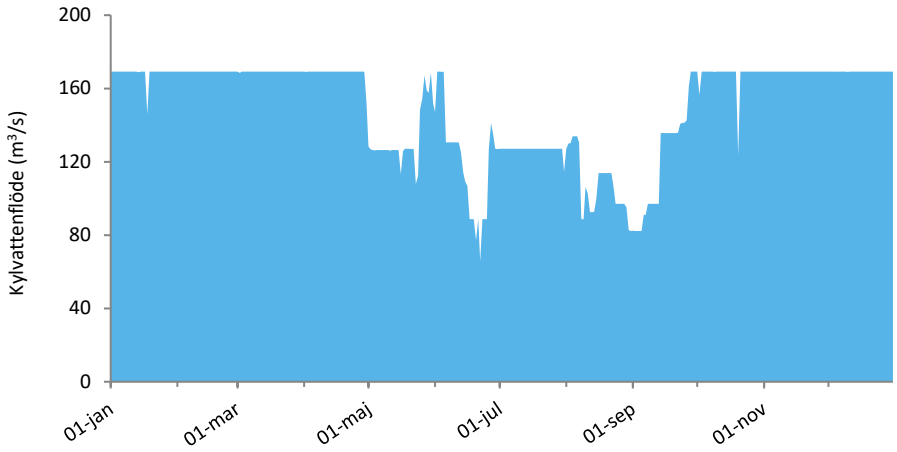
Kärnkraftverkets utsläpp av uppvärmt havsvatten sker igenom två tunnlar som mynnar ut strax under ytan på Ringhals udde (figur 1). Vattnet sprider sig därifrån ut i en plym som går både söder- och norrut beroende på vind och strömriktning. Enligt simuleringsberäkningar utförda av SMHI sprider sig varmvattnet maximalt i en radie på cirka 3 km, och normalt sker en temperaturökning på 1–5 grader i ytvattnet ner till 3–7 meters djup (Lingman m.fl. 2002). Grunda, närliggande vikar samt hårdbotten ner till några meters djup som nås av det uppvärmda kylvattnet är miljöer där invasiva främmande arter sannolikt kan förekomma.



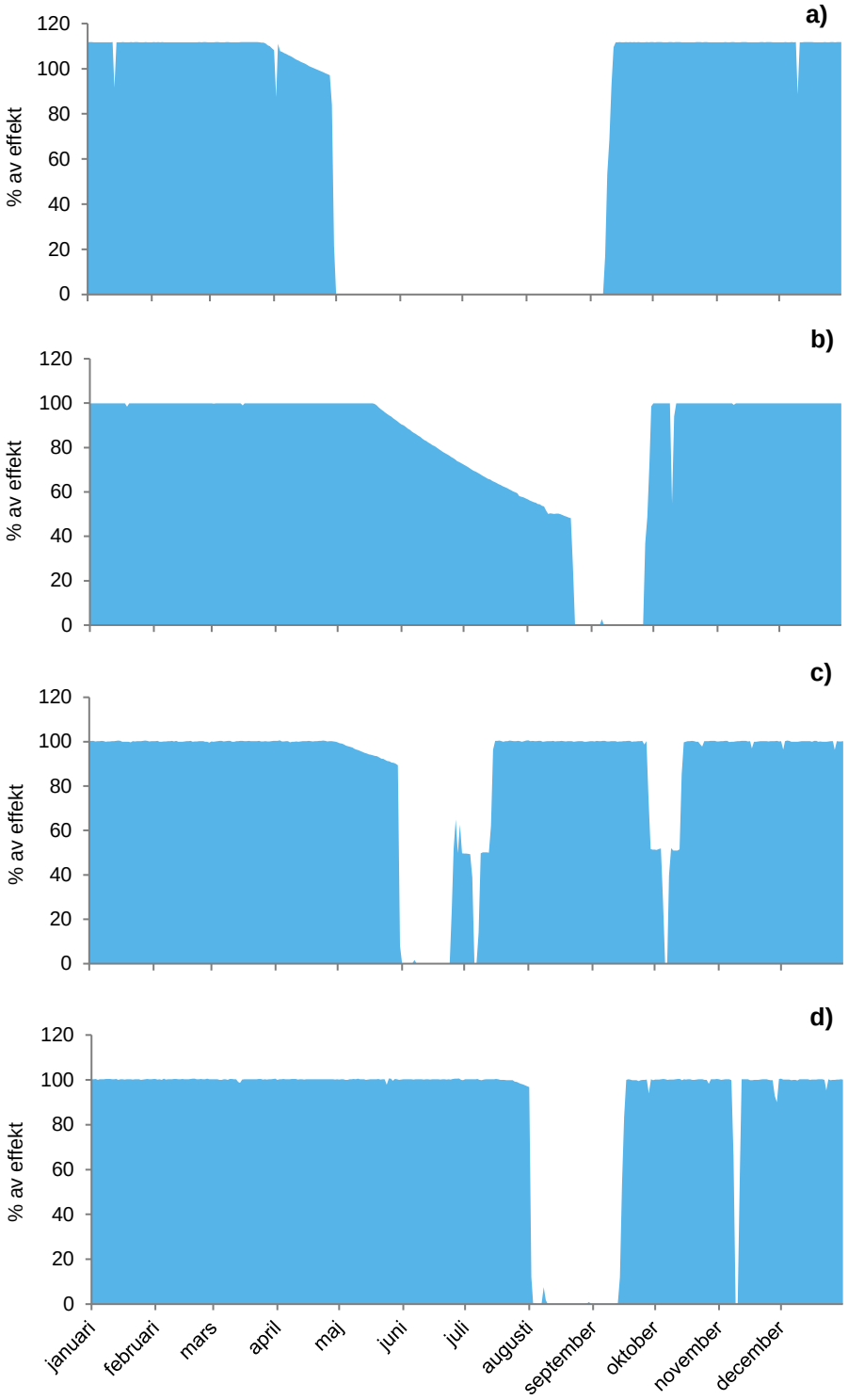
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6). Fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, samt renshusledningen för återtransport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

2 Kraftverkets drift

Det totala kylvattenflödet under 2017 har varit maximerat under stora delar av året då samtliga fyra reaktorer varit i drift. Kylvattenflödet var lågt i juni, då R1 och R3 hade revision samtidigt, och i augusti/september, då R2 och R4 hade sammanfallande revision (figur 2). Normalt stängs varje block av ungefär en månad varje år för revision under perioden maj till oktober. Under 2017 var produktionen igång för R2, R3 och R4 nästan hela året utan uppehåll, med undantag för kortare revisioner och stopp. R1 hade en längre revision från maj till september (figur 3).



Figur 2. Kylvattenflöde (m^3/s) till samtliga reaktorer i Ringhals från januari till december 2017.



Figur 3. Procent av full effekt vid Ringhals fyra reaktorer, a) Reaktor 1, b) Reaktor 2, c) Reaktor 3, och d) Reaktor 4, under januari till december 2017.

3 Metodik

3.1 Kylvattenintaget

Fiskägg, fisklarver, fiskyngel och juvenil fisk som förs med kylvattnet in i Ringhals kraftverket 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 nerläggning 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). Inom övervakningsprogrammet görs även analyser av två kustlevande stationära arter, rötsimpa och tejstefisk.

Provtagningen i intagskanalen utförs årligen i januari till och med april. Två olika redskap används för provtagningen, en mindre finmaskig håv för att fånga ägg och nykläckta larver av vinterlekande arter, och en mindre trål med grövre maskor för att fånga yngel och juvenila exemplar av arter som leker på sensommaren och under hösten.

Utvecklingstrender för insamlade arter beräknas för hela tidsperioden sedan provtagningen började samt för den senaste tioårsperioden. Alla beräkningar är gjorda i Microsoft Office Excel 2016 som linjära regressioner, där eventuella trender i resultaten har beräknats med ln-transformerade (naturlig logaritm) värden för arter med fångst i >80% av åren. För arter med fångst i <80% av åren har rankade värden använts.

3.1.1 Fiskägg och fisklarver

Fiskägg och fisklarver har samlats in årligen sedan 1979 med hjälp av en Bongohåv med en maskvidd av 500 µm (Andersson 1985). Håvningarna genomförs dagtid under cirka 15 minuter, två gånger i veckan från januari till och med april. Insamlade ägg och larver bestäms så långt som möjligt till art eller till taxonomisk grupp. Ägg som inte går att artbestämma, mäts och delas in i storleksklasser. Kylvattenflödet i

intagskanalen mäts med en flödesmätare (General Oceanics). Antalet upphåvade ägg och larver räknas i relation till vattenflödet genom att omräknas till antal ägg respektive larver per 100 m^3 i det inkommande kylvattnet. Medelantalet ägg och larver per 100 m^3 för innevarande år, för hela provtagningsperioden samt för den senaste 10-årsperioden, för samtliga funna arter eller taxonomiska grupper analyseras och redovisas i en tabell. Analyserna för ett par kommersiellt betydelsefulla arter och grupper (torsk och plattfiskar) och för två stationära arter (rötsimpa och tejstefisk) granskas närmre.

3.1.2 Fiskyngel och juvenil fisk

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk 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 hämtas in 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 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 resultatbearbetningen används endast data från ostörda prover, samt data insamlad från och med vecka fem till och med vecka arton. Data för vecka fem till nio saknas dock för en stor del av 1980-talet vilket till viss del påverkar jämförbarheten.

Flödet i intagskanalen varierar beroende på kraftverkets drift vilket påverkar mängden vatten som passerar genom trålen under en ansträngning. För att undvika att inom- och mellanårsvariationer av antalet individer beror på olika flöden, korrigeras antalet individer per ansträngning efter aktuellt flöde så att det alltid motsvarar det antal individer som skulle 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, korrigerade så att de motsvarar antalet individer som skulle fångats under maximalt flöde när kraftverket är i full drift.

3.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Grövre material och fisk som följer med kylvattenströmmen in i kraftverket avlägsnas i kraftverkets silstationer med ett system av olika silar och galler. I dessa fastnar större fisk och alger som följt med det inströmmande vattnet. Det finaste materialet uppsamlas i så kallade korgbandsilar med en maskvidd av 5 mm. Återtransporten av det material som fastnar i silar och i rensgallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där skovelpumpar skickar materialet vidare genom en tub som mynnar på 9 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar som utfördes

2007–2010 beräknades dödligheten av ål som samlas upp och pumpas tillbaka till havet till cirka 15 procent. Mindre resistenta fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (Andersson m.fl. 2011).

För att få en visuell insyn i tubens effekter på närområdet filmas området kring tuben årligen i september med hjälp av en ROV (Remotely Operated Vehicle) undervattensfarkost som styrs från ytan.

Bild: Vittjning av Isaacs-Kidd yngeltrål i intagskanalen till Ringhals 3 och 4. Foto: Björn Fagerholm.

3.2 Recipientområdet

3.2.1 Fisksamhällets utveckling

Förekomst av fisk studeras 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 på senare år (sedan 2011) området vid Norra Horta, tre kilometer från kylvattenutsläppet (figur 1). Området vid Ringhals anses gravt påverkat av kylvattenutsläppet, medan området vid Vendelsö anses opåverkat av kylvattnet. 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 delas upp i sex stationer som provfiskas med två enkelryssjor kopplade samman strut i arm (Thoresson 1996). Ryssjorna sätts vinkelrätt ut ifrån land med ledarmen närmast land och med andra ryssjans fiskhus ytterst. Det genomsnittliga djupet vid medelvattenstånd är 0,5 till 1 meter vid den inre ledarmen och 5–6 meter vid den yttersta delen. Fram till 1997 fiskades varje station under tolv dygn,

men från och med 1998 reducerades fiskeansträngningen till nio dygn under respektive fiskeperiod. Vid varje station mäts bottentemperaturen vid redskapet i samband med vittjning och ett medelvärde beräknas för respektive område.

Varje individ i fångsten artbestäms, mäts, och kontrolleras med avseende på synliga sjukdomstecken eller skador. Vägning och mätning sker av varje art per station, och om flera individer fångats av samma art vägs de tillsammans och medelvikt beräknas per individ och art. I årsrapporten redovisas resultaten utförligt för de vanligaste och ur ekonomisk eller biologisk synpunkt mest intressanta arterna. Fångstdata för samtliga förekommande arter redovisas i tabeller (tabell 3, 4, 5 och 6).

Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden, diversiteten, i fångsten. För att kunna beskriva och jämföra diversiteten av fisk används här Shannon-Wieners index, som beskriver diversiteten i fisksamhället baserat på antalet fiskarter och hur mängden fisk fördelar sig mellan olika arter, enligt formeln $H = -SUM[(p_i)\times\ln(p_i)]$, där H är index, SUM är summa, p_i är antalet individer per art dividerat med det totala antalet individer och ln är den naturliga logaritmen (Shannon, 1949). Indexet är högt i artrika områden och områden där flera arter finns i betydande mängd. I områden med ett fåtal arter eller med en stark dominans av enstaka arter är indexet lågt. Vid beräkning av diversitet inräknas abundansen av både fiskar och kräftdjur.

Ett annat mått som används för att beskriva djursamhället är trofisk medelnivå. Trofisk medelnivå (mean trophic level, MTL), är ett index som speglar förhållandet mellan fiskar med olika födoval i fisksamhället (Pauly m.fl., 1998). Varje fiskart har tilldelats ett värde som speglar dess nivå i näringsväven (Froese och Pauly 2004). De enskilda arternas trofiska värden samt andelar i fångsten sammanvägs till ett trofiskt index för hela fångsten, enligt formeln $MTL= \Sigma_j TL_j Y_{ij}/\Sigma Y_j$, där TL är trofiskt index, Y är fångst, i är antalet arter och j är enskilda arter. Ett högt värde på trofisk medelnivå innebär en stor andel fiskätande fisk, ett medelhögt värde innebär dominans av djurplankton- eller bottendjursätande fisk, medan ett lågt värde innebär en stor andel växtätande fisk. Trofisk medelnivå beräknas i den här studien på medelvärden av antal fiskar per ryssja och natt (CPUE) och innefattar enbart fisk.

Fångstdata används i analyser för att följa utvecklingen i fisk- och evertebratsamhället samt för att se om det finns skillnader mellan recipient- och referensområdet. Analyserna baseras framför allt på medelvärden av antal fiskar per ryssja och natt (CPUE: catch per unit effort, fångst per ansträngning). Beräkningarna har utförts i Microsoft Office Excel 2016. Linjär regression på ln-transformerade (naturlig logaritm) data har använts för att fastställa om det funnits en riktad utveckling över tid (trend). För alla beräkningar har endast data från ostörda stationer använts. Med störning menas 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.

3.2.2 Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter

Dykinventeringar av sessil, fastsittande, flora och fauna utförs på fem lokaler utanför utsläppet (figur 1) för att upptäcka och uppskatta mängden av invasiva främmande arter. Tre lokaler undersöks årligen, Ringhals udde vid utsläppet, Norra Horta i söder, och Vendelsö i norr. Lokalerna som ligger i Båtafjorden samt inne på industriområdet kontrolleras vartannat år. Under dykinventeringarna 2017 besöktes tre lokaler. Platserna representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utsläppspunkten för kylvatten. Varje område utgörs av en rak strandsträcka på 100 meter, där mitten markeras med hjälp av ett måttband och utifrån det går huvudtransekten vinkelrät ut i vattnet. Ytterligare två transekter slumpas ut på var sida om huvudtransekten (figur 4). Samtliga transekter är 50 meter långa.

Huvudtransekten används som en fast utgångspunkt, och där genomförs ”transektdyket”. Längs måttbandet noteras bottensubstrat och samtliga arters täckningsgrad uppskattas inom en korridor av 4 – 5 meter. Vidare registreras avstånd från land och vattendjup där varje väsentlig förändring i artsammansättning eller bottenstruktur har skett. Två dykare simmar i bredd och skriver parallellt protokoll under karteringens samtliga dyk, för att senare jämföra sina värden på land. Den enskilda dykarens bedömning blir alltid till viss del subjektiv och svårigheter uppstår speciellt på platser där förekomsten av arter varierar fläckvis eller där arter påträffas i lager som påväxt. Det krävs goda artkunskaper samt cirka tio dyk tillsammans innan olika dykare skriver jämförbara protokoll (Naturvårdsverket 2004). Svårbestämda arter fotograferas i fält eller samlas in i nätpåsar för närmare bestämning under stereolupp på laboratoriet.

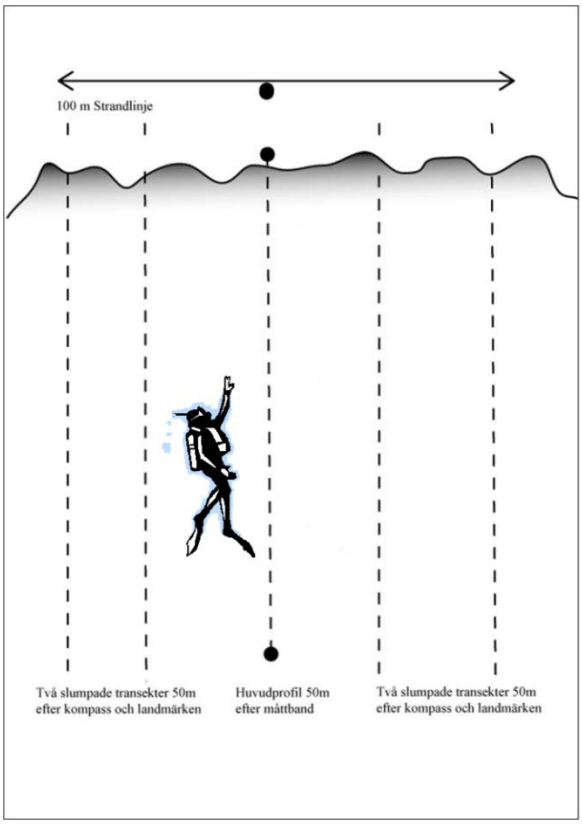
Täckningsgrad av alger uppskattas och klassificeras utifrån en sjugradig skala; 100 procent (heltäckande med endast små luckor); 75 procent (ej heltäckande men klart mer än hälften av botten täckt); 50 procent (cirka hälften av botten täckt); 25 procent (klart mindre än hälften, men klart bältesbildande); 10 procent (mer än enstaka exemplar men inte upp till en fjärdedel); 5 procent (fler än en enstaka individ men knappt täckande ytor); 1+ enstaka individer har observerats (Kautsky 1999).

De fyra transekter som slumpas ut inom dykområdet parallellt med huvudtransekten mäts, precis som huvudtransekten, ut med måttband för avståndsbedömning. Skillnaden vid dessa transekter är att enbart främmande alger samt bältesgränser dokumenteras. Förekomsten av invasiva främmande arter utmed dessa transekter registreras enligt en tregradig skala där 1 är enstaka förekomst, 2 är allmänt förekommande och 3 är dominerande. Sträckan utefter måttbanden indelades i sektioner om 5 meter med separat skattning av täckningsgrad och angivelse av vattendjup.

För varje noterad art längst med huvudtransekten beräknas ett medelvärde av täckningsgraden där arten förekommer. Medelvärdet av täckningsgrad används sedan för att ange om artens förekomst är enstaka (1 = täckningsgrad < 5 %), vanlig (2 = täckningsgrad > 5 % och < 10 %) eller talrik (3 = täckningsgrad > 10 %).

Varje lokal fotograferas och position, vindriktning, vindstyrka, vattenstånd, transekternas kompassriktning samt avstånd från landmarkering noteras.

Två lokaler inne på Ringhals industriområde kontrolleras vartannat år, med start 2016: huvudkylvattentunnel R4 samt svallbassängen T2. Denna kontroll är inte genomförd under 2017.



Figur 4. Schematisk bild över hur dyktransekterna är 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 Kylvattenintaget

4.1.1 Fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2017 fångades 17 arter av fisklarver. I medeltal har 13,1 arter fångats per år under tidsperioden 1979 – 2017, och 14,6 arter per år under den senaste 10-årsperioden, 2008 – 2017 (tabell 1). Totala artantalet av fisklarver har ökat över hela perioden, medan det inte har skett någon ökning av antalet påträffade arter den senaste 10-årsperioden. Sedan provtagningarna påbörjades har tjugofem olika arter påträffats.

De vanligaste larverna i fångsterna under 2017 var, precis som tidigare år, rötsimpa följt av tobis (kust- och havstobis), tejstefisk, sill och skrubbskädda (tabell 1). Tidigare år har larver av skrubbskädda varit näst vanligast i provtagningen (tabell 1). Förutom de vanligaste arterna har även fångsten av torsk och rödspätta analyserats, eftersom de är kommersiellt viktiga arter.

Antalet fångade larver av rötsimpa har fluktuerat mellan åren. Fram till och med 2011 minskade fångsterna signifikant men efter höga fångster under 2012 och 2013 kan ingen signifikant ökning eller minskning urskiljas sett över hela provtagningsperioden (1979 – 2017)[1].

Förekomsten av tejstefisklarver i proverna var under 2017 högre än både medelvärdet för den senaste tioårsperioden och för hela provtagningsperioden (tabell 1, figur 5). Fram till och med 2015 uppvisade förekomsten i proverna en vikande trend men sett till hela provtagningsperioden har fångsterna av tejstefisklarver varken ökat eller minskat[2].

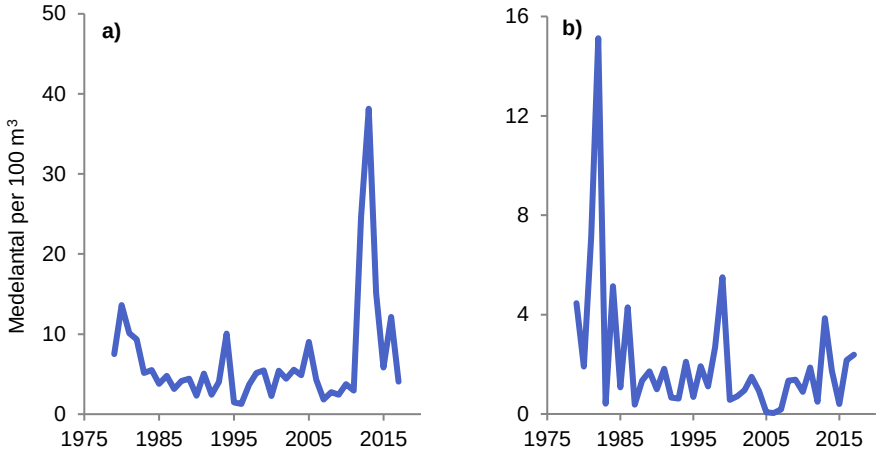
1. Linjär regression rötsimpalarver: $_{1979-2011}$ $p = 0{,}019$ $R^2 = 0{,}17$, $_{1979-2017}$ $p = 0{,}539$ $R^2 = 0{,}01$
2. Linjär regression tejstefisklarver: $_{1979-2015}$ $p = 0{,}017$ $R^2 = 0{,}15$, $_{1979-2017}$: $p = 0{,}056$ $R^2 = 0{,}10$

Tabell 1. *Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 5 till och med vecka 18 under åren 1979 till och med 2017. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m³) för senaste provtagningsåret, för hela perioden och för den senaste tioårsperioden samt om statistiskt säkerställda förändringar har inträffat under respektive period. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under hela perioden (+=ökande trend; -=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001). Tomma celler innebär att arten inte fångats under aktuell tidpunkt.*

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2017	Medel 1979-2017	Trend	Medel 2008-2017	Trend
Rötsimpa	*Myoxocephalus scorpius*	4,08	6,72	ns	11,18	ns
Skrubbskädda	*Platichtys flesus*	1,24	3,08	ns	6,63	ns
Tejstefisk	*Pholis gunellus*	2,39	2,12	ns	1,65	ns
Tobis (kust-/havs-)	*Ammodytes spp.*	3,23	1,58	ns	2,52	ns
Torsk	*Gadus morhua*	1,10	1,20	ns	1,20	ns
Obestämd plattfisk	*Pleuronectidae*		0,90	ns	0,03	ns
Sandskädda	*Limanda limanda*	1,53	0,86	+***	1,50	ns
Sill	*Clupea harengus*	1,68	0,66	+***	1,65	ns
Rödspätta	*Pleuronectes platessa*	0,88	0,47	ns	0,56	+*
Vanlig Ringbuk	*Liparis liparis*		0,25	-***	<0,01	ns
Oxsimpa	*Taurulus bubalis*	0,22	0,23	+*	0,27	ns
Skarpsill	*Sprattus sprattus*		0,19	ns	0,50	ns
Obestämd fiskart		0,06	0,17	+***	0,09	ns
Spetsstjärtat långebarn	*Lumpenus lampretaeformis*	0,04	0,16	ns	0,25	ns
Skäggsimpa	*Agonus cataphractus*	0,05	0,15	ns	0,09	ns
Tångsnärta	*Chirolophis ascanii*	0,38	0,12	ns	0,14	ns
Montagus ringbuk	*Liparis montagui*	0,21	0,11	+***	0,35	ns
Obestämd sillfisk	*Clupeidae*		0,08	+*	0,33	ns
Lerskädda	*Hippoglossoides platessoides*	0,04	0,05	ns	0,05	ns
Obestämd stubb	*Gobidae*		0,02	+**	0,06	ns
Bergtunga	*Microstomus kitt*	0,02	<0,01	+*	<0,01	ns
Femtömmad skärlånga	*Ciliata mustela*		<0,01	+*	0,02	ns
Fyrtömmad skärlånga	*Onos cimbrius*	0,02	<0,01	ns	<0,01	ns
Gråsej	*Pollachius virens*		<0,01	ns		
Havskatt	*Anarhichas lupus*		<0,01	-*		
Klarbult	*Aphia minuta*		<0,01	ns	<0,01	ns
Nordlig skärlånga	*Ciliata septentrionalis*		<0,01	ns	<0,01	ns
Vitling	*Merlangius merlangus*	0,09	<0,01	ns	<0,01	ns
Total fångst (medelantal/100 m³)		17,27	19,14	ns	29,08	ns
Antal arter		17	13,10	+**	14,70	ns

Torskägg förekommer endast sparsamt i proverna sedan början av 2000-talet, förutom under 2010 då förekomsten av ägg var något högre (figur 6). Även antalet torsklarver som fångats är relativt få och uppvisar stora mellanårsvariationer för hela provtagningsperioden (figur 6). Varken fångsterna av torskägg eller torsklarver uppvisar någon signifikant trend över tid under provtagningsperioden (1979 – 2017) [3]. Den uppåtgående trend för torsklarver som observerades för den senaste tioårsperioden vid 2016-års provtagning bröts under 2017 då fångsterna var låga (figur 6)[4].

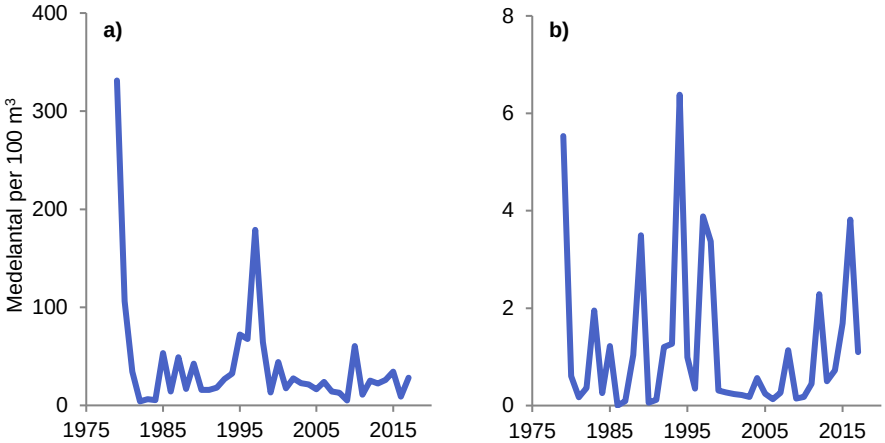
Fångsterna av små plattfiskägg i kylvattenkanalen har ökat signifikant över tid för hela provtagningsperioden[5] (1979 – 2017; figur 7). De små plattfiskäggen består till största delen av ägg från sandskädda och skrubbskädda. Antalet ägg från båda dessa arter har ökat i antal för hela provtagningsperioden[6], liksom antalet larver av sandskädda[7] (tabell 1). Samma utveckling ses däremot inte för larver av skrubbskädda[8], som varken ökat eller minskat över provtagningsperioden, trots den uppåtgående trenden för äggen (figur 7). Medelantalet av skrubbskäddalarver var under 2017 lägre än medelvärdet både för hela provtagningsperioden, och för den senaste tioårsperioden (tabell 1).



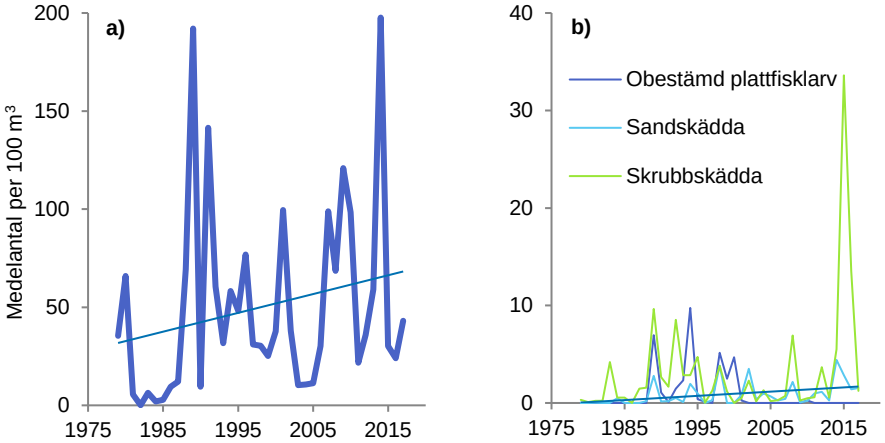
Figur 5. Förekomsten (medelantal per 100 m^3 vatten) av a) rötsimpalarver och b) tejstefisklarver, fångade med Bongohåv i kylvattenkanalen under vecka 5 – 18 åren 1979 – 2017. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

3. Linjär regression torsk $_{1979-2017}$: ägg p = 0,621 R^2 = 0,03, larver p = 0,765 R^2 = 0,00
4. Linjär regression torsklarver: $_{1979-2016}$ p = 0,037 R^2 = 0,44, 1979 – 2017 p = 0,077 R^2 = 0,34
5. Linjär regression små plattfiskägg $_{1979-2017}$: p = 0,008 R^2 = 0,17
6. Linjär regression ägg $_{1979-2017}$: sandskädda p = <0,001 R^2 = 0,37, skrubbskädda p = <0,001 R^2 = 0,60
7. Linjär regression sandskäddalarver $_{1979-2017}$: p = <0,001 R^2 = 0,36
8. Linjär regression skrubbskäddalarver $_{1979-2017}$: p = 0,121 R^2 = 0,06

Förekomsten av ägg från rödspätta, samt larver av rödspätta uppvisar stora mellanårsvariationer (figur 8). Fångsterna av larver har ökat den senaste tioårsperioden (2008 – 2017), men sett till hela undersökningsperioden (1979 – 2017) visar fångsterna inte på någon signifikant upp- eller nedgång[9] (tabell 1).

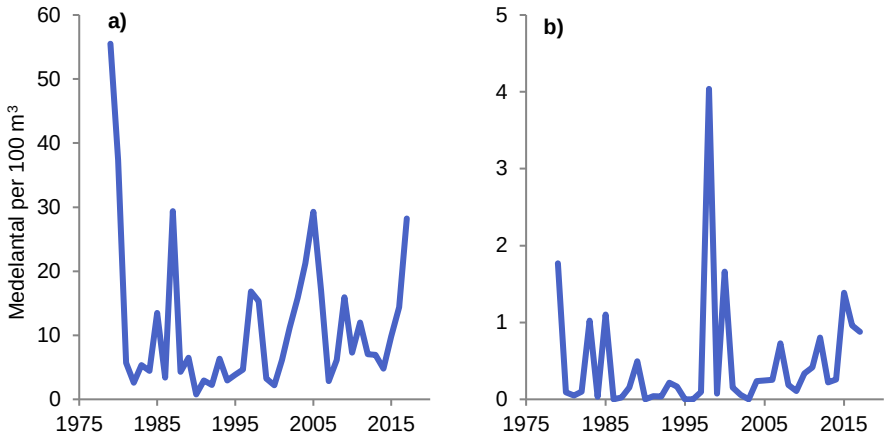


Figur 6. Förekomsten (medelantal per 100 m^3 vatten) av a) torskägg och b) torsklarver, fångade med Bongohåv i kylvattenkanalen under vecka 5 – 18 åren 1979 – 2017. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 7. Förekomsten (medelantal per 100 m^3 vatten) av a) små plattfiskägg och b) plattfisklarver, fångade med Bongohåv i kylvattenkanalen under vecka 5 – 18 åren 1979 – 2017. Tunn heldragen linje anger en signifikant trend över tid. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

9. Linjär regression rödspättalarver: $_{1979-2017}$ p = 0,061 R^2 = 0,09, 2008-2017 p = 0,015 R^2 = 0,54



Figur 8. Förekomst (medelantal per 100 m^3 vatten), av a) rödspättaägg och b) rödspättalarver, fångade med Bongohåv i kylvattenkanalen under vecka 5 – 18 åren 1979 – 2017. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

4.1.2 Fiskyngel och juvenil fisk

Under provtagningssäsongen 2017 fångades 45 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (tabell 2). Det är fler arter än medelantalet arter både för hela provtagningsperioden (1981 – 2017), och för den senaste tioårsperioden (2008 – 2017; tabell 2). Totalt har antalet arter av yngel och juvenil fisk ökat i fångsterna sett till hela provfiskeperioden, samt under den senaste tioårsperioden[10]. Totalt har drygt sjuttio olika arter förekommit i fångsterna sedan 1981 (tabell 2). Under 2017 påträffades en ny art i provfisket, nämligen nätmönstrad sjökock. Detta är det första verifierade förekomsten i svenska vatten, även om den påstås ha observerats tidigare. Nära hälften av arterna har bara hittats en eller ett fåtal gånger.

Den vanligaste fångsten i trålen är sillyngel (tabell 2). Sill fångas både som yngel och som juvenila. Ynglen dominerar stort numerärt och är välutvecklade individer från höstlekande populationer. Fångsterna av sillyngel uppvisar stora mellanårsvariationer (figur 9) men har förekommit relativt sparsamt från 2010 och fram till 2016. Under 2016 fångades rekordmånga sillyngel men under 2017 var fångsterna tillbaka på en relativt låg nivå (figur 9). Fångsterna av sillyngel uppvisar ingen förändring över tid, till skillnad mot fångsterna av juvenil sill som ökat den senaste tioårsperioden, men inte sett till hela tidsperioden[11] (tabell 2).

Den näst vanligaste arten i proverna är klarbult. Klarbult är en liten fisk, cirka 5 – 6 centimeter som vuxen, och många av de exemplar som fångas i trålen är vuxna individer. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet

10. Linjär regression antal arter: $_{1981-2017}$ p = <0,001 R^2 = 0,67, $_{2008-2017}$ p = 0,029 R^2 = 0,47
11. Linjär regression sillyngel: $_{1981-2017}$ p = 0,795 R^2 = 0,00, $_{2008-2017}$ p = 0,420 R^2 = 0,08,
Linjär regression sill: $_{1981-2017}$ p = 0,095 R^2 = 0,08, $_{2008-2017}$ p = 0,028 R^2 = 0,47

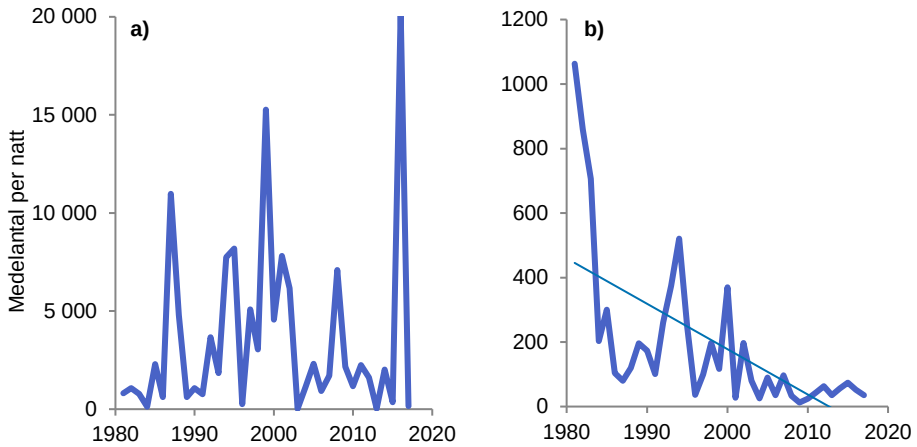
fångade individer under 2017 var mycket under medelvärdena både för hela tidsperioden och för den senaste tioårsperioden, men arten har trots allt ökat i fångsten över hela tidsperioden[12] (tabell 2).

Den tredje vanligaste arten i provtagningen var glasål. Fångsterna av glasål har minskat markant sedan provtagningen startade 1981[13] (tabell 2; figur 9). En låg återhämtning kunde ses under 2004 och 2010, men därefter är fångsterna av glasål mycket låga i förhållande till hur de var när provtagningarna inleddes (figur 9).

Storspigg var den fjärde vanligaste arten i fångsterna under 2017 och har minskat under provtagningsperioden[14] (1981 – 2017; tabell 2).

Nästan hälften av de 30 vanligaste arterna har ökat över tid under provtagningsperioden (1981 – 2017), bland annat rötsimpa, rödspätta, mindre kantnål, tobiskung, skrubbskädda och torsk[15] (tabell 2). Fångsterna av rödspätta har dock minskat under den senaste tioårsperioden[16] (2008 – 2017;tabell 2).

En art, som precis som rötsimpa och tejstefisk, kan räknas till de mer stationära arterna är tånglake. Antalet fångade tånglakar har minskat över tid för hela provtagningsperioden (1981 – 2017), men ökat för den senaste tioårsperioden[17] (2008 – 2017; tabell 2).



Figur 9. Förekomsten av a) sillyngel och b) glasål, fångade med Bongohåv i kylvattenkanalen under vecka 5 – 18 åren 1981 – 2017. Värden är angivna som medelantal per ansträngning omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

12. Linjär regression klarbult $_{1981-2017}$: p = 0,002 R^2 = 0,24
13. Linjär regression glasål $_{1981-2017}$: p = <0,001 R^2 = 0,53
14. Linjär regression storspigg $_{1981-2017}$: p = <0,001 R^2 = 0,57
15. Linjär regression $_{1981-2017}$: rötsimpa p = <0,001 R^2 = 0,34, rödspätta p = 0,001 R^2 = 0,27, mindre kantnål p = 0,002 R^2 = 0,25, tobiskung p = <0,001 R^2 = 0,40, skrubbskädda p = <0,001 R^2 = 0,28, torsk p = <0,001 R^2 = 0,55
16. Linjär regression rödspätta $_{2008-2017}$: p = 0,012 R^2 = 0,57
17. Linjär regression tånglake: $_{1981-2017}$ p = 0,022 R^2 = 0,14, 2008 – 2017 p = 0,036 R^2 = 0,44

Tabell 2. *Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk under vecka 5 till och med vecka 18 under åren 1981 till och med 2017. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvarar det antal individer som skulle fångats per natt (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Medelvärden anges för senaste provtagningsåret, 2017, för hela tidsperioden samt för den senaste tioårsperioden och om statistiskt säkerställda förändringar inträffat under respektive period, (+=ökande trend; -=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001). Tomma celler innebär att arten inte fångats under aktuell tidpunkt.*

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2017	Medel 1981-	trend	Medel 2008-	trend
Sill (yngel)**	*Clupea harengus*	158,72	3 535,89	ns	3 711,40	ns
Klarbult	*Aphia minuta*	436,13	1 436,50	+**	1 670,53	ns
Glasål*	*Anguilla anguilla*	35,51	192,22	-***	42,89	ns
Storspigg	*Gasterosteus aculeatus*	9,95	145,40	-***	23,46	ns
Tobis (kust-/havs-)	*Ammodytes spp.*	81,55	98,67	ns	58,75	ns
Sandstubb	*Pomatoschistus minutus*	13,79	95,16	ns	55,42	ns
Rötsimpa	*Myoxocephalus scorpius*	6,47	39,25	+***	85,69	ns
Rödspätta	*Pleuronectes platessa*	0,69	27,92	+**	32,80	-*
Mindre kantnål	*Syngnathus rostellatus*	5,66	11,53	+**	17,42	ns
Sill (juvenil/adult)**	*Clupea harengus*	30,66	10,69	ns	16,46	+*
Skarpsill	*Sprattus sprattus*	0,20	8,44	-*	2,88	ns
Tobiskung	*Hyperoplus lanceolatus*	67,79	6,88	+***	25,36	+**
Tånglake	*Zoarces viviparus*	2,10	6,57	-*	3,42	+*
Skrubbskädda	*Pleuronectes flesus*	14,00	6,08	+***	7,17	ns
Torsk	*Gadus morhua*	12,74	3,75	+***	8,77	ns
Sjustrålig smörbult	*Gobiusculus flavescens*	0,81	2,76	+*	4,98	ns
Tejstefisk	*Pholis gunellus*	0,32	2,58	ns	1,84	ns
Havskatt	*Anarhichas lupus*	0,32	2,48	ns	0,48	ns
Bergstubb	*Pomatoschistus pictus*	7,81	1,99	+***	7,33	+**
Sjurygg	*Cyclopterus lumpus*	2,14	1,71	ns	1,28	ns
Småspigg	*Pungitius pungitius*		1,61	-*	0,96	ns
Laxsill	*Maurolicus mülleri*	0,08	1,43	ns	0,55	ns
Tångsnälla	*Syngnathus typhle*	1,25	1,08	+***	2,74	ns
Skäggsimpa	*Agonus cataphractus*	0,24	0,80	ns	1,85	ns
Svart smörbult	*Gobius niger*	0,53	0,79	+**	1,03	ns
Spetsstjärtat långebarn	*Lumpenus lampretaeformis*		0,78	ns	2,87	ns
Gulål (juvenil/adult)*	*Anguilla anguilla*	0,40	0,71	ns	0,57	ns
Större kantnål	*Syngnathus acus l.*	1,13	0,63	+**	0,64	+*
Tångspigg	*Spinachia spinachia*	0,44	0,63	ns	0,35	ns
Stensnultra	*Ctenolabrus rupestris*	1,13	0,62	+***	1,08	ns
Femtömmad skärlånga	*Ciliata mustela*	0,08	0,52	ns	0,10	ns
Sandskädda	*Limanda limanda*	0,04	0,51	ns	0,33	ns
Tångsnärta	*Chirolophis ascanii*		0,49	+*	1,81	ns
Nors	*Osmerus eperlanus*		0,28	ns	0,45	-*
Fyrtömmad skärlånga	*Onos cimbrius*	5,74	0,24	+***	0,88	+**
Äkta tunga	*Solea solea*	0,12	0,24	ns	0,23	-*
Skärsnultra	*Symphodus melops*	0,57	0,21	+*	0,23	ns
Större Havsnål	*Entelurus aequoreus*	0,08	0,20	+***	0,16	ns
Vitling	*Merlangius merlangus*	0,04	0,20	-**	<0,01	ns
Bergtunga	*Microstomum kitt*		0,14	ns	0,13	ns
Mindre havsnål	*Nerophis ophidion*	0,12	0,14	+***	0,37	ns
Flodnejonöga	*Lampetra fluviatilis*	0,20	0,08	+***	0,16	ns

Tabell 3 forts. *Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk under vecka 5 till och med vecka 18 under åren 1981 till och med 2017. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvarar det antal individer som skulle fångats per natt (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Medelvärden anges för senaste provtagningsåret, 2017, för hela tidsperioden samt för den senaste tioårsperioden och om statistiskt säkerställda förändringar inträffat under respektive period, (+=ökande trend; -=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001). Tomma celler innebär att arten inte fångats under aktuell tidpunkt.*

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2017	Medel 1981-	trend	Medel 2008-	trend
Randig sjökock	*Callionymus lyra*	0,12	0,07	+*	0,10	+*
Havsnejonöga	*Petromyzon marinus*		0,06	-***		
Obestämd stubb	*Gobidae*		0,06	ns	0,24	ns
Lerskädda	*Hippoglossoides platessoides*		0,04	ns	0,01	ns
Öring	*Salmo trutta*	0,24	0,04	+**	0,12	ns
Gråsej	*Pollachius virens*	0,85	0,03	ns	0,09	ns
Montagus ringbuk	*Liparis montagui*		0,03	ns	0,03	ns
Obestämd fiskart			0,03	+*	0,09	ns
Vanlig ringbuk	*Liparis liparis*		0,03	+**	0,08	ns
Oxsimpa	*Taurulus bubalis*		0,02	ns		
Slätvar	*Scophtalmus rhombus*	0,04	0,01	ns	0,01	ns
Tjockläppad multe	*Crenimugil labrosus*	0,04	0,01	+**	0,03	+*
Tungevar	*Arnoglossus laterna*	0,04	0,01	+**	0,03	ns
Nätmönstrad sjökock	*Callionymus reticulatus*	0,04	<0,01	ns		
Skäggtorsk	*Trisopterus luscus*	0,16	<0,01	+*	0,03	+*
Ansjovis	*Engraulis encrasicholus*		<0,01	ns	<0,01	ns
Fenknot	*Chelidonichthys lucerna*		<0,01	ns	<0,01	ns
Fjärsing	*Trachinus draco*		<0,01	ns	<0,01	ns
Guldmulte	*Liza aurata*		<0,01	ns	0,01	
Havsabborre	*Dicentrarchus labrax*		<0,01	ns		
Knot	*Eutrigla gurnardus*		<0,01	ns		
Krumnosig havsnål	*Nerophis lumbriciformis*		<0,01	ns	0,01	ns
Kummel	*Merluccius merluccius*		<0,01	ns		
Lax	*Salmo salar*		<0,01	ns		
Lerstubb	*Pomatoschistus microps*		<0,01	ns	<0,01	ns
Löja	*Alburnus alburnus*		<0,01	ns	<0,01	ns
Obestämd multe	*Mugilidae*		<0,01	ns	<0,01	ns
Paddtorsk	*Raniceps raninus*		<0,01	ns		
Piggvar	*Psetta maxima*		<0,01	ns		
Prästfisk	*Atherina presbyter*		<0,01	ns	<0,01	ns
Rödtunga	*Glyptocephalus cynoglossus*		<0,01	ns		
Silverfisk	*Argentina sphyraena*		<0,01	ns		
Småtunga	*Buglossidium luteum*	0,12	<0,01	+*	0,02	ns
Småvar	*Phrynorhombus norvegius*	0,04	<0,01	ns	<0,01	ns
Alla arter		901,29	5649,28	ns	5796,79	ns
Antal arter		45	34,14	+***	39	+*

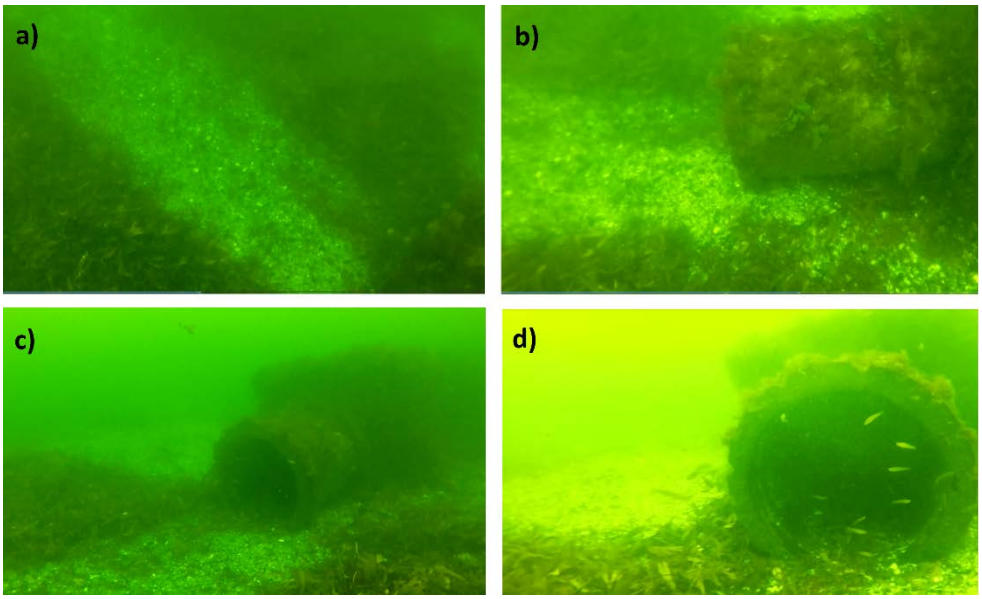
Bild: Sjurygg. Foto: Peter Johannessen.

4.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Utsläppstuben filmades med hjälp av en ROV (Remotely Operated Vehicle; figur 10) i september 2017. Tuben filmades från cirka 8 meters djup ned mot mynningen på cirka 9 meters djup och sedan i utökade cirklar runt 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 rödalger och där utsläppstuben mynnar från silstationen hade det bildats en stor hästskoformad krater omgiven av vallar av främst musselskal. Bottnen utanför vallarna var nästan helt täckt av en matta av mestadels döda förmultnande alger (figur 11).

Omkring tuben förekom vanliga arter som stensnultra, skärsnultra och strandkrabba. I området kring vallen av musselskal uppehöll sig stora mängder bergstubb (*Pomatoschistus pictus*). Vidare observerades ett flertal döda exemplar av skrubbskädda.

Figur 10. ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto: Karin Svanfeldt

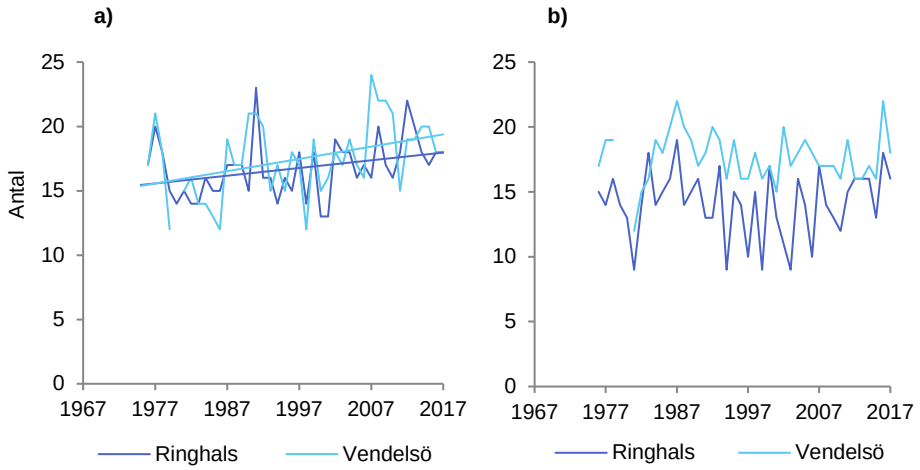


Figur 11: Bilder från filmning av utsläppstuben från Ringhals silstation på cirka 9 meters djup. Bild a-d visar tubens mynning, vallen med musselskal runt mynningen och mattan av döda förmultnade alger ur olika vinklar.

4.2 Recipientområdet

4.2.1 Fisksamhällets utveckling

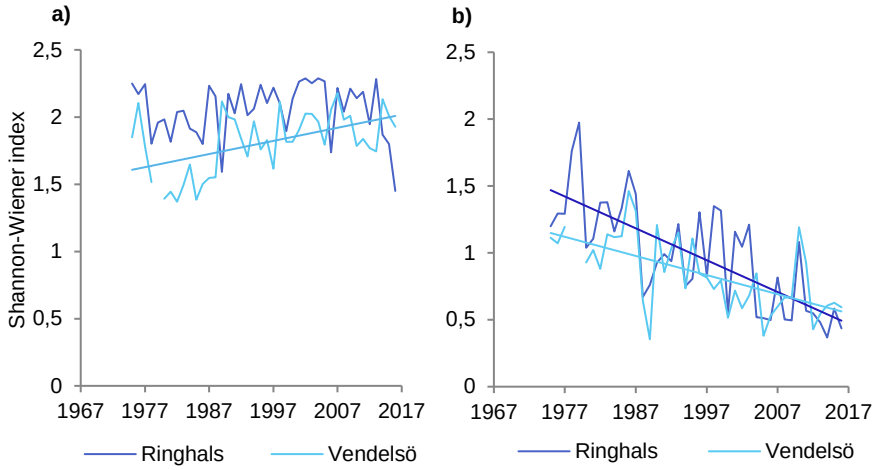
De två områdena, Ringhals och Vendelsö har visat vissa skillnader i fiskfångst över tid och årstid. Fångst per fiskeansträngning och trender för respektive fiskeperiod finns sammanfattat i tabell 4 och 6. Sedan undersökningarna startade 1976 har totalt 52 fiskarter och 9 kräftdjursarter fångats i provfisket. Flera av dessa arter har endast förekommit vid något eller några enstaka tillfällen. Antalet arter av fisk och kräftdjur har sedan undersökningarna startade ökat i både Ringhals och Vendelsö under fisket i april[18] (figur 12a). Antalet arter i augusti har fluktuerat utan trend i båda områdena (figur 12b)[19]. Under 2017 noterades lika många fiskarter under april som i augusti, då 18 olika fiskarter fångades i båda områdena (tabell 4 och 6).



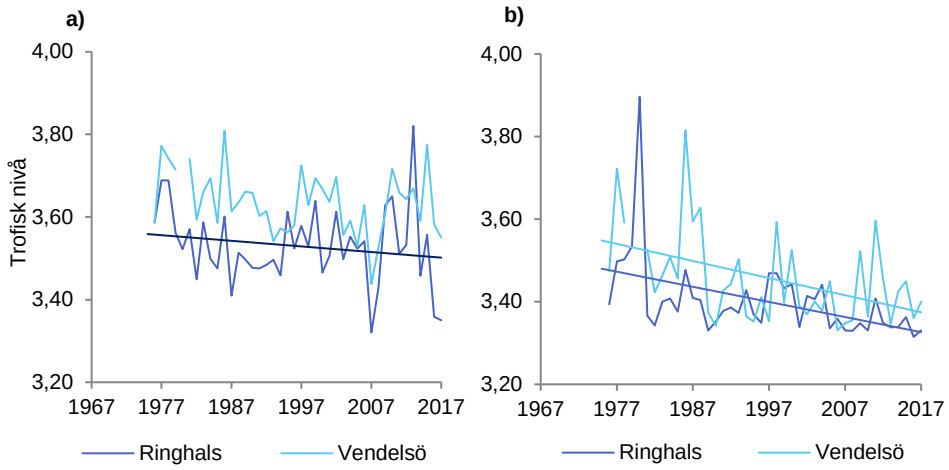
Figur 12. Antalet arter av fisk och kräftdjur fångade varje år i Ringhals (mörkblå markering) och Vendelsö (ljusblå markering) under provfiskeperioderna åren 1976 – 2017 i a) april och b) augusti. En tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid

Diversiteten, uttryckt som Shannon-Wiener index, har ökat under april månad i Vendelsö[20], men inte i Ringhals (figur 13a). Under augusti månad har diversiteten minskat i båda områdena[21]. Under april har trofinivån minskat i Ringhals, men inte i Vendelsö[22] (figur 14a). Under augusti har trofinivån minskat i både Ringhals och i Vendelsö[23] (figur 14b).

18. Linjär regression $_{1976–2016}$: Ringhals april: p = 0,018, R^2 = 0,138; Vendelsö april: p = 0,010, R^2 = 0,163
19. Linjär regression $_{1976-2017}$: Ringhals augusti: p = 0,865, R^2 = 0,001; Vendelsö augusti: p = 0,705, R^2 = 0,004
20. Linjär regression $_{1976–2017}$: Ringhals april: p = 0,681, R^2 = 0,004; Vendelsö april: p = 0,001, R^2 = 0,244
21. Linjär regression $_{1976–2017}$: Ringhals augusti: p<0,001, R^2 = 0,497; Vendelsö augusti: p<0,001, R^2 = 0,381
22. Linjär regression $_{1976–2016}$: Ringhals april: p<0,001, R^2 = 0,280; Vendelsö april p = 0,128, R^2 = 0,060
23. Linjär regression $_{1976–2016}$: Ringhals augusti p<0,001, R^2 = 0,358, Vendelsö augusti p = 0,001, R^2 = 0,236



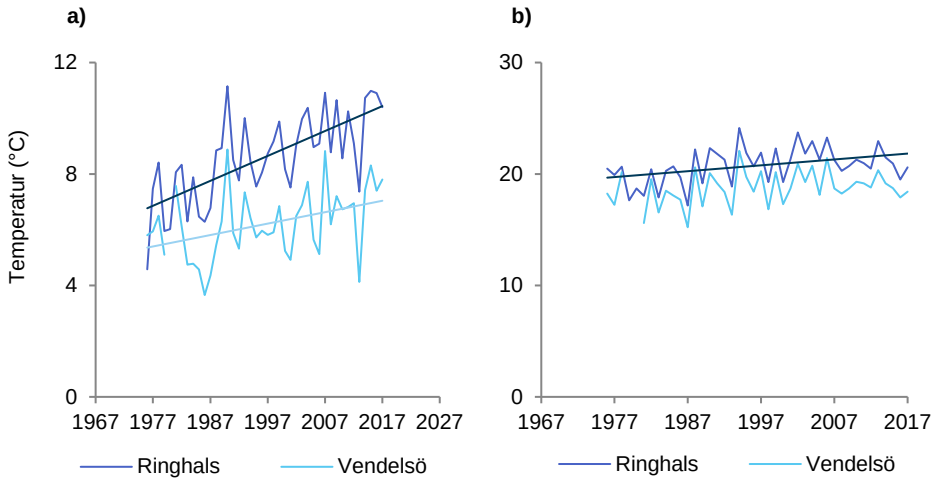
Figur 13. Diversitet enligt Shannon-Wiener index i Ringhals (mörkblå markering) och Vendelsö (ljusblå markering) under provfiskeperioden åren 1976 – 2017 i a) april och b) augusti. En tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid.



Figur 14. Trofisk medelnivå i Ringhals (mörkblå markering) och Vendelsö (ljusblå markering) under provfiskeperioderna åren 1976 – 2017 i a) april och b) augusti. En tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid.

Temperaturen har ökat i båda områdena under april, men har generellt varit högre i Ringhals än i Vendelsö[24]. Det har skett en ökning av temperaturen i Ringhals under augusti, men inte i Vendelsö (figur 5) [25]. Temperaturskillnaden 2017 mellan Ringhals och Vendelsö var i medel 2,6 grader i april respektive 2,2 grader i augusti.

24. Linjär regression $_{1976–2017}$: Ringhals april $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}425$, Vendelsö april $p = 0{,}014$, $R^2 = 0{,}147$
25. Linjär regression $_{1976–2017}$: Ringhals augusti $p = 0{,}042$, $R^2 = 0{,}105$; Vendelsö augusti $p=0{,}103$, $R^2 = 0{,}068$



Figur 15. Medeltemperatur på botten vid redskapen i samband med vittjning i Ringhals (mörkblå markering) och Vendelsö (ljusblå markering) under provfiskeperioderna åren 1976 – 2017 i a) april och b) augusti. En tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.

Bild: Ryssjefiske vid Norra Horta i augusti 2017. Foto: Frida Sundqvist

*Tabell 4. Samtliga fiskarter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2017. Fångstantal per ryssja och natt (CPUE) anges för 2017 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i samtliga områden 1976–2017. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts.*

	Ringhals					Vendelsö					N. Horta		
Art	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**2012-2017**	**trend**
Tånglake	0,17	0,61	-*	0,41	ns	0,01	1,71	-***	0,93	ns	0,25	0,57	ns
Stensnultra		0,47	ns	0,49	ns	0,44	0,80	ns	0,93	ns	0,59	1,23	ns
Skärsnultra	1,69	1,05	+*	1,59	ns	0,19	0,11	ns	0,10	ns	2,57	1,27	ns
Rötsimpa	0,15	0,29	-***	0,21	ns	0,02	1,37	ns	1,10	ns	0,18	0,64	ns
Torsk		0,35	ns	0,53	ns	0,64	0,47	ns	0,59	ns	3,28	1,31	ns
Skrubbskädda		0,80	+*	0,96		0,80	0,66	+***	0,89	ns	0,09	0,30	ns
Femtömmad skärlånga		0,37	ns	0,19	ns	0,58	0,25	ns	0,19	+*	0,72	0,55	ns
Oxsimpa	0,14	0,39	-**	0,23	ns	0,06	0,18	-***	0,09	-*	0,10	0,15	ns
Svart smörbult	0,25	0,22	+***	0,29	ns	0,03	0,18	+***	0,16	ns	0,11	0,14	ns
Gulål	0,12	0,24	ns	0,28	ns	0,04	0,09	ns	0,07	ns	0,11	0,12	ns
Grässnultra		<0,01	+*	<0,01	ns						0,17	0,09	ns
Äkta tunga	0,08	0,02	ns	0,02	ns	0,05	0,03	ns	0,02	ns	0,05	0,03	ns
Tejstefisk		<0,01	-**	<0,01	ns	2,29	0,07	-*	0,23	ns	0,01	<0,01	ns
Gråsej		0,01	ns	0,01	ns	0,03	<0,01	ns	0,01	ns	0,06	0,05	ns
Rödspätta		0,03	ns	0,04	ns	0,03	0,03	ns	0,04	ns	0,01	<0,01	ns
Fyrtömmad skärlånga	0,06	0,06		0,06									
Tångspigg	0,01	0,02	+***	0,05	ns	0,01	0,01	+***	0,02	ns	0,01	0,01	ns
Större kantnål	0,07	0,02	+***	0,05	ns	0,30	0,01	+***	0,05	ns		<0,01	ns
Skäggsimpa		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	0,02	ns		0,03	ns
Berggylta		<0,01	-**	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Bergvar			ns										
Blankål		<0,01	ns				<0,01	ns		ns			
Blågylta													
Fjärsing													
Gulstrimmig mullus													
Havsabborre	0,01	<0,01	ns	<0,01									
Horngädda													
Lax		<0,01	ns				<0,01	ns		ns			
Lerskädda							<0,01	ns		ns			
Lyrtorsk							<0,01	ns	<0,01	ns	0,03		
Montagus ringbuk							<0,01	ns		ns	0,01	<0,01	
Nors		<0,01	ns										
Makrill													
Mindre havsnål							<0,01	ns		ns		<0,01	ns
Mindre kantnål							<0,01	ns		ns			
Paddtorsk		<0,01	-**				<0,01	ns		ns	0,03	<0,01	ns
Piggvar		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns		ns			
Randig sjökock		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Sandskädda		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	0,01	-***			
Sill		<0,01	+*	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns			
Sjurygg		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns
Skarpsill							<0,01	ns		ns			
Sjustrålig smörbult		<0,01	ns		ns							<0,01	ns
Slätvar		<0,01	ns				<0,01	ns	<0,01	ns			
Större havsnål		<0,01	ns	<0,01	ns	0,04	<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns
Taggmakrill													
Tobis (kust-/havs-)		<0,01	ns				<0,01	ns		ns			
Tobiskung							<0,01	ns	<0,01	ns			
Tretömmad skärlånga							<0,01	ns		ns			
Tungevar		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns			
Tångsnälla		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns		ns			
Vitling						0,08	<0,01	ns	<0,01	ns			
Öring		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns		ns	0,01	<0,01	ns
Fångstantal fisk	6,25	4,98	ns	5,52	ns	5,61	6,02	ns	5,47	ns	4,94	5,14	ns
Antal fiskarter	18	15,50	ns	16,80	ns	18	16,10	+*	17,60	ns	0,19	13,03	ns

Tabell 5. *Samtliga evertebratarter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2017. Fångstantal per ryssja och natt (CPUE) anges för 2017 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i samtliga områden 1976–2017. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts.*

	Ringhals					Vendelsö					N. Horta		
Art	**2017**	**1976-2016**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**2012-2017**	**trend**
Strandkrabba	11,93	10,03	+***	15,04	ns	7,38	3,83	+***	8,16	ns	3,46	2,67	ns
Tångräka obestämd		<0,01	+**	<0,01	ns	0,03	0,01	+***	0,03	ns		<0,01	ns
Sandräka		<0,01	ns	<0,01	ns	0,43	0,01	ns	0,04	ns			
Asiatisk blåskrabba		<0,01	ns	<0,01	ns								
Eremitkräfta							<0,01	ns		ns		<0,01	ns
Hummer		<0,01	ns			0,01	<0,01	-*	<0,01	ns			
Krabbtaska											0,02	<0,01	+*
Maskeringskrabba							<0,01	ns		ns			
Spindelkrabba												<0,01	ns
Simkrabba obestämd													
Fångstantal everte-	11,95	10,04	+***	15,06	ns	7,84	3,86	+***	8,24	ns	3,46	2,67	ns
Antal evertebratarter	1	1,31	+***	1,90		4	1,46	+**	2,20	ns	2		

Bild: Utsläpp av registrerad fångst. Foto: Peter Johannessen.

Tabell 6. *Samtliga fiskarter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2017. Fångstantal per ryssja och natt (CPUE) anges för 2017 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2017. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts*

	Ringhals					Vendelsö					N. Horta		
Art	**2017**	**1976 -**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008 -**	**trend**	**2017**	**2011 -**	**trend**
Skärsnultra	35.98	11.53	+***	19.49	ns	24.4	14.91	+	17.75	ns	23.9	34.76	ns
Stensnultra	0.79	1.33	ns	1.10	ns	0.76	1.87	ns	1.28	ns	1.21	1.91	ns
Gulål	0,87	1,05	ns	0,55	ns	0,46	0,63	+	0,65	ns	0,30	0,46	ns
Torsk	0,21	0,10	ns	0,05	ns	0,69	0,41	ns	0,45	ns	0,58	0,57	ns
Tånglake		0.03	-***	<0,01	ns	0.22	0.55	-	0.33	ns	0.23	0.21	ns
Skrubbskädda	0.13	0.28	ns	0.23	ns	0.16	0.29	ns	0.19	ns	0.12	0.08	ns
Svart smörbult	0.23	0.26	+***	0.42	ns	0.16	0.16	+	0.22	ns	0.13	0.18	ns
Rötsimpa	0,11	0,02	ns	<0,01	ns	0,32	0,30	-	0,21	ns	0,14	0,18	ns
Oxsimpa	0,01	0,21	-***	0,04	ns	0,03	0,08	-	0,04	ns	0,03	0,10	-
Äkta tunga	0.08	0.05	ns	0.02	ns	0.07	0.11	ns	0.10	ns		0.07	-
Gråsej	0.48	0.02	+**	0.10	ns	1.42	0.06	+	0.16	ns	0.05	0.13	ns
Femtömmad skärlånga	0.06	0.03	-**	<0.01	ns	0.03	0.05	ns	0.02	ns	0.12	0.06	ns
Berggylta	0,06	<0,0	ns	0,01	+***	0,04	0,02	ns	0,03	ns	0,08	0,05	ns
Rödspätta	0,04	0,02	ns	0,02	ns	0,05	0,04	ns	0,03	ns	0,01	<0,0	ns
Blankål		<0.0	-**	<0.01	ns		<0.01	-***	<0.0	ns		<0.0	ns
Lyrtorsk		<0.0	ns	<0.01	ns		<0.01	ns		ns	0.03	<0.0	ns
Piggvar		<0,0	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,0	ns		<0,0	ns
Slätvar		<0,0	ns	<0,01	+***		<0,01	-	<0,0	ns		<0,0	
Större kantnål		<0,0	ns	<0,01			<0,01	ns		ns		<0,0	ns
Teistefisk		<0.0	ns			0.01	<0.01	ns	<0.0	ns		<0.0	ns
Tångsnälla		<0.0	+***	0.01	ns	0.01	<0.01	+	<0.0	ns		<0.0	ns
Öring		<0,0	ns	<0,01	ns		<0,01	+	<0,0	ns	0,01	<0,0	ns
Gulstrimmig mullus		<0,0	ns	<0,01	ns		<0,01	ns		ns			
Mindre kantnål		<0,0	ns				<0,01	ns		ns			
Sill		<0.0	ns				<0.01	ns		ns			
Sjuströlig smörbult		<0.0	ns	<0.01	ns		<0.01	ns		ns			
Tångspigg		<0,0	ns	<0,01	ns	0,01	<0,01	+	<0,0	ns			
Bergvar							<0,01	ns		ns			
Blågylta								ns		ns		<0.0	ns
Fjärsing							<0.01	ns	<0.0	ns		<0.0	ns
Fyrtömmad skärlånga							<0.01	ns	<0.0	ns			
Grässnultra												<0,0	ns
Havsabborre	0,02	<0,0	+*	<0,01	+**								
Horngädda							<0.01	ns		ns			
Lax													
Lerskädda													
Makrill							<0,01	ns	<0,0	ns		<0,0	ns
Mindre havsnål		<0,0	ns	<0,01	ns								
Montagus ringbuk													
Nors													
Paddtorsk							<0.01	ns		ns	0.02	<0.0	ns
Randig sjökock													
Sandskädda		<0,0	ns	<0,01								<0,0	ns
Sjurygg													
Skarpsill								ns		ns			
Skäggsimpa							<0,01	ns	<0,0	ns			
Större havsnål							<0,01	ns		ns		<0,0	ns
Taggmakrill							<0,01	ns		ns			
Tobis (kust-/havs-)													
Tobiskung													
Tretömmad skärlånga													
Tungevar												<0,0	ns
Vitling						0,03	0,05	ns	0,03	ns	0,09	0,05	ns
Fångstantal fisk	39.08	15.00	+***	22.10	ns	28.9	19.56	+	21.53	ns	27.0	38.87	ns
Antal fiskarter	16	12.71	ns	13.20	+*	18	16.05	ns	15.70	ns	17	17.83	ns

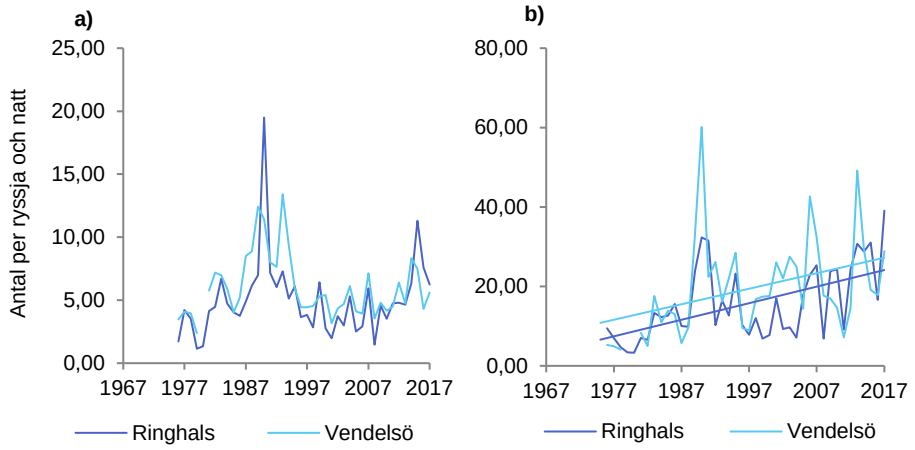
Tabell 7. *Samtliga evertebratarter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2017. Fångstantal per ryssja och natt (CPUE) anges för 2017 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2017. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts*

	Ringhals					Vendelsö					N. Horta		
Art	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**1976-2017**	**trend**	**2008-2017**	**trend**	**2017**	**2011-2017**	**trend**
Strandkrabba	27,31	38,08	ns	37,24		12,03	18,09	+	21,21	ns	22,07	20,67	ns
Tångräka obestämd	0,01	0,02	+***	0,06	ns	0,02	0,07	+	0,24	ns	0,01	<0,01	ns
Krabbtaska		<0,01	ns			0,02	<0,01	ns	<0,01	ns	0,02	0,01	ns
Sandräka		<0,01	ns				0,01	ns		ns			
Asiatisk blåskrabba	0,01	<0,001		<0,001									
Eremitkräfta						0,01	<0,01	+	<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Hummer		<0,01	ns				<0,01	-		ns			
Maskeringskrabba													
Spindelkrabba													
Simkrabba obestämd								ns		ns			
Fångstantal everte-	27,32	38,10	ns	37,30	ns	12,07	18,18	+	21,46	ns	22,11	20,69	ns
Antal evertebratarter	3	0,01	+***	0,02	ns	4	0,01	+	0,02	ns	4	2,50	ns

Bild: Vittjning av ryssja vid Vendelsö i augusti. Foto: Björn Fagerholm

Total fiskfångst

Det totala fångst- och artantalet av fisk har skillt sig något mellan recipientområdet Ringhals och referensområdet Vendelsö. Det totala antalet fiskar i fångsten har inte ökat över den totala fiskeperioden (1976 – 2017) i vare sig i Ringhals eller Vendelsö i april[26] (figur 16a, tabell 4). Under augusti månad har antalet fiskar i fångsten ökat i båda områdena (figur 16b, tabell 6)[27]. I den kallare perioden, från fisket i april, har antalet fiskarter ökat över den totala fiskeperioden i Vendelsö, men inte i Ringhals (tabell 4).[28] Från fisket i augusti kan ingen förändring över hela tidsperioden ses på antalet arter i varken Ringhals eller i Vendelsö (tabell 6)[29]. Däremot har det skett en ökning på antalet arter i fångsten i Ringhals under augusti månad under den senaste tioårsperioden (2008 – 2017; tabell 6)[30].



Figur 16. Medelantal fiskar av samtliga fiskarter, per ryssja och natt (CPUE) i Ringhals och Vendelsö under åren 1976 – 2017 i a) april och b) augusti. En tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.

Varmvattenarter

Här redovisas utvecklingen hos de vanligaste arterna som föredrar varmare vatten och som förekommit i högre tätheter under fisket i augusti än i april. Tre av dessa arter lever stationärt (skärsnultra, strandkrabba och stensnultra) och två arter är vanliga matfiskar (gulål och äkta tunga). Dessa fem arter har analyserats mer ingående.

26. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}184$, $R^2 = 0{,}044$; Vendelsö april: $p = 0{,}830$, $R^2 = 0{,}001$
27. Linjär regression $_{1976\text{–}2017:}$ Ringhals augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}323$, Vendelsö augusti $p<0{,}001$, $R^2 =281$
28. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}087$, $R^2 = 0{,}072$; Vendelsö april: $p = 0{,}014$, $R^2 = 0{,}146$
29. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}559$, $R^2 = 0{,}009$; Vendelsö augusti: $p = 0{,}760$, $R^2 = 0{,}002$
30. Linjär regression $_{2008\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}00$, $R^2 = 0{,}480$

Skärsnultra (Symphodius melops)

Skärsnultra är den vanligaste förekommande fiskarten under fiskena i augusti (figur 17a, tabell 6). Under augusti har det skett en ökning av antalet fångade skärsnultror i både Ringhals och Vendelsö sedan provfiskets början (tabell 4, figur 17a)[31]. Under april månad har fångsten varit förhållandevis liten i båda områdena, men antalet skärsnultror har trots allt ökat i Ringhals (tabell 4, figur 17a)[32].

Strandkrabba (Carcinus maenas)

Sett till hela fiskeperioden (1976 – 2017) har strandkrabban varit den vanligaste arten i provfisket. Fångsten var störst under den varma årstiden i augusti med högst fångster registrerade i Ringhals (tabell 7). Fångsten av strandkrabba i april har ökat över tid både i Ringhals och i Vendelsö (tabell 5, figur 17b)[33], men i augusti har denna ökning endast skett i området Vendelsö (tabell 7, figur 17b)[34].

Gulål (Anguilla anguilla)

Förekomsten av gulål är störst i båda områdena under augusti och fångsten i Vendelsö har ökat över hela fiskeperioden (1976 – 2017; figur 17c, tabell 4 och 6)[35]. Mellanårsvariationerna för fångsten i aprilfiskena var stora och ingen ökning eller minskning av antalet ålar i fångsten har skett över fiskeperioden[36].

Stensnultra (Ctenolabrus rupestris)

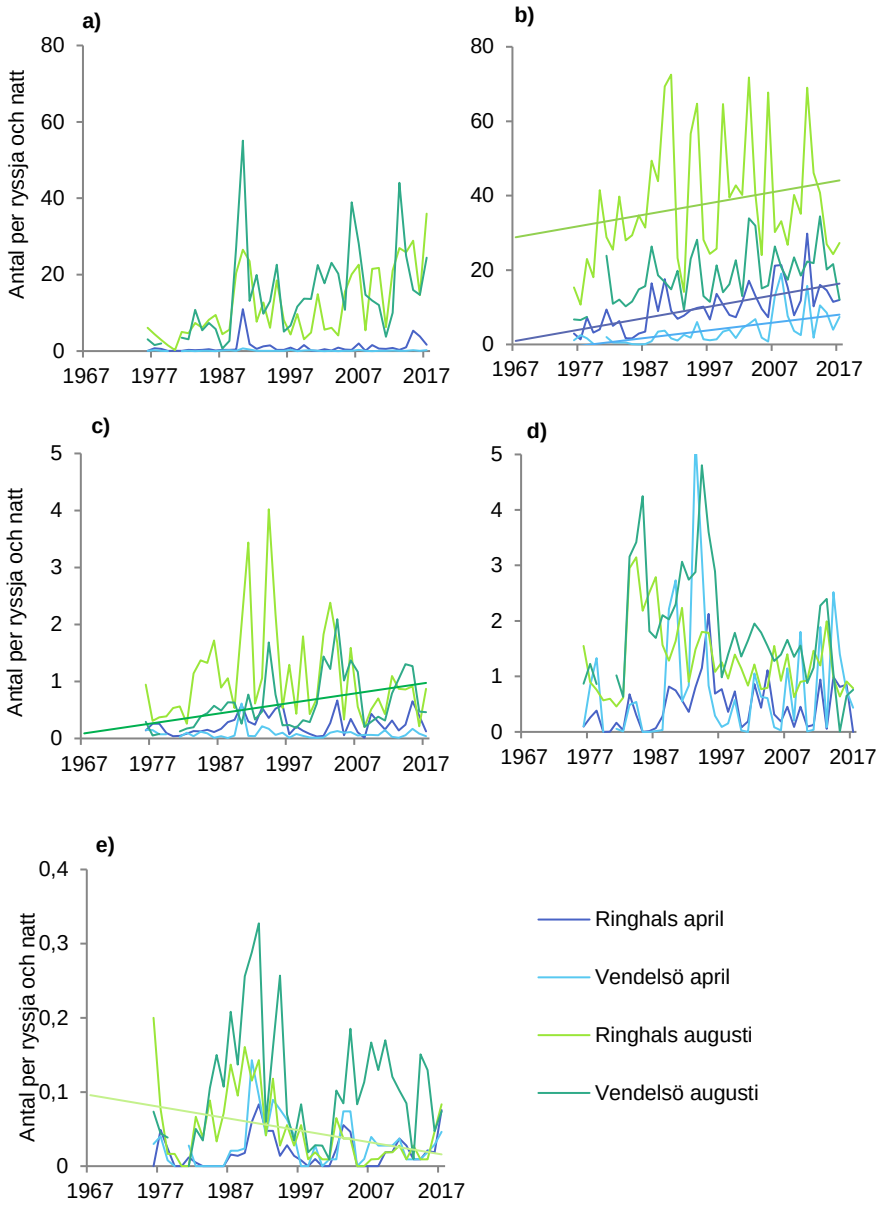
Fångsten av stensnultra har ökat i april över hela fiskeperioden (1976 – 2017) i Ringhals, men inte i Vendelsö (tabell 4, figur 17d)[37]. Under augusti har förekomsten av stensnultra varit något högre i Vendelsö, men fångsten har varken ökat eller minskat över fiskeperioden i Ringhals eller i Vendelsö (figur 17d, tabell 4 och 6)[38]. Störst fångster av stensnultra registrerades under början av 1990-talet.

Äkta tunga (Solea solea)

Äkta tunga har över tid haft högre förekomst i augusti än i april i både Ringhals och i Vendelsö. Över fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av äkta tunga varken ökat eller minskat i något av områdena under april eller augusti (figur 17e, tabell 4 och 6)[39].

---

31. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}349$; Vendelsö augusti: $p< 0{,}001$, $R^2 = 0{,}349$
32. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}184$, $R^2 = 0{,}044$; Vendelsö april: $p = 0{,}830$, $R^2 = 0{,}001$
33. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}476$; Vendelsö april: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}377$
34. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}059$, $R^2 = 0{,}086$; Vendelsö augusti: $p< 0{,}001$, $R^2 = 0{,}320$
35. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}449$, $R^2 = 0{,}014$; Vendelsö april: $p = 0{,}579$, $R^2 = 0{,}008$
36. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}435$, $R^2 = 0{,}015$; Vendelsö augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}279$
37. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}017$, $R^2 = 0{,}135$; Vendelsö april: $p = 0{,}202$, $R^2 = 0{,}041$
38. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}328$, $R^2 = 0{,}024$; Vendelsö april: $p = 0{,}065$, $R^2 = 0{,}087$
39. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}190$, $R^2 = 0{,}042$; Vendelsö april: $p = 0{,}482$, $R^2 =0{,}013$; Ringhals augusti: $p = 0{,}053$, $R^2 = 0{,}090$; Vendelsö augusti: $p = 0{,}065$, $R^2 =0{,}087$



Figur 17. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna: a) skärsnultra, b) strandkrabba, c) gulål, d) stensnultra och e) äkta tunga för områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976 – 2017. Tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.

Kallvattenarter

Här redovisas arter som trivs bättre i kallare vatten och därför har en högre abundans under fisket i april än i augusti (tabell 4 och 5). Fyra av de vanligaste stationära arterna (rötsimpa, tånglake, femtömmad skärlånga, oxsimpa) och två vanliga matfiskar (torsk och skrubbskädda) har analyserats mer ingående.

Rötsimpa (Myoxocephalus scorpius)

Antalet rötsimpor i fångsten under april har över hela fiskeperioden (1976 – 2017) minskat i Ringhals, men inte i Vendelsö (tabell 4, figur 18a)[40]. Däremot har fångsten av rötsimpa under augusti minskat i Vendelsö, men inte i Ringhals över hela fiskeperioden (tabell 6, figur 18a)[41]. Genom alla år har den högsta fångsten av rötsimpa fiskats under april i Vendelsö (figur 18a).

Tånglake (Zoarces viviparus)

Över hela fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av tånglake minskat under april och augusti i både Ringhals och i Vendelsö (tabell 4 och 6, figur 18b)[42]. Tånglaken har genom alla år, fram tills 2016, varit vanligast i Vendelsö under april (figur 18b). År 2017 fångades 0,009 tånglakar per ansträngning i Vendelsö, den lägsta fångsten i området sen fiskeperioden startade.

Femtömmad skärlånga (Ciliata mustela)

Över hela fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av femtömmad skärlånga under april varit oförändrat i Ringhals eller i Vendelsö (tabell 4, figur 18c)[43]. Under augusti, över hela fiskeperioden, har däremot fångsten av femtömmad skärlånga minskat i Ringhals men inte i Vendelsö (tabell 6, figur 18c)[44]. Fångsterna av femtömmad skärlånga har fluktuerat på båda områdena, med toppar framför allt under 1990–talet (figur 18c). Femtömmad skärlånga är en utpräglad kallvattenart och fångsten är genomgående högre i april än i augusti på båda områdena (figur 18c).

40. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}268$; Vendelsö april: $p = 0{,}105$, $R^2 = 0{,}066$
41. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}135$, $R^2 = 0{,}055$; Vendelsö april: $p = 0{,}131$, $R^2 = 0{,}135$
42. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}009$, $R^2 = 0{,}159$; Vendelsö april: $p = 0{,}001$, $R^2 = 0{,}257$; Ringhals augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}560$; Vendelsö augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}298$
43. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}177$, $R^2 = 0{,}045$; Vendelsö april: $p = 0{,}729$, $R^2 = 0{,}003$
44. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}013$, $R^2 = 0{,}146$; Vendelsö april: $p = 0{,}196$, $R^2 = 0{,}044$

Oxsimpa (Taurulus bubalis)
Över hela fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av oxsimpa minskat både under april och augusti i Ringhals och i Vendelsö (tabell 4 och 6, figur 18d)[45]. Fångsten av oxsimpa är generellt högre i april (då vattentemperaturen är lägre) än i augusti (figur 18d).

Torsk (Gadus morhua)
Över hela fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av torsk fluktuerat mycket mellan år, och totalt varken ökat eller minskat under april eller augusti i Ringhals eller i Vendelsö (tabell 4 och 6, figur 18e)[46].

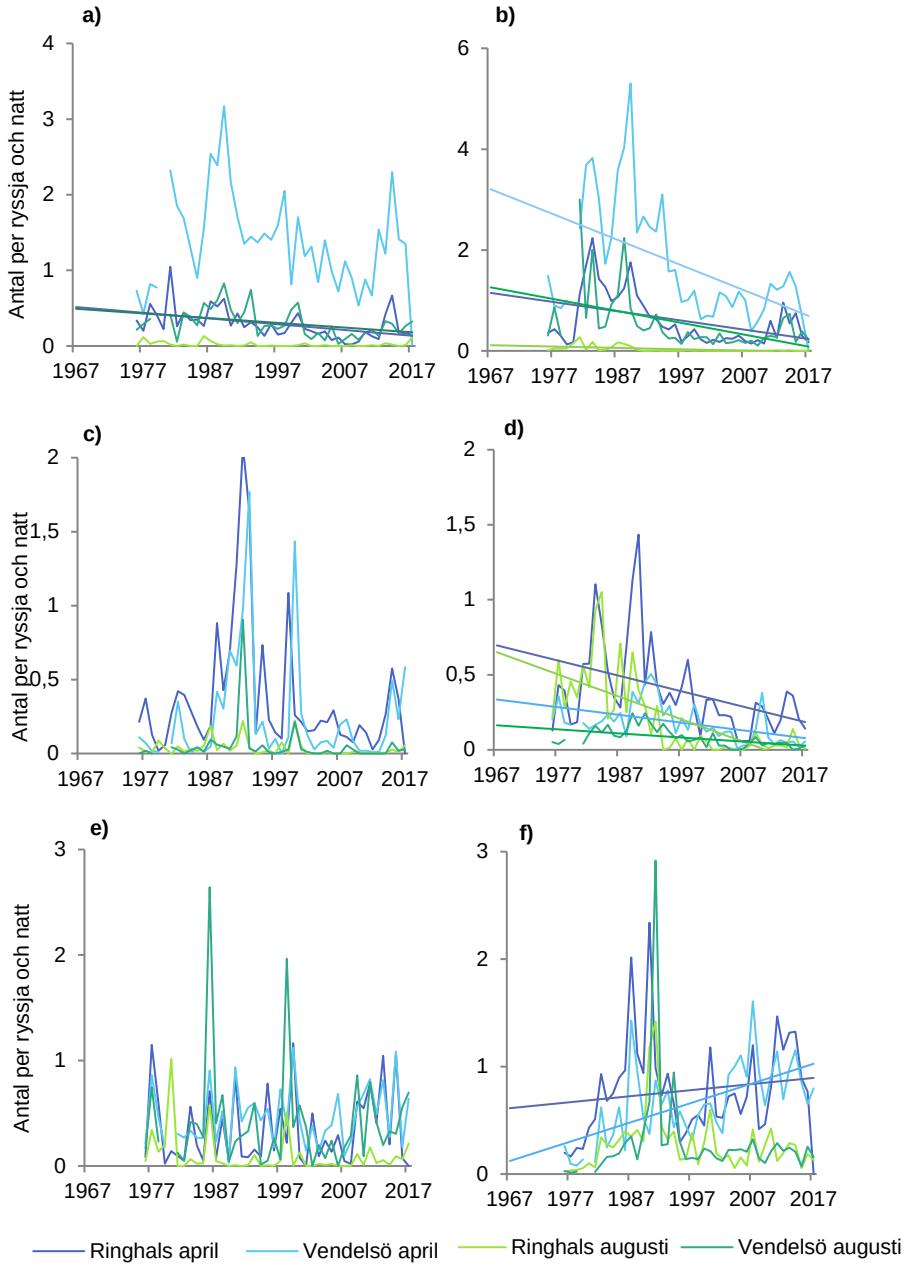
Skrubbskädda (Platichtys flesus)
Över hela fiskeperioden (1976 – 2017) har fångsten av skrubbskädda ökat under april i både Ringhals och i Vendelsö (tabell 4, figur 18f)[47]. Däremot har varken en ökning eller en minskning av fångsten skrubbskädda skett över samma period under augusti i något av de två områdena (tabell 6, figur 18f)[48]. Generellt var fångsten av skrubbskädda som störst från mitten av 1980-talet fram till mitten av 1990-talet.

Nytt provfiskeområde vid Norra Horta.
Norra Horta ligger tre kilometer söder om Ringhals kylvattenutsläpp på gränsen av det område som kan nås av uppvärmt ytvatten från kylvattenutsläppet. Provfiske på Norra Horta startade augusti 2011. Fiskfångsten vid Norra Horta under april 2017 dominerades av torsk, skärsnultra, stensnultra, femtömmad skärlånga och tånglake. Fångsterna av dessa arter var också högre där än i de andra två områdena (tabell 4). I augusti dominerades fiskfångsten vid Norra Horta av skärsnultra, stensnultra, torsk och gulål. Av dessa arter var skärsnultra starkt dominerande i fångsten. Jämfört med övriga områden påminner fångsterna vid Norra Horta mest om fångsterna vid referensen Vendelsö (tabell 6).

Sjukdomskontroll
Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de utförda provfiskena. Under fisket 2017 registrerades endast en fisk med yttre sjukdomssymptom - en torsk med hudsår som fångades under augusti månad i Ringhals.

---

45. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}003$, $R^2 = 0{,}200$; Vendelsö april: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}371$; Ringhals augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}460$; Vendelsö augusti: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}305$
46. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}845$, $R^2 = 0{,}001$; Vendelsö april: $p = 0{,}323$, $R^2 = 0{,}025$; Ringhals augusti: $p = 0{,}609$, $R^2 = 0{,}007$; Vendelsö augusti: $p = 0{,}983$, $R^2 <0{,}001$
47. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals april: $p = 0{,}024$, $R^2 = 0{,}121$; Vendelsö april: $p<0{,}001$, $R^2 = 0{,}478$
48. Linjär regression $_{1976\text{-}2017:}$ Ringhals augusti: $p = 0{,}444$, $R^2 = 0{,}015$; Vendelsö augusti: $p = 0{,}065$, $R^2 = 0{,}087$



Figur 18. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna: a) rötsimpa, b) tånglake, c) femtömmad skärlånga, d) oxsimpa, e) torsk och f) skrubbskädda, i områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976 – 2017. Tunn heldragen linje anger signifikant trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.

4.2.2 Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter

Tre lokaler utanför Ringhals industriområde inventerades med avseende på fastsittande fauna och flora under juni 2017. Den första lokalen är placerad närmst utsläppet på Ringhals udde, den andra är placerad på Norra Horta söder om Ringhals, och den tredje är en helt opåverkad referenslokal placerad längst i norr på Vendelsö.

Under årets dykinventering påträffades vid huvudtransekten på Ringhals udde, en för recipientkontrollprogrammet, ny, potentiellt invasiv främmande art i form av rödalgen japanplym (*Dasysiphonia japonica;* figur 19). Japanplymen kommer ursprungligen ifrån Japan och Korea. Arten påträffades för första gången i Sverige 2002.

Sammanslaget för de tre lokalerna registrerades 58 taxa av alger efter dykinventeringen, två habitatbildande arter av fauna och en svampart. Bland algerna påträffades fyra främmande alger, rödsvansing (*Dasya baillouviana*), sargassosnärja (*Sargassum muticum*), japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och japanplym. Den enda främmande djurarten som noterades var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*). Samtliga fem arter är kända sedan tidigare och mer eller mindre etablerade längst med den svenska västkusten (tabell 8 och 9).

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 fem främmande arterna varierade i linjetaxeringar, närmast Ringhals var andelen generellt högre (tabell 9).

Vid Ringhals udde fanns sargassosnärja på samtliga fem profiler och förekomsten är tillsynes relativt stabil. Eventuellt har täckningsgraden ökat något sedan första inventeringen 2011. Inga exemplar av sargassosnärja fanns på lokalerna längre söder ut och norr ut om Ringhals. Några exemplar av rödsvansing noterades även under inventeringen 2017 vid Ringhals udde, där förekomsten verkar vara stabil eller någon minskande, men inte vid någon av de andra lokalerna. Japantofs noterades likt föregående år (2016) vid huvudtransekten på Norra Horta, och under inventeringen 2017 påträffades japantofs även vid huvudtransekten vid Vendelsö.

Japanskt jätteostron påträffades på samtliga fem profiler vid Ringhals udde. Likt föregående år förekom japanskt jätteostron vid Vendelsö men för första gången påträffades de nu även vid Norra Horta.

Utanför dykinventeringen fångades likt föregående år en individ av asiatisk blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*) vid provfiskelokalen Ringhals. Föregående år fångades blåskrabban i april och under 2017 fångades den i augusti. Som namnet antyder kommer blåskrabban ursprungligen ifrån Asien.

Figur 19. Japanplym. Foto: Björn Fagerholm

Tabell 8. *Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2017. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) talrik baserat på medelvärde av täckningsgrad där arten är förekommande. Där mörkare färg anger tätare förekomst. Arterna i fetstil är invasiva och potentiellt invasiva främmande arter.*

	Art/Släkten	Ringhals	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	*Bryopsis hypnoides*		1	1
	Chaetomorpha linum		2	
	Chaetomorpha melagonium		1	1
	Cladophora rupestris			1
	Cladophora spp.	3	1	1
	Spongomorpha aeruginosa		2	1
	Ulva compressa	1		
	Ulva intestinalis		3	
Brunalger	*Battersia plumigera*	1		1
	Chaetopteris plumosa		1	1
	Chorda filum			1
	Chordaria flagelliformis		2	1
	Desamarestia viridis			1
	*Ectocarpus/Pylaiella**		3	2
	Elachista fucicola		2	2
	Fucus serratus	1	1	3
	Fucus vesiculosus	1	3	
	Halidrys siliquosa	2	1	3
	Halosiphon tomentosus		1	
	Laminaria digitata		2	
	Leathesia marina		2	1
	Petalonia fascia			1
	Saccharina latissima	1	2	
	Sargassum muticum	3		
	Scytosiphon lomentaria			1
	Sphacelaria cirrosa	2	1	1
	Sphaerotrichia divaricata		1	
	spongonema tomentosum		2	
Rödalger	*Aglaothamnion hookeri*		1	
	Ahnfeltia plicata		2	2
	Antithamnion cruciatum	2		
	Bonnemaisonia hamifera		1	1
	Brongniartella byssoides	2	2	1
	Callithamnion corymbosum	1		
	Ceramium tenuicorne	1	1	1
	Ceramium virgatum	2	3	3
	Chondrus crispus	2	2	2
	*Coccotylus/Phyllophora**	3	3	3
	Cystoclonium purpureum	2	3	2
	Dasya baillouviana	1		
	Dasysiphonia japonica	1		
	Delesseria sanguinea	1	3	2
	Furcellaria lumbricalis	1	3	3
	*Lithothamnium/Phymatolithon**	3	3	
	Membranoptera alata		1	1
	Odonthalia dentata	1		
	Palmaria palmata		1	
	Phycodrys rubens		2	1
	Plumaria plumosa		1	
	Polyides rotundus	3		1
	Polysiphonia elongata	2		
	Polysiphonia fibrillosa	3	2	1
	Polysiphonia fucoides	3	3	2
	Polysiphonia hemisphaerica	3		
	Polysiphonia stricta		2	
	Pterothamnion plumula	1		
	Rhodomela confervoides	1	1	1
	Spermothamion repens	2	3	3
Fauna	*Halichondria panicea*		2	2
	Crassostrea gigas	1	1	1
	Mytilus edulis	1		

*svåra att skilja åt

Tabell 9. *Förekomst av invasiva och potentiellt 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.*

		Brunalg							Rödalger										Fauna						
	Art	Sargassosnärja							Rödsvansing							Japantofs		Ja-pan-	Japanskt jätteostron						
Område	transekt	2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2016	2017	2017	2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ringhals	A	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1										1	2	1	1
	B	2	2	3	3	3	2	3	2	2	1				1				1			1	2	1	1
	C	2	2	3	3	3	3	3	1	2	2	2	1	2	1			1	1		1	1	2	2	1
	D	2	2	3	3	3	2	3	1	2	1			1					1			1			1
	E	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1								2			1	1		1
Båtafjor-den norra	A		2	2	1	2	2		2										1				1	1	
	B		2	2	2	2	2		2		1													1	
	C		2	2	2	2	3		1	2	1								1				1		
	D		2	2	2	2	2		2	1														1	
	E		2	2	2	3	2		2	1											1		1	1	
Båtafjor-den södra	A		2	1	1	2	3		2										1	1				1	
	B		2	2	2	2	3		2											1			1	1	
	C	1	2	2	2	3	3		1												1			1	
	D		2		2	2	2		2															2	
	E		2	2		2	2		2											1				2	
Norra Horta	A								1																
	B																								
	C								1							1	1								1
	D																								
	E																								
Vendelsö	A								2																
	B																								
	C			1					1								1								1
	D																							1	
	E																								

C = huvudtransekt *= utfördes i september

5 Diskussion

5.1 Kylvattenintaget

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 förvänta sig lokala effekter redan vid relativt små förluster. Samma effekt skulle kylvattenintaget kunna ha på kustlevande lokala bestånd av arter som torsk och plattfisk såsom rödspätta, skrubbskädda och sandskädda, även om dessa arter inte är lika stationära och har stora utbredningsområden. För vandringsfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd finns i hela Kattegatt och även utanför Kattegatt. Om förlusterna skulle vara mycket stora kan det tänkas att sillbeståndet riskerar att påverkas negativt. Tidigare beräkningar visar att tänkbara skador på kommersiella arter sannolikt är begränsad i förhållande till den beräknade storleken på de populationer av fisk man har undersökt (Bryhn 2012). Provtagningar och provfiske har pågått länge vid landets kärnkraftverk och det finns långa tidsserier som det går att beräkna trendanalyser på. Det går dock inte att styrka att trender och förändringar i trender hos de fiskbestånd man studerat, har uppkommit på grund av förluster i kärnkraftverkens kylvattenintag. Det går å andra sidan inte heller att utesluta någon påverkan (Bryhn 2012).

Provtagningen i kylvattenintaget registrerar förekomsten av unga livsstadier av fisk i vattenmassan i centrala Kattegatts kustvatten. Pelagiska ägg och larver kan ha transporterats långväga innan de når kylvattenintagen till kraftverket (Pacariz m.fl. 2013). Den tidsmässiga fördelningen av förekomsten av ägg och larver sammanfaller dock 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 be-

ståndsnivå troligen är liten. Den stabila utvecklingen hos fångsten av gulål i provfisket med ryssjor talar dessutom emot en negativ effekt på gulålsbeståndet i närområdet. Den negativa utvecklingen för glasål i intagskanalen är inte en lokal företeelse för svenska vatten, utvecklingen är likartad för hela det europeiska utbredningsområdet. I början av 2010-talet sågs en svag återhämtning som även rapporterades från övriga Europa (ICES 2015), men under 2017 gick antalet fångade glasålar i kylvattenintaget åter ner, vilket även blev det sammantagna resultatet i Europa (ICES 2017).

Utslagning av de relativt stora och välutvecklade larverna av arter som leker vintertid vid kusten i närområdet har störst sannolikhet att leda till negativa effekter på beståndsnivå. Tillbakagången för kallvattenarten tånglake kan dock sannolikt även kopplas till en generell uppvärmning av havsvattnet under senare decennier och en motsvarande utveckling kan ses i det nationella referensområdet i Fjällbacka (Förlin m.fl. 2017).

Hur mycket ägg och larver som följer med intaget påverkas till stor del av hydrografiska faktorer, som språngskiktets djup och havsströmmarnas riktning. Fiskägg flyter inte vid låga salthalter och koncentreras därför ofta i haloklinen (saltsprångskiktet) i Kattegatt, vilket innebär att variationer i haloklinens djup bidrar till stora variationer hos observerade tätheter på en kort tidsskala och bidrar även till mellanårsvariationer (Ciannelli 2010). Även vindriktning och vindstyrka tros påverka de observerade tätheterna. Ett stort antal fiskarter förekommer i intagsvattnet och provtagningen kan ge en tidig indikation på förekomst av nya och främmandefiskarter vid västkusten.

Provtagningen sker enbart vinter och vår. Detta beror delvis på att stora mängder maneter och fintrådiga alger försvårar provtagningen under sommar och höst, men även på att de viktigaste kommersiella arterna leker under vinter och vår eller förekommer rikligt i den fria vattenmassan. Den begränsade provtagningsperioden kan dock innebära att påverkan på vissa arter med andra lekperioder underskattas.

5.2 Recipientområdet

5.2.1 Fisksamhällets utveckling

Under provfisket 2017 har indikationer på påverkan från kylvattenutsläppet på fisk och evertebratsamhället vid recipientområdet Ringhals påvisats jämfört med referensområdet Vendelsö.

Medan fisket under april visar att både antalet arter och artdiversiteten i Vendelsö har ökat över tid, har samma ökning inte skett vid Ringhals. I augusti har diversiteten av arter minskat över tid i båda områdena. Resultaten tyder på att kallare vatten gynnar högre artrikedom och diversitet, och speciellt vid den kallare årstiden, i april,

blir denna effekt tydlig vid Ringhals. Vid högre temperaturer ökar istället dominansen av enskilda varmvattensgynnade arter, som skärsnultra, tångkrabba och stensnultra. Att varmvattenutsläpp från nedkylningsprocessen av kärnkraftverk minskar artrikedomen och diversiteten av fisk har påvisats tidigare i studier från andra kärnkraftverk (Jan m.fl., 2001; Teixeira m.fl., 2009).

Under totala fiskeperioden (1976 – 2017) har den trofiska medelnivån minskat i både Ringhals och Vendelsö under varmvattenperioden i augusti, men även under den kallare månaden, april, i Ringhals. Detta beror troligen på att de flesta rovfiskar, som torsk, rötsimpa och oxsimpa, är kallvattengynnade arter (Whitehead m.fl., 1986; Cohen m.fl., 1990), medan de varmvattengynnande arterna skärsnultra och stensnultra livnär sig främst på mindre bottendjur och därför har ett lägre trofiskt index (Whitehead m.fl., 1986; Bauchot, 1987). I augusti, då den trofiska nivån minskat över tid i både Ringhals och i Vendelsö, är effekten troligen beroende av regionala temperaturökningar, medan den minskande trofiska nivån i Ringhals under april sannolikt är ett resultat av det uppvärmda kylvattnet.

Temperaturen har ökat över tid i både Ringhals och Vendelsö under april, men ökningen är störst i Ringhals. Under augusti har temperaturen ökat i Ringhals men inte i Vendelsö. Temperaturökningarna tyder på dels ökad värmetillförsel från kraftverket, men samtidigt en ökad bakgrundstemperatur, vilket har visats skett regionalt under de senaste decennierna (Bergström m.fl., 2009). Det är därför rimligt att den generella uppvärmningen av havsvattnet kan ha bidragit till en negativ utveckling för kallvattenarter, även i områden som inte påverkas av uppvärmt kylvatten. Som exempel har båda de kallvattengynnade arterna tånglake och oxsimpa minskat, inte bara i Ringhals, utan också i referensområdet. Samtidigt har ingen av de varmvattengynnade arterna som undersökts minskat i varken Ringhals eller i Vendelsö. Samtliga kallvattenarter har också som väntat fångats i högre antal i april än i augusti. Skrubbskädda är den enda kallvattengynnade arten som visar på en signifikant ökning, vilket har skett både i Ringhals och i Vendelsö under april.

En ytterligare möjlig orsak till minskningen av kallvattenarterna rötsimpa, oxsimpa, och tånglake vid Ringhals, är att dessa tre arter är stationära och leker och lägger sin rom (tånglaken föder dock levande ungar) i närheten till sitt uppväxtområde (Jacobsson m.fl., 1986; Cohen m.fl., 1990). Det kan därför inte uteslutas att en lokal effekt av utslagning av unga livsstadier i intagskanalen och kylvattensystemet bidrar till de minskande populationerna. Det är dock svår att i detta fall särskilja effekter från kylvattenutsläppet och kylvattenintaget.

De fortsatt stabila fångsterna av gulål i området avspeglar inte den låga förekomsten av ålyngel i Ringhals och den negativa utveckling i rekryteringen hos ål som observerats i både Sverige och Europa (ICES 2015). Det är därför oklart om kylvattenanvändningen haft en negativ påverkan på ålbeståndets utveckling i närområdet. En potentiell lokal minskning av ål på grund av kylvattenanvändningen kan också

maskeras av ålfiskestoppet som infördes 2012 längs hela västkusten (Dekker, 2015), som sannolikt har bidragit till en positiv nationell utveckling av ålbeståndet under senare år, även om detta ännu inte har belagts statistiskt.

5.2.2 Kontroll av förekomst av invasiva främmande arter

Under årets dykinventering hittades fyra olika främmande arter av alger, vilket är det högsta antalet sedan inventeringarna startade 2011. Under dykinventeringen 2017 påträffades också japanskt jätteostron för första gången. Under provfisket i augusti fångades ytterligare en potentiellt invasiv främmande art, nämligen asiatisk blåskrabba. Under samtliga inventeringar har förekomsten av sargassosnärja varit riklig i området vid Ringhals udde, som är påverkat av det varma kylvattnet från Ringhals. Även i den närliggande skyddade Båtafjorden har förekomsten varit riklig under de år inventeringar skett där. Sargassosnärja är klassad som en främmande och potentiellt invasiv främmande art i svenska vatten. 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, men den ses numera som en etablerad art i hela Västerhavet, ner till mellersta Kattegatt (www.havochvatten.se).

Rödsvansing har precis som sargassosnärjan främst observerats i området kring Ringhals udde och i Båtafjorden. Arten upptäcktes 1952 i Sverige och är nu spridd från norska gränsen till mellersta Halland (Gustavsson 1999). Rödsvansing trivs i varmt och strömmande vatten (www.frammandearter.se), förhållanden som infrias i utsläppsområdet från Ringhals och gör området till en bra etableringsplats och en plats där skotten kan överleva vintern.

Japantofs är en rödalg som observerats under de senaste två årens inventeringar (2016, 2017), men arten har i motsats till rödsvansing och sargassosnärja endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast har en minimal påverkan eller fungerar som referensområde till övriga områden som anses vara påverkade av kylvattnet. Arten observerades för första gången i svenska vatten i början av 1900-talet (Johansson m.fl. 1998). Japantofsen behöver en temperatur över 13 grader och lång natt på hösten för att övergå i sexuell reproduktion (www.frammandearter.se), förhållanden som är ovanliga i våra svenska vatten, men som kan vara möjliga i området kring Ringhals utsläpp som är värmepåverkat.

Japanplym noterades för första gången i dykinventeringen 2017 och endast på huvudtransekten på lokalen vid Ringhals udde. Japanplym är en rödalg som observerades i svenska vatten första gången 2002 och anses nu vara etablerad på den svenska västkusten. Likt japantofs kräver den särskilda förhållanden för att kunna reproducera sig sexuellt, och den trivs i skyddade och strömmande vatten (Axelius och Karlsson 2004)

Japanskt jätteostron är en art som först upptäcktes sommaren 2007 på västkusten och som nu är etablerad i svenska vatten på västkusten ner till Falkenbergstrakten. Arten trivs i skyddande områden med strömmande vatten och på djup mellan 0 – 3 meter (Strand och Lindegarth 2014). Arten har varit vanligt förekommande på lokalerna Ringhals udde och i Båtafjorden sedan inventeringarna startade. Under inventeringen 2016 förekom den för första gången på lokalen Vendelsö och under 2017 observerades arten för första gången på Norra Horta. Artens introduktion i Sverige och dess överlevnad i svenska vatten tros inte påverkas av Ringhals kylvattenutsläpp. Trots att det varma vattnet kan hjälpa ostronen under kalla vintrar tros ostronen kunna överleva även utanför kylvattenpåverkat område (Strand och Lindegarth 2014).

Asiatisk blåskrabba, som klassas som en potentiellt invasiv främmande art, fångades under 2016 i ryssjeprovfisket under april och det var första fyndet i Ringhals. Under fisket i augusti 2017 i Ringhals gjordes det andra fyndet. Blåskrabban kommer ursprungligen från Asien och introducerades till Europa via ballastvatten eller i samband med ostronimport. Första gången asiatisk blåskrabba påträffades i Europa var 1999 i Le Havre, Frankrike och därifrån har den spridit sig norröver (Epifanio 2013). I Belgien finns den numera i så stora mängder att den konkurrerar ut lokala bestånd av strandkrabbor (Boets m.fl. 2016). Båda de exemplar som hittats hittills under kontrollprogrammets provfiske, har varit hanar och det är idag oklart om arten kan fortplanta sig i våra vatten (www.havochvatten.se).

Sammanfattningsvis finns det inte några belägg för att introduktionen i svenska vatten av de invasiva främmande arter som observerats under dykinventeringarna kan kopplas till Ringhals kylvattenutsläpp. Däremot kan det varma kylvattnet vara gynnsamt för vissa av dessa arter, det kan göra det möjligt för arterna att etablera sig i området i en större utsträckning och möjliggöra sexuell förökning.

Erkännanden
Anneli Lindgren har varit till stor hjälp med artbestämning och nomenklatur av alger.

6 Referenslista

Andersson, J. (2009). Biologiskt kontrollprogram för Ringhals kärnkraftverk. Kustlaboratoriet. Fiskeriverket. 20 s.

Andersson, J., Cardinale, M., Fagerholm, B., Hjelm, J. & Pettersson, E. (2011). Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006–2010. Fiskeriverket 15s.

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.

Angilletta Jr, M. J., Steury, T. D. & Sears, M. W. (2004). Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. Integrative and comparative biology 44, 498-509.

Axelius, B. & Karlsson, J. (2004). Japanplym, ny rödalg för Sverige. Heterosiphonia japonica, 268-273.

Bauchot, M. (1987). Poissons osseux. Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche.(rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II., MS Fischer, ML Bauchot and M. Schneider, ed., Commission des Communautés Européennes and FAO, Rome.

Bergström, L., Jansson, M., Sundqvist, F. & Andersson, J. (2009). Biologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1979–2007. Fiskeriverket Informerar 2, 1-37.

Boets, P., Brosens, D., Lock, K., Adriaens, T., Aelterman, B., Mertens, J. & Goethals, P. (2016). Alien macroinvertebrates in Flanders (Belgium). Aquatic Invasions 11, 131-144.

Bryhn, A. (2012). Fiskförluster i svenska kärnkraftverk: en sammanställning av kunskapsläget: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.

Ciannelli, L., Knutsen, H., Olsen, E. M., Espeland, S. H., Asplin, L., Jelmert, A., Knutsen, J. A. & Stenseth, N. C. (2010). Small-scale genetic structure in a marine population in relation to water circulation and egg characteristics. Ecology 91, 2918-2930.

Cohen, D. M., Lnada, T. & Lwamoto, T. (1990). Vol. 10 Gadiform Fishes of the World (Order Gadiforrmes). An Annotated and Illustrated Catalogue of Cods, Hakes, Grenadiers and Other Gadiform Fishes Known to Date. FAO Species Catalogue 442.

Dekker, W. (2015). Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2015.

Epifanio, C. E. (2013). Invasion biology of the Asian shore crab Hemigrapsus sanguineus: a review. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 441, 33-49.

Förlin, L., Larsson, Å., Parkkonen, J., Ericson, Y., Ek, C., Faxneld, S., Danielsson, S., Nyberg, E., Olsson, J., Franzén, F. 2017. Faktablad från integrerad kustfiskövervakning 2017:1. Fjällbacka (Västerhavet) 1989-2016.

Gibson, R., Atkinson, R. & Gordon, J. (2005). Globalisation in marine ecosystems: the story of non-indigenous marine species across European seas. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 43, 419-453.

Gren, I.-M., Isacs, L. & Carlsson, M. (2009). Costs of alien invasive species in Sweden. AMBIO: A Journal of the Human Environment 38, 135-140.

Grimås, U., Jacobsson, A. & Neuman, E. (1988). Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968–1987. Naturvårdsverket rapport 3463, 1-26.

Gustavsson, B. (1999). Undersökning och jämförelse av hårdbottensamhällen mellan tre olika vattentemperaturzoner utanför Ringhals kylvattenutsläpp. Göteborgs universitet, Inst. f. marin ekologi.

Jacobsson, A., Neuman, E. & Thoresson, G. (1986). The viviparous blenny as an indicator of environmental effects of harmful substances. Ambio, 236-238.

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.

Liungman, O., Karlsson, A. & Lindahl, S. (2002). Simuleringar av kylvattenplymer från Ringhals kraftverk. SMHI rapport.

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.

Olsson, I. (1993). Miljö och fisk i Skagerrak, Kattegatt, Öresund och Bälten: Nordic Council of Ministers.

Pacariz, S., Björk, G., Jonsson, P., Börjesson, P. & Svedäng, H. (2013). A model study of the large-scale transport of fish eggs in the Kattegat in relation to egg density. ICES Journal of Marine Science 71, 345-355.

Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). Fishing down marine food webs. Science 279, 860-863.

Shannon, C. E. (1949). Communication theory of secrecy systems. Bell Labs Technical Journal 28, 656-715.

Strand, Å. & Lindegarth, S. (2014). Japanska ostron i svenska vatten-en främmande art som är här för att stanna. Borås: Responstryck.

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.

Thoresson, G. (1996). Metoder för övervakning av kustfiskbestånd: Kustlaboratoriet, Fiskeriverket.

Thörnqvist, S. (2000). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2000. Kustlaboratoriet. Fiskeriverket.

Thörnqvist, S. & Neuman, E. (1998). A. Jacobsson och O. Sandström. 1998. Biologiska undersökningar vid Ringhals kraftverk 1988–1996. Fiskeriverket rapport 1, 57-76.

Vitousek, P. M., Antonio, C. M., Loope, L. L. & Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. American scientist 84, 468.

Whitehead, P. J. P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (1986). Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean, volume 3: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.