



Aqua reports 2014:2

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2013

Björn Fagerholm, Peter Ljungberg, Anders Wernbo



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2013.
Björn Fagerholm, Peter Ljungberg, Anders Wernbo

mars 2014
SLU, Institutionen för akvatiska resurser.

Aqua reports 2014:2
ISBN: 978-91-576-9209-2(elektronisk version)

Vid citering uppge: Fagerholm B., Ljungberg P., Wernbo A. (2014). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2013. Aqua reports 2014:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 52 s.

Rapporten kan laddas ned från:
<http://www.slu.se/sv/bibliotek>.

Adress:
SLU, Institutionen för akvatiska resurser
Skolgatan 6
742 42 Öregrund

E-post:
bjorn.fagerholm@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:
Erik Degerman, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet
Malin, Werner, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Havsfiskelaboratoriet

Ansvarig utgivare: Magnus Appelberg, SLU.

Finansiärer
Ringhals AB

Omslagsfoto:
Framsida, Ringhals udde översikt utifrån havet med fyra reaktorer. Björn Fagerholm.
Baksida, Kustlaboratoriets mindre båt lastad med ryssjor. Björn Fagerholm

Sammanfattning

Kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk påverkar fisk- och skaldjurs-samhället i olika 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 utkommande uppvärmda vattnet. Förekomsten av uppvärmt kylvatten vid utsläppet kan även bidra till att främmande invasiva arter etablerar sig i kustområdet.

Under 2013 producerade Ringhals reaktorer R1, R2 och R4 elektricitet under hela året, med avbrott för årliga revisioner och kortare driftsstopp. Ringhals reaktor R3 var avstängd en längre period under sommaren i samband med revisionen.

I kylvattenintaget utförs provtagning av fiskägg och fisklarver med Bongohåv för att övervaka förlusterna i kraftverket. Förekomsten av rötsimpelarver (*Myoxocephalus scorpius*) har minskat sedan provtagningen startade, 2013 fångades dock fler rötsimpelarver än tidigare under provtagningsserien. Förekomsten av tejestefisklarver (*Pholis gunnellus*) hade ökat något mellan 2012 och 2013. Håvning i intaget efter juvenil fisk är till stor del fokuserad på glasål (*Anguilla anguilla*). Glasålen har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Minskningen av glasål beror på en tillbakagång i hela regionen och inte på att förlusten i intaget har lett till en lokal påverkan.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom jämförande provfisken i två områden som båda påverkas av kylvattnet och ett opåverkat referensområde. Under april månad har diversiteten i fisksamhället minskat i det påverkade området, men inte i referensområdet, sannolikt som en följd av kylvattensutsläppet. Förekomsten av flera varmvattengynnade arter, bland annat ål (*Anguilla anguilla*), strandkrabba (*Carcinus maenas*) och skärsnultra (*Symphodus melops*) visar en uppåtgående trend i det kylvattenpåverkade området. Strandkrabba uppvisar även en ökande trend i referensområdet. För äkta tunga (*Solea solea*) var däremot trenden vikande i recipientområdet under aprilprovtagningen. Flera av de arter som gynnas

av lägre vattentemperaturer fångas i lägre antal i recipientområdet. Mest tydligt var detta för rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och tånglake (*Zoarches viviparus*). Av de arter som gynnas av kallare vatten visade flera vikande trender i båda områdena. Endast skrubbskädda (*Platichthys flesus*) visade en ökande trend i referensområdet.

För att påvisa förekomst av främmande arter genomförs dykkartering i fem områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. Inga för regionen nya arter noterades under 2013, men tre för västkusten väletablerade främmande arter noterades. Dessa var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), rödalgen rödsvansing (*Dasya baillouviana*) samt en brunalg, sargassosnärja (*Sargassum muticum*).

Summary

The use of cooling water at the Ringhals nuclear power plant affects the marine environment. The fish and shellfish community is affected in two steps. In the first step, fish eggs, larvae and larger fish that are transported into the nuclear power plant with the cooling water may face unnatural mortality. In the second step the heated water is released back into the sea, where the fish and shellfish are affected by the increase in temperature. The presence of heated water could also contribute to alien invasive species establishing in the coastal area.

Reactors R1, R2 and R4 at Ringhals nuclear power plant produced electricity during the major part of the year 2013, with exceptions for the annual audits and shorter stops in production. Reactor R3 had a longer revision during the summer.

Fish eggs and fish larvae are sampled in the incoming cooling water using a modified Bongo net to monitor losses of eggs and larvae in the nuclear power plant. The abundance of shorthorn sculpin larvae (*Myoxocephalus scorpius*) has decreased since the sampling period started, although it is still the most abundant larvae. In 2013 more shorthorn sculpin larvae were caught than ever before in this survey. The abundance of rock gunnel larvae (*Pholis gunnellus*) had increased between 2012 and 2013. To sample juvenile fish a modified Isaacs-Kidd midwater-trawl is used. This sampling is mainly focused on glass eels (*Anguilla anguilla*). The abundance of glass eels has declined strongly since the beginning of the 1980's. The decline of the glass eel abundance is most probably due to a general decrease in recruitment and not to a local effect caused by the nuclear power plant.

The effects of the cooling-water released into the sea are monitored by fykenet surveys in the recipient as well as in a reference area. These areas are compared in two seasons to reveal effects of the cooling water emissions. The diversity of the fish community has developed differently in the two areas during the cold season, where the recipient showed a decrease in diversity and the reference area was stable. This

is possibly an effect of the warm water emissions from the power plant. Species that prefer warm water have been observed to concentrate in the recipient area. Eel and shore crabs (*Carcinus maenas*) are two examples, which show either stable or increasing catches in the area. Species that prefer cold water, such as shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) and eelpout (*Zoarches viviparous*), were less abundant in the recipient area.

To investigate the presence of marine alien invasive species a scuba diving survey is conducted in five shallow areas in a gradient from the outlet of cooling water. No new species were found in the 2013 survey, but three species already established on the Swedish west coast were found. The species found were the japanese oyster (*Crassostrea gigas*), one species of red algae *Dasya baillouviana* and one brown algae, japanese wireweed (*Sargassum muticum*).

Innehåll

1 Inledning	1
2 Kraftverkets drift	5
3 Metodik	7
3.1 Kylvattenintaget	7
3.2 Påverkansområdet	8
3.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	10
4 Resultat	13
4.1 Kylvattenintaget	13
4.2 Påverkansområdet	20
4.3 Sjukdomskontroll	33
4.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	34
5 Diskussion	37
5.1 Kylvattenintaget	37
5.2 Kontroll av utsläppstub från silstationen	39
5.3 Fisksamhällets utveckling	39
5.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	41
6 Erkännanden	43
6 Referenser	43

1 Inledning

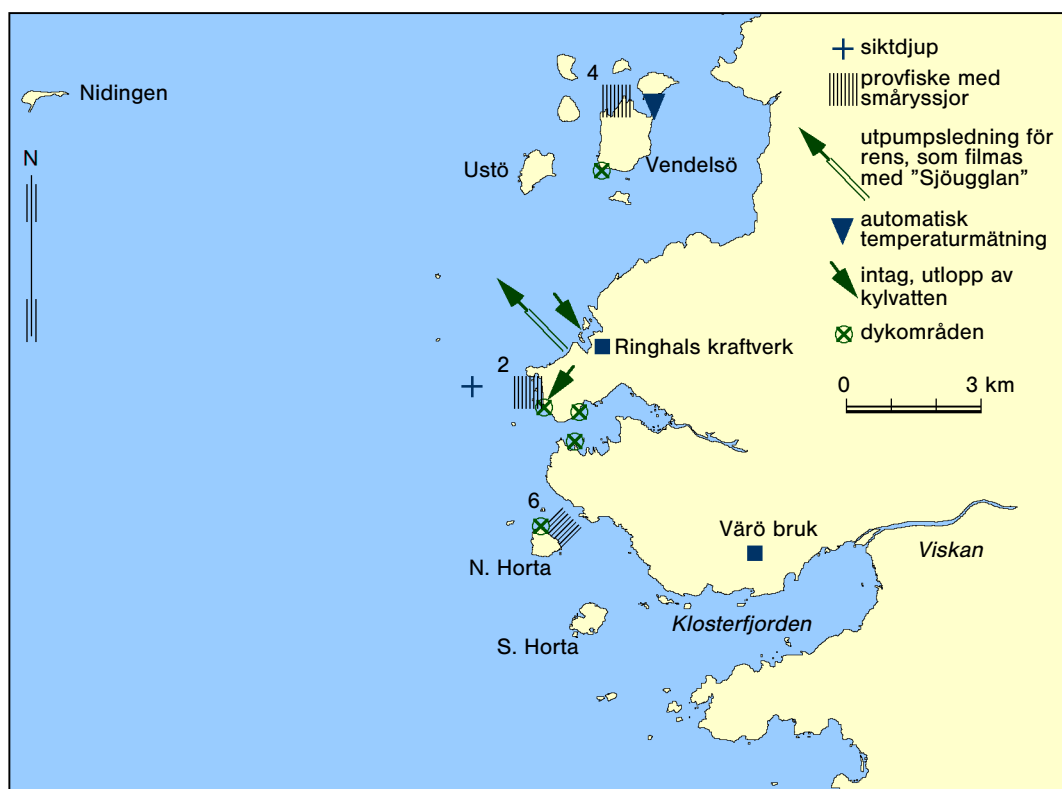
Den miljöpåverkan som kylvattenanvändningen i Ringhals kärnkraftverk kan leda till övervakas genom ett recipientkontrollprogram som ursprungligen fastställdes av Västerbygds vattendomstol 1969. Miljödomstolen gav 2006 tillstånd till höjning av effekten, vilket ledde till ett reviderat program 2009 (Andersson 2009). Detta program trädde i kraft under andra delen av 2011. Utförare är Kustlaboratoriet, numera tillhörande Institutionen för Akvatiska Resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet. Tidigare har Kustlaboratoriet tillhört Naturvårdsverket och Fiskeriverket. Resultaten redovisas i årliga rapporter som överskådligt sammanfattar resultaten och vart femte år i en mera utförlig rapport. Undersökningar i vattenområdet utanför kraftverket påbörjades 1968. Övervakningen under de inledande åren var omfattande och med användning av den kunskapen har inriktningen på kontrollprogrammet koncentrerats på att följa variationer i täthet av olika fiskarter som på något sätt påverkas av kärnkraftverket (Thörnqvist 2000).

Det första steget där fisk och annat marint liv riskerar att 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 kanalen beror på mängden kylvatten som kraftverket använder samt på antalet organismer som passerar i kustvattnet utanför intagskanalen. Från lekområdena ute till havs transporteras fiskägg och fisklarver in till uppväxtområdena vid kusten via havsströmmar. Transporten styrs av hydrografiska processer (Olsson 1993). Fiskägg och fisklarver sugas med kylvattnet in i kraftverket, där de kan skadas eller dö. Det årliga bortfall av ägg och larver som detta medför kan förorsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen håvningar efter ägg och larver i intagskanalerna (Grimås m. fl. 1988). Effekten på beståndsnivå avgörs av förlusten i kylvattnet i förhållande till beståndets storlek. Effekten riskerar att bli större på lokala bestånd, eftersom en stor del av årets reproduktion kan slås ut. Även för övriga arter kan stora förluster ha en potentiellt negativ effekt, särskilt för hotade arter.

Det andra steget med risk för påverkan på fisk och marint liv är då uppvärmt vatten släpps ut från kraftverket. För att undersöka effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs fiskundersökningar i april månad då havsvattnet är kallt och i augusti månad då havsvattnet är varmt. Fisket genomförs i ett havsområde i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp samt i ett referensområde vid Vendelsö (figur 1). Från augusti 2011 har ett nytt fiskeområde tillkommit vid Norra Horta, som bedöms vara något påverkat av kylvattenutsläppet. Anledningen till att dela upp fisket i två fiskeperioder är att fånga upp de naturliga variationer som förekommer under året. Ett referensområde används för att kunna urskilja vilka förändringar som är naturliga och vilka som är orsakade av det varma 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. De kan därför grovt delas in i varmvattenarter respektive kallvattenarter. Exempel på en varmvattenart är ål, som är aktiv och ger större fångster vid högre temperatur, men även skärsnultra är en utpräglad varmvattenart. Bland kräftdjuren är strandkrabban en art som gynnas av varmare vatten. Typiska kallvattenarter är tånglake, rötsimpa, torsk och femtömmad skärlånga. Fisket under april ger en större fångst av kallvattenarter jämfört med augusti, då varmvattenarter dominerar fångsterna (Thörnqvist m. fl. 1998).

Ett antal främmande arter har under senare år upptäckts och uppmärksammats i media och forskningsrapporter. Vanliga frågeställningar i samband med nytillkomna arter brukar främst vara vilken påverkan har de, var kommer de ifrån, hur snabbt sprids de, kan man upptäcka dem i tid, var skall man leta och hur skall man 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



Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (fångstområde 2) och Vendelsö (fångstområde 4) och Norra Horta (fångstområde 6) samt fem dykområden, intagskanalen för kylvatten (R1, R2), där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk. Renshusledningen för återtransport av fisk och alger från kraftverkets silstationer.

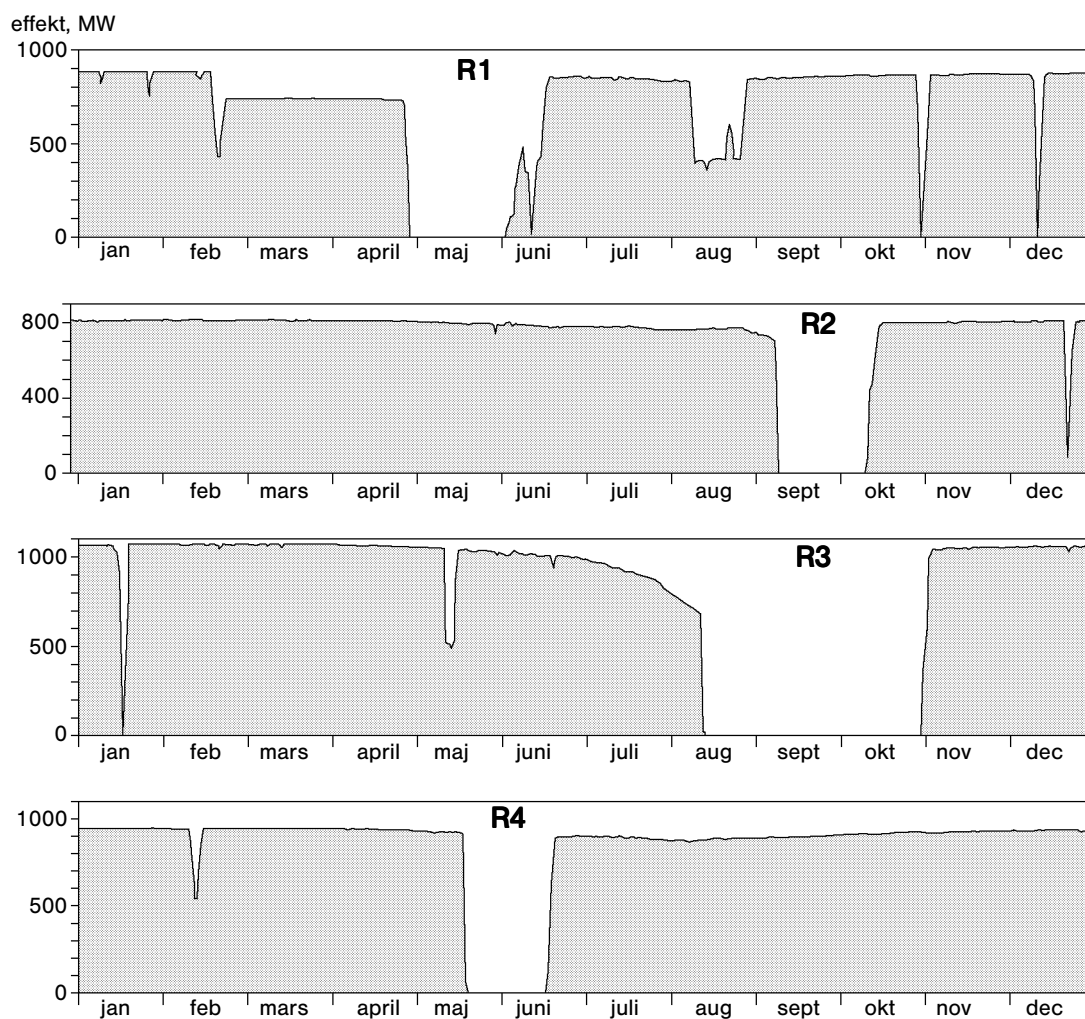
nyligen tillkommit på västkusten är sargassosnärja (*Sargassum muticum*) en storväxt brunalg, det japanska ostronet (*Crassostera gigas*) samt en kammanet, den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*). Gemensamt för dessa arter var att de fick en snabb spridning och att man inte har kunnat förhindra spridningen.

I samråd med länsstyrelsen i Halland etablerades under 2011 ett program för övervakning av förekomst av främmande invasiva arter i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet, med målet att slå larm när etableringar sker för att ge underlag för eventuella motåtgärder.

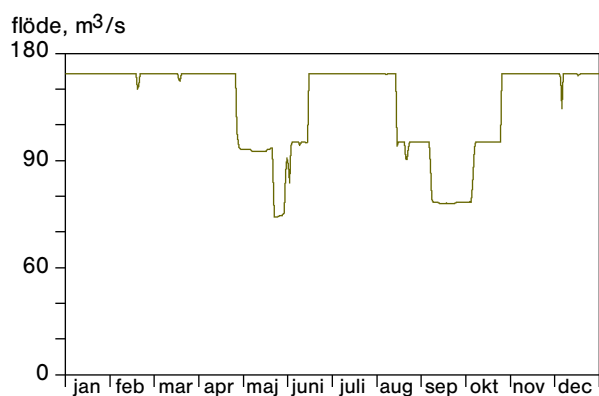
Kärnkraftverkets utsläpp av uppvärmt havsvatten sker igenom två tunnlar som mynnar ut strax under ytan på Ringhals udde (figur 1). Vattnet sprider sig därifrån ut i en plym som går söderut eller norrut beroende på vind och strömriktning. Enligt simuleringsberäkningar utförda av SMHI sprider sig varmvattnet maximalt i en omkrets på ca 3 km och normalt sker en temperaturökning på 1–5 grader i ytvattnet ner till 3–7 meters djup (Liungman m. fl. 2002). Grunda närliggande vikar samt hårbotten ner till några meters djup kan vara sannolika miljöer där man förväntar sig en direkt effekt från varmvattnet och därmed även lämpliga platser att söka efter främmande arter.

2 Kraftverkets drift

Fyra reaktorer (block) har varit i drift under 2013. Varje block stängs periodvis av för revision. Revisionen pågår normalt en månad för en reaktor åt gången under perioden maj till oktober. Under 2013 producerade reaktorerna R1, R2 och R4 vid Ringhals el under hela året, enbart med avbrott för årliga revisioner och kortare driftsstopp (figur 2). Reaktor R3 hade en förlängd revision på totalt 2,5 månad. När två reaktorer var på revision samtidigt halverades det totala kylvattenflödet (figur 2b).



Figur 2. Producerad effekt (MW) vid Ringhals 1, 2, 3, och 4 under 2013.



Figur 2b. Kylvattenflödet för Ringhals 2013

3 Metodik

3.1 Kylvattenintaget

3.1.1 Fiskägg och fisklarver

Transporten av fiskägg och larver in i kraftverket kontrolleras i intagskanalen till block 1 och 2. Vid tillfällen då båda dessa block inte är i drift utförs kontrollen i intagskanalen till block 3 och 4. Fiskägg och mindre fisklarver samlas in kvantitativt med hjälp av en Bongohåv (Andersson 1985). Provtagningar med Bongohåv genomförs dagtid, två gånger i veckan från januari till och med april, med omkring 15 minuters håvning per tillfälle. Insamlade ägg och larver bestäms till art eller taxonomisk grupp och beräknas per volymenhet av det inkommande kylvattnet. Detta antal används sedan som underlag för beräkning av det totala flödet av ägg och larver genom kraftverket under provtagningsperioden. Denna analys görs dock i den fördjupade utvärdering som görs vart femte år, inte i årsrapporterna.

3.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Kontrollen av juvenil fisk och större larver som transporteras in med kylvattnet utförs i intagskanalen till block 1 och 2. Vid tillfällen då båda dessa block inte är i drift utförs kontrollen i intagskanalen till block 3 och 4. Tätheten av juvenil fisk och större fisklarver skattas med hjälp av en så kallad Isaacs-Kiddtrål, vilket sker delvis under samma tidsperiod som provtagningen med Bongohåv (Andersson 1980). Provtagning av juveniler och större larver med Isaacs-Kidd yngeltrål utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. Vid varje tillfälle är trålen ute i 15 till 17 timmar. Vid bearbetning av resultaten fram till och med 2013 har en översyn gjorts av befintliga data. Smärre rättningar har gjorts och data har normerats med avseende på förändringar av vattenflödet i intagskanalen. Årliga index för täthet har tagits fram med avseende på förekomst under perioden från och med vecka 9 till och med vecka 18. Skälet till detta är att data saknas från perioden före vecka 9 under en stor del av 1980-talet och att abundansdata på detta sätt blir bättre jämförbara över tid. Kommande skadeberäkningar kommer dock att baseras på icke korrigerade data från hela provtagningsperioden februari–april.

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 följer med vattnet. Det finaste materialet uppsamlas i så kallade korgbandsilar, med en maskvidd av 5 mm. Återtransporten av det material som fastnar i silar och rengallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där skovelpumpar skickar materialet vidare genom en tub som mynnar på 8 meters djup i havet norr om kärnkraftverket. Vid undersökningar 2007–2010 beräknades dödligheten till ca 15% hos den ål som samlas upp och pumpas tillbaka till havet. Mindre tåliga fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (Andersson m. fl. 2011).

Området kring tuben filmas i september varje år med hjälp av en undervattensfarkost som styrs från ytan (en s.k. sjöuggla). 2013 filmades tuben i november på grund av motorproblem tidigare under hösten. Filmningen görs för att kunna se hur området runt tuben påverkas och om det sker någon förändring från år till år. Filmen analyseras och kvalitativ bedömning görs av hur klart vattnet är, vilka arter som syns, påväxt på tuben, hur botten runt tuben ser ut, tecken på syrebrist och andra eventuella observationer.

3.2 Påverkansområdet

3.2.1 Fisksamhällets utveckling

Förekomst av fisk studeras genom provfiske med småryssjor i två områden under april och augusti, dels i recipienten vid Ringhals (fångstområde 2) och dels i referensområdet vid Vendelsö (fångstområde 4), sju kilometer norr om utsläppsområdet (figur 1). Ett tredje område vid Norra Horta (fångstområde 6), tre kilometer söder om utsläppet började fiskas under augusti 2011. Detta är ett måttligt påverkat område som under vissa vind- och strömförhållanden kan förväntas få något förhöjda temperaturer på grund av kylvattenutsläpp. Recipienten kännetecknas av stabila övervattentemperaturer under längre perioder medan referensområdet är opåverkat av utsläppt kylvatten. Varje fångstområde delas upp i sex stationer som provfiskas

med två ryssjor 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 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 botten temperaturen vid redskapet i samband med vittjning och ett medelvärde beräknas för respektive område.

Varje individ i fångsten mäts och kontrolleras med avseende på eventuella synliga sjukdomar. Vägning sker av varje art per station och om flera individer fångats av samma art vägs de tillsammans. I årsrapporten redovisas resultaten utförligt för de vanligaste och ur ekonomisk eller biologisk synpunkt mest intressanta arterna. Fångstdata för samtliga förekommande arter redovisas dock i tabeller.

Fångstdata används i flera olika analyser för att följa utvecklingen i fisk- och kräftdjurssamhället samt för att se om det finns några skillnader mellan recipient- och referensområde. Analyserna baseras framför allt på medelvärden av antal fiskar per ryssja och natt (CPUE, catch per unit effort) och medelvikt av fisk per ryssja och natt (WPUE, weight per unit effort). Från Norra Horta (fångstområde 6) finns endast fångstdata från de senaste tre åren. Redovisning av dessa data begränsar sig till en presentation av resultaten i tabell 3 och 4.

Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden i fångsten. Som ett annat mått på mångfald används Shannon-Wiener diversitetsindex. Indexet baseras på hur många arter som förekommer och hur mängden individer fördelar sig mellan dessa arter. Ett lågt diversitetsvärde indikerar att fiskesamhället domineras av enstaka arter med hög frekvens, medan ett högt diversitetsvärde indikerar att individerna är mera jämnt fördelade mellan arterna. Vid beräkning av diversitet innefattas abundansen av både fiskar och kräftdjur.

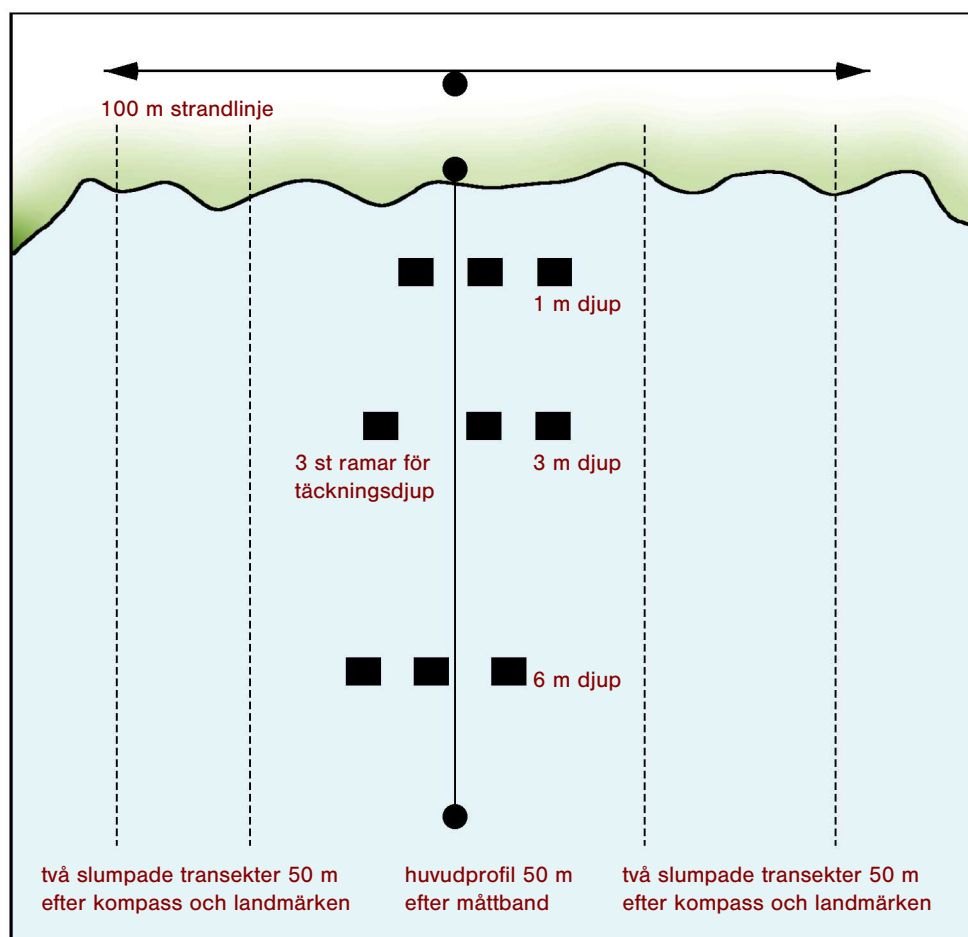
Ett annat mått som används för att beskriva djursamhället är trofisk medelnivå. Varje art graderas med ett värde mellan noll och fem utifrån sin nivå i näringskedjan. Trofivån baserar sig på de olika arternas representation i fångsten och den enskilda artens trofiska nivå. Trofisk medelnivå kan användas som ett mått på ekologisk funktion. Låga värden på trofisk medelnivå indikerar att samhället främst består av fiskar som livnär sig på plankton och växter. Högt värde på den trofiska medelnivån indikerar att det finns en hög andel fiskätande fisk. Trofisk nivå beräknas på biomassa (WPUE) och innefattar enbart fisk.

För alla beräkningar har endast data från ostörda stationer använts. Beräkningarna har utförts i Microsoft Office Excel 2007 samt R för Mac. För alla beräkningar har signifikansnivån 0,05 använts. Linjär regression har använts för att fastställa om en signifikant utveckling har skett över tid (trend). ANCOVA har använts för att analysera utvecklingen över tid med avseende på fisksamhällenas utveckling i de olika fångstområdena. I de fall lika varianser eller normalfördelning inte uppfyllts har värdena logaritmerats eller rottransformerats. Vid analyser av de individuella fiskarternas utveckling har t-test använts för att analysera skillnader i medelabundans mellan fiskeperioder eller områden. I de fall normalfördelning eller lika varians inte uppfyllts har ett icke-parametriskt Mann-Whitney U-test använts.

3.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Dykinventeringar av fastsittande flora och fauna utförs på fem lokaler (figur 1). Platserna representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utsläppspunkten för kylvatten. En rak strandsträcka på etthundra meter utses vid varje plats som försökssträcka och i mitten markeras en huvudtransekt vinkelrät ut från stranden ut med hjälp av ett måttband. Ytterligare två transekter slumpas ut på var sida om huvudtransekten (figur 3).

Huvudtransekten används som en fast utgångspunkt och där genomförs transektdyket utefter ett måttband som går ut 50 meter vinkelrät från strandbrynet. Längs måttbandet



Figur 3. Schematisk bild över hur dyktransekterna är upplagda på en dykplats, en 50–100 m lång huvudprofil i mitten av en strandsträcka på 100 m, ramprov vid bestämda djup och vid sidan av huvudprofilen fyra slumpade transekter.

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 sker. 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 innan olika dykare börjar uppfatta och skriva jämförbara protokoll (Naturvårdsverket 2004). Svårbestämda arter fotograferas i fält eller samlas in i nätpåsar för närmare bestämning under lupp på laboratoriet.

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

Tre ramprov (0,5x0,5 m) slumpas ut på 1, 3, 6 och 9 meters vattendjup längs huvudprofilens måttband, med avsikten att årligen upprepa provtagningen på dessa djup. För dessa ramprofiler används en ram av plaströr (0,5x0,5 m) som slumpvis släpps över botten. Endast främmande arters täckningsgrad inom ramarna noteras i protokollet.

Ytterligare fyra transekter slumpas ut inom dykområdet parallellt med huvudprofilen och på samma sätt som i huvudprofilen läggs ett måttband ut för avståndsbedömning. Skillnaden vid dessa profiler är att enbart främmande alger samt bältesgränser dokumenteras. Förekomsten av främmande invasiva arter utmed dessa transekter registreras enligt en tregradig skala där (1) motsvarar enstaka förekomst, (2) allmänt förekommande samt (3) dominerande. Sträckan utefter måttbanden indelades i sträckor om 5 meter med separat skattning av täckningsgrad och angivelse av vattendjup.

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

4 Resultat

4.1 Kylvattenintaget

4.1.1 Fiskägg och fisklarver

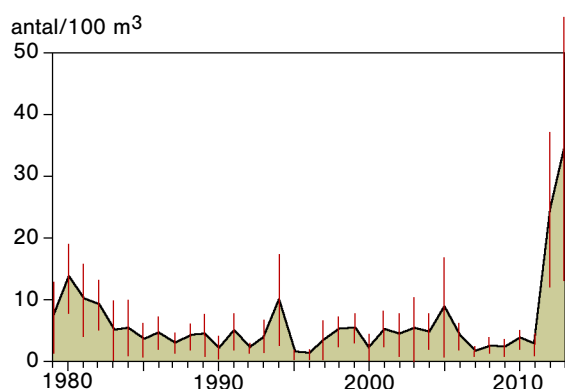
Sedan provtagningen med Bongohåv inleddes vintern 1979 har ett trettiotal olika fiskarter registrerats i proverna (tabell 1). Det är inte möjligt att identifiera alla larver till artnivå. Av den anledningen sammanförs dessa antingen till så låg taxanivå som möjligt, eller registreras som obestämda fisklarver. Genom alla år har rötsimpa varit den vanligaste arten, följt av tejestefisk och skrubbskädda. Skrubbskädda kan vara svår att identifiera i sitt tidigaste utvecklingsstadium och har därför ofta sammanförts med larver av främst sandskädda till gruppen obestämda plattfisklarver. Även tobisar och torsklarver har ingått bland de vanligaste arterna genom åren.

Fiskägg är betydligt svårare att artbestämma än fisklarver, men kan grupperas efter storlek och eventuell förekomst av oljedroppar eller andra strukturer. Tre relativt distinkta grupper kan identifieras i proverna från intaget. Den minsta gruppen omfattar ägg i storlekar mellan 0,8 och drygt 1 mm. Sandskädda och skrubbskädda dominerar denna grupp, vilket styrks av att i stort sett alla artbestämda små plattfisklarver har tillhört dessa arter. Nästa grupp av ägg omfattar storleksintervallet 1,2–1,6 mm. Genom att välutvecklade ägg i denna grupp är lätta att identifiera till art, kan konstateras att gruppen är mycket starkt dominerad av torsk. På samma sätt kan de största äggen (1,6–1,8 mm) i stort sett uteslutande hänföras till rödspotta. Dessa tre grupper har svarat för 99% av alla ägg som registrerats sedan 1979.

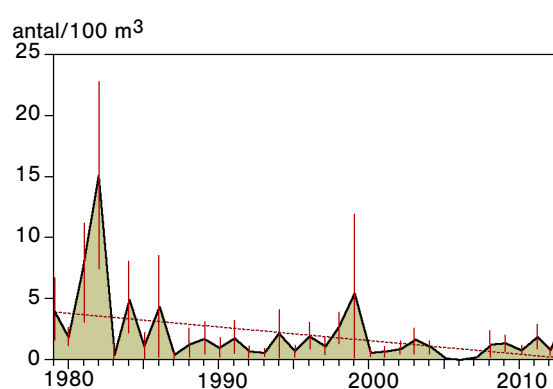
Fram till 2011 hade förekomsten av larver av rötsimpa minskat signifikant. Under vintern 2012 uppmättes den högsta tätheten sedan provtagningen startades och detta fortsatte med en ännu högre täthet under 2013 (figur 4). Förekomsten av tejestefisk uppvisar däremot en negativ utveckling under hela undersökningsperioden, trots att trenden vänt uppåt under den senaste tioårsperioden (tabell 1, figur 5).

Tabell 1. Fångst av fisklarver (antal/100 m³) med Bongohåv i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 under 2013 samt långtidsmedelvärde och trender för alla år och för den senaste tioårsperioden. 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)

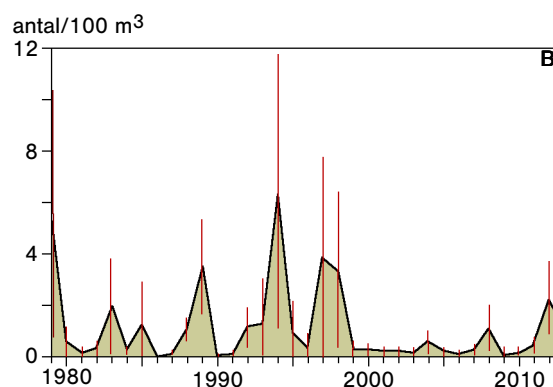
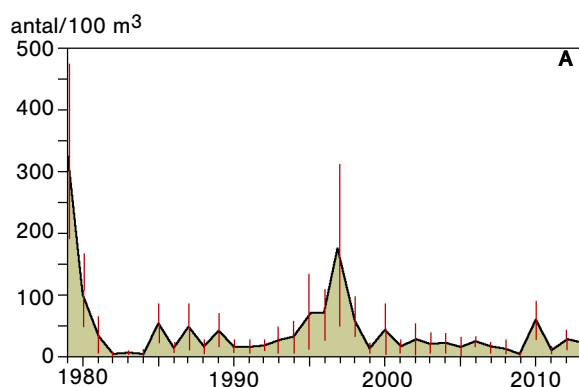
art/taxon	vetenskapligt namn	2013	medel 1979– 2013	trend	medel 2004– 2013	trend
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	34,65	6,32	ns	9,12	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	3,49	2,14	-*	1,05	+*
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	2,00	1,93	ns	1,64	ns
tobisar	<i>Ammodytes spp.</i>	1,11	1,42	ns	1,95	ns
torsk	<i>Gadus morhua</i>	1,09	1,14	ns	0,65	ns
obestämd plattfisk	<i>Pleuronectidae</i>	<0,01	1,00	ns	0,03	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,80	0,68	ns	0,77	ns
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,30	0,44	ns	0,36	ns
ringbukar	<i>Liparis spp.</i>	0,20	0,37	ns	0,32	ns
sill	<i>Clupea harengus</i>	0,58	0,36	+*	0,76	ns
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,10	0,22	ns	0,16	ns
obestämd fiskart		0,03	0,18	ns	0,06	ns
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	0,56	0,19	ns	0,49	ns
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,06	0,16	ns	0,08	ns
spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretæformis</i>	0,53	0,14	ns	0,14	+*
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	0,39	0,12	ns	0,09	ns
obestämd sillfisk	<i>Clupeidae</i>	1,17	0,11	+**	0,39	+*
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	0,17	0,05	ns	0,04	ns
obestämd stubb	<i>Gobidae</i>	0,05	0,02	+*	0,06	ns
klarbult	<i>Aphia minuta</i>		<0,01	ns	0,02	ns
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>		<0,01	ns		
fyrtömmad skärlånga	<i>Onos cimbrius</i>		<0,01	ns		
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		<0,01	ns		
bergtung	<i>Microstomus kitt</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>		<0,01	ns		
tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsaurus vulgaris</i>		<0,01	ns		
glasål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01	ns		
gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01	ns		
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>		<0,01	ns		
tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
totalt		47,27	17,02	ns	18,21	+*
antal taxa, medelvärde		18	13,89	+**	16,00	ns



Figur 4. Täckhet av rötsimpelarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 registrerad med Bongohäv under perioden januari-april 1979-2013. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.



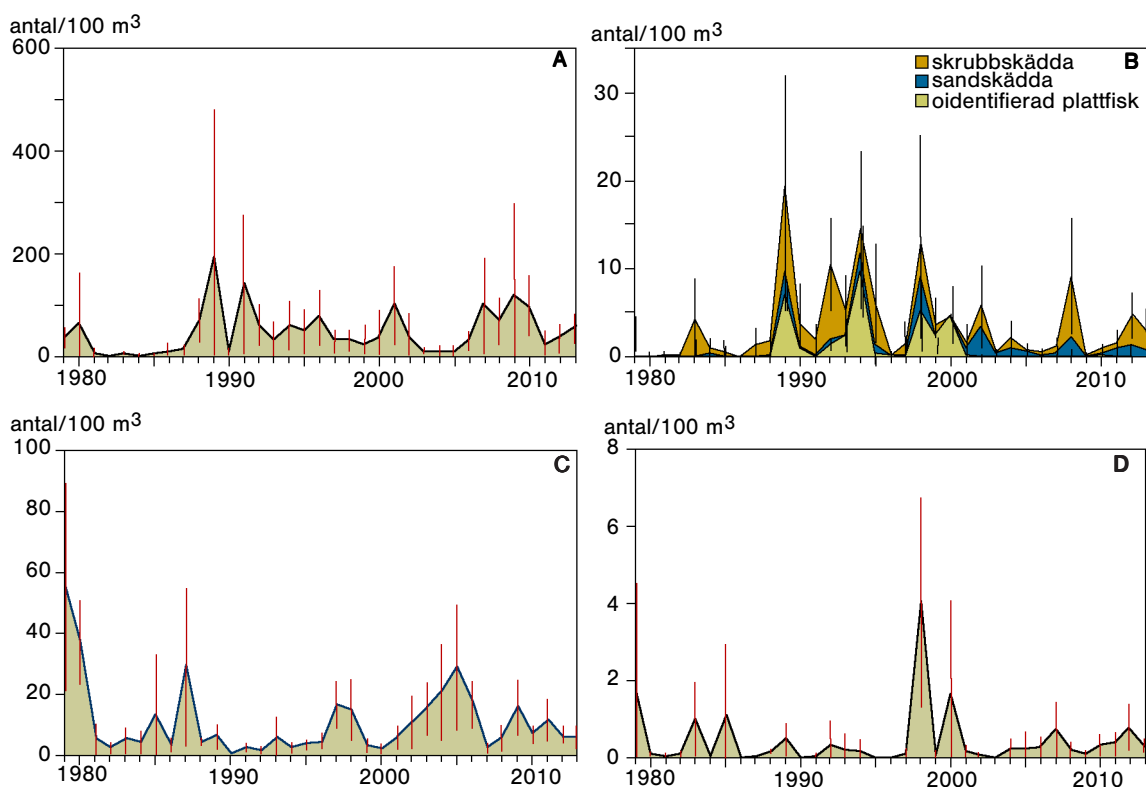
Figur 5. Täckhet av tejstefisklarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 registrerad med Bongohäv under perioden januari-april 1979-2013. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och en streckad trendlinje anger linjär trend över tid.



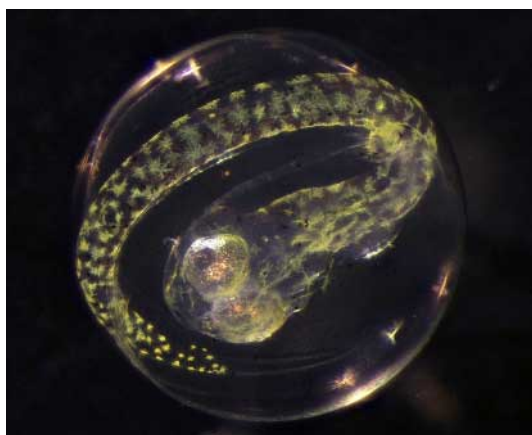
Figur 6. Täckhet av torskäggar¹ (a) och torskklarver (b) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohäv under perioden 1979-2013. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.

Täckheten av torskäggar och torskklarver har fluktuerat sedan hävningen startade men visar ingen trend (tabell 1, figur 6). Torskäggen har varit få till antalet under senare år, men under 2012 var förekomsten av larver den högsta som noterats sedan 1998. Täckheten av plattfiskäggar visar ingen trend sedan provtagningens start, vare sig för rödspotta eller någon av de andra arterna (tabell 1, figur 7). Några signifikanta trender kan inte heller påvisas för plattfiskklarver. Förekomsten under 2013 låg något högre än långtidsmedelvärdet för sandskädda och skrubbskädda, men något lägre för rödspotta (tabell 1, figur 7).

¹ Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 1,2-1,6 mm samt identifierade ägg av torsk.



Figur 7. Täthet av små plattfiskägg² (a) och plattfisklarver³ (b) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohåv under perioden 1979–2013. Täthet av stora plattfiskägg⁴ (c) och larver av rödspotta (d) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohåv under perioden 1979–2013. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.



Ägg från rödspotta.
Foto: David Andersson.

² Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 0,8–1,2 mm samt identifierade ägg av sandskädda och skrubbskädda.

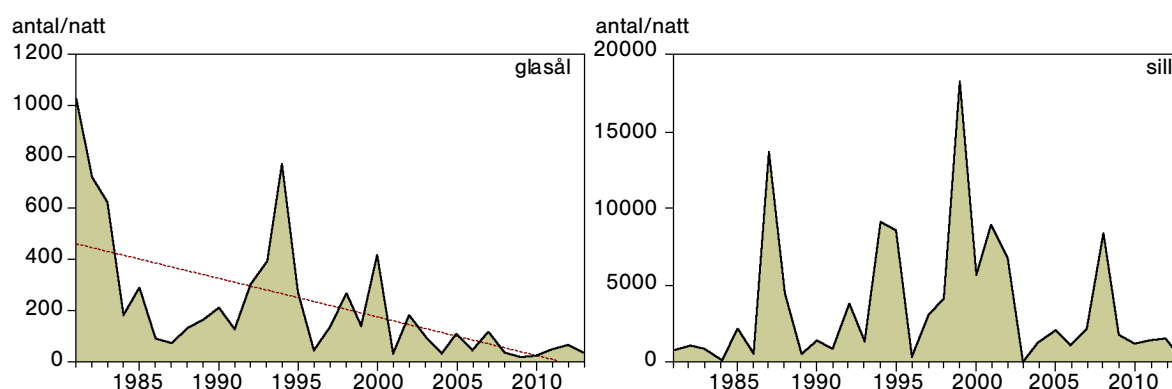
³ Oidentifierade plattfisklarver samt identifierade larver av sandskädda och skrubbskädda.

⁴ Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 1,6–1,8 mm samt identifierade ägg av rödspotta.

4.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Genomsnittliga tätheter för alla förekommande taxa och deras utvecklingstrender på lång och kort sikt sammanfattas i tabell 2. Signifikanta trender under hela provtagningsperioden sedan 1981 föreligger hos ett tjugotal arter. Bland de vanligaste taxa noteras en starkt negativ utveckling hos glasål och storspigg. Bland arter med en positiv utveckling kan nämnas mindre kantnål, svart smörbult, skäggsimpa, stensnultra och tångsnälla. Den vanligast förekommande arten som fångats i Isaacs-Kidd trålen genom åren var sill (tabell 2). Under 2013 fångades relativt få sillar. Under namnet sill registreras både större sillar och yngel i olika utvecklingsstadier. En dominerande andel av sillen består dock av relativt välutvecklade larver från leken föregående höst. Den näst vanligaste fiskarten är den pelagiskt levande klarbulten. Klarbult fångades i lägre antal under tidigare år. Förekomsten av sill var lägre 2013 än medelvärdet på lång och kort sikt, och även abundansen av klarbult låg under dessa medelvärden. Ingen av dessa båda arter uppvisar någon signifikant förändring över tid (tabell 2, figur 8). Endast en art, femtömmad skärlånga, uppvisar en signifikant förändring, en svag minskning, under den senaste tioårsperioden.

Förekomsten av glasål var riklig under de första åren, men under första hälften av 1980-talet blev förekomsterna mycket lägre än tidigare (figur 8). Den observerade utvecklingen inledde en lång period av vikande tätheter, dock bruten av en period



Figur 8. Förekomst av glasål och sill vid provtagning med Isaacs-Kiddtrål i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 under perioden vecka 9–18, 1981–2013. Trendlinje anger linjär trend över tid.

Tabell 2. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till reaktor 1 och 2 vid Ringhalsverket under perioden februari till april 2013 samt medelvärden och trender för åren 1981–2013 och för den senaste tioårsperioden. Arterna är listade i storleksordning med avseende på medelvärdet under hela provtagningsperioden. Index för täthet har korrigerats för variationer hos kylvattenflödet och avser perioden från och med vecka 9 till och med vecka 18. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; *=p<0,05; **=p>0,01;***=p<0,001).

art/taxon	vetenskapligt namn	2013	hela perioden		senaste tio åren	
			medel 1981– 2013	trend	medel 2004– 2013	trend
sill	<i>Clupea harengus harengus</i>	35,33	3537,36	ns	2087,48	ns
klarbul	<i>Aphia minuta</i>	205,94	1477,41	ns	1141,46	ns
glasål	<i>Anguilla anguilla</i>	37,94	218,11	-***	52,18	ns
storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	10,83	157,10	-***	23,61	ns
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	30,44	112,24	ns	69,97	ns
obestämd tobis	<i>Ammodytes sp.</i>	49,67	102,29	ns	46,12	ns
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	223,06	50,48	+	108,66	ns
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	5,72	41,74	+	134,51	ns
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	<0,01	10,98	ns	5,12	ns
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	2,89	10,91	+	17,73	ns
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	8,39	5,52	+	7,29	ns
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	2,78	4,72	-*	2,29	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	5,89	3,26	ns	1,91	ns
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	1,61	3,00	ns	1,73	ns
torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,17	2,75	+	7,67	ns
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	3,17	2,21	ns	2,54	ns
sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	0,50	1,80	ns	0,81	ns
småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	0,28	1,57	ns	1,59	ns
laxsill	<i>Maurolicus mulleri</i>	0,17	1,50	ns	0,63	ns
spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>	30,56	0,99	ns	3,26	ns
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	1,17	0,92	+	2,18	ns
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,11	0,92	+	1,37	ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	11,89	0,92	+	2,43	ns
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,22	0,78	ns	0,86	ns
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,06	0,72	-*	0,46	ns
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,61	0,67	+	1,02	ns
större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>	<0,01	0,64	ns	0,50	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,06	0,54	ns	0,33	ns
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	15,78	0,48	ns	1,59	ns
nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,17	0,30	ns	0,55	ns
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,11	0,29	ns	0,21	ns
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		0,23	ns	0,11	-*
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>		0,22	ns	0,62	ns
skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>		0,21	ns	0,23	ns
tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	5,72	0,21	ns	0,63	ns
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		0,19	ns	0,01	ns
berg tunga	<i>Microstomus kitt</i>		0,18	ns	0,15	ns
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>	0,06	0,11	+	0,35	ns
flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,06	0,09	+	0,30	ns

Tabell 2. Forts.

art/taxon	vetenskapligt namn	2013	hela perioden		senaste tio åren	
			medel 1981– 2013	trend	medel 2004– 2013	trend
havsnejonöga	<i>Petromyzon marinus</i>		0,07	-**	0,01	ns
randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>		0,06	ns	0,06	ns
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>		0,04	ns	0,02	ns
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>		0,04	ns	0,04	ns
tångkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	0,06	0,04	ns	0,09	ns
vanlig ringbuk	<i>Liparis liparis</i>		0,03	+**	0,11	ns
bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>	0,28	0,02	+*	0,04	ns
öring	<i>Salmo trutta</i>		0,02	+*	0,05	ns
slätvar	<i>Scophtalmus rhombus</i>		0,02	ns	0,02	ns
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>		0,02	ns		
kummel	<i>Merluccius merluccius</i>		0,01	ns		
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>		0,01	+*	0,04	ns
lax	<i>Salmo salar</i>		0,01	ns	0,01	ns
bläckfisk			0,01	ns		
krumnosig havsnål	<i>Nerophis lumbriciformis</i>		0,01	+*	0,02	ns
obestämd gobid	<i>Gobidae</i>		0,01	ns	0,02	ns
fenknot	<i>Chelidonichthys lucerna</i>		0,01	ns	0,02	ns
obestämd simkrabba			0,01	ns	0,01	ns
fjärsing	<i>Trachinus draco</i>		0,01	ns	0,01	ns
gråsej	<i>Pollachius virens</i>	0,06	0,01	ns	0,01	ns
tjockläppad multe	<i>Crenimugil labrosus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>		<0,01	ns		
obestämd fiskart			<0,01	ns	0,01	ns
knot	<i>Eutrigla gurnardus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
prästfisk	<i>Atherina presbyter</i>		<0,01	ns	0,01	ns
rödtunga	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>		<0,01	ns		
silverfisk	<i>Argentina sphyraena</i>		<0,01	ns	0,01	ns
piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		
totalt		691,7	5755,0	ns	3731,1	ns
antal taxa, medelvärde		35	33,4	+***	37,0	ns

med något högre tätheter i mitten av 1990-talet. Utvecklingen speglar till stor del utvecklingen för ålrekryteringen som helhet över hela det europeiska utbredningsområdet (ICES 2013). Utvecklingen sedan 1981 är signifikant negativ (tabell 2).

4.1.3 Kontroll av utsläppstubb från silstation

Utsläppstuben filmades den 6 november 2013, ett par månader senare än vanligt på grund av motorproblem tidigare under hösten. Sikten var ovanligt dålig med mycket partiklar i vattnet. Förekomst av vanliga fiskarter, som sjustrålig smörbult, stensnultra, skärsnultra och sjöstjärnor (*Asterias rubens*) noterades med jämna mellanrum

längs tuben. Tuben filmades från sju meters djup och ner till utsläppet på cirka nio meters djup. På de grundare delarna fanns sten (klappersten) täckta av rödalger och brunalger, men med ökande djup dominerades botten kring tuben av sand, musselskal, grus och småsten med enstaka inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak övervuxna av rödalger och längst ut runt öppningen fanns högar av musselskal, mestadels blåmussla och mycket friliggande lösa alger (figur 9a). Alldeles vid tubens öppning observerades en amerikansk kammanet (*Mnemiopsis leidyi*), en främmande art för svenska vatten. (figur 9b).



Figur 9. a) Mynningen på Ringhals rensledning på ca 9 m djup med omkringliggande högar av blåmusselskal. b) Amerikansk kammanet (*Mnemiopsis leidyi*) uppe i högra hörnet av bilden.

4.2 Påverkansområdet

4.2.1 Fisksamhällets utveckling

Fångst per fiskeansträngning och trender för respektive fiskeperiod finns sammanfattat i tabell 3 och 4. Totalt under fisket 2013, under både april och augusti i referensen och i recipienten, fångades 29 olika arter, varav 25 fiskarter och fyra kräftdjursarter. Sedan undersökningarna startade 1976 har totalt 55 fiskarter och 8 kräftdjursarter fångats i provfisket. Flera av dessa arter har endast förekommit vid något eller några enstaka tillfällen. Antalet arter har sedan undersökningarna startade ökat i referensområdet under april och en tendens till ökning finns även i recipienten för samma period, medan antalet arter i augusti har fluktuerat utan trend i båda områdena (figur 10). Utvecklingen av antalet arter över tid skiljer sig inte mellan recipient och

Tabell 3. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2013. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2013 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2013. ("+"=ökande trend; "-"=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *= $p < 0,05$, **= $p > 0,01$, ***= $p < 0,001$).

art/taxon	latinskt namn	Ringhals			Horta		Vendelsö		
		2013	medel 1976– 2013	trend	2012	2013	2013	medel 1976– 2013	trend
FISKAR									
skårsnultra	<i>Symphodus melops</i>	0,30	0,85	ns	0,45	0,23	0,04	0,11	ns
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	1,31	0,78	ns	0,29	0,23	0,98	0,64	+***
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	0,95	0,63	**	0,39	0,62	1,28	1,79	**
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,06	0,44	ns	2,02	0,20	0,08	0,75	ns
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,19	0,41	-*	0,27	0,12	0,06	0,20	-*
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,09	0,38	ns	0,23	0,06	0,01	0,24	ns
torsk	<i>Gadus morhua</i>	1,05	0,35	ns	0,66	1,10	0,81	0,46	ns
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,42	0,29	***	0,88	0,53	1,22	1,37	ns
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,14	0,23	ns	0,21	0,01	0,01	0,09	ns
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,04	0,20	+**	0,28	0,03	0,06	0,18	+*
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,01	0,03	ns	0,03		0,05	0,03	ns
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,01	0,02	ns	0,03		0,01	0,03	ns
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,05	0,02	+***	0,01	0,01	0,05	0,01	+*
gråsej	<i>Pollachius virens</i>	0,01	0,01	ns	0,03		0,04	<0,01	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	0,01	0,01	ns		0,01		0,01	ns
större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>	0,01	0,01	+*	0,01		0,02	0,01	+***
lax	<i>Salmo salar</i>		0,01	ns				<0,01	ns
berggylta	<i>Labrus berggylta</i>		0,01	-*	0,02			0,01	-*
öring	<i>Salmo trutta</i>		0,01	ns	0,01			<0,01	ns
blankål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01	ns				0,00	ns
sill	<i>Clupea harengus</i>	0,01	<0,01	+**				<0,01	ns
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	0,01	<0,01	+*				<0,01	ns
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>		<0,01	ns	0,03	0,05	0,01	0,01	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>		<0,01	ns			0,01	0,01	ns
grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>		<0,01	ns	0,03	0,09			
paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>		<0,01	-*	0,02			<0,01	ns
bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>		<0,01	ns					
havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0,01	ns		0,05			
nors	<i>Osmerus eperlanus</i>		<0,01	ns					
piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns				<0,01	ns
randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>		<0,01	ns				<0,01	ns
sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>		<0,01	ns		0,01		<0,01	ns
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0,01	ns		0,01			
slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01	ns				<0,01	ns
tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes sp.</i>		<0,01	ns				<0,01	ns
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>		<0,01	ns				0,00	ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01	ns				<0,01	+*
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>				0,03			<0,01	ns
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>							<0,01	ns

Tabell 3. Forts.

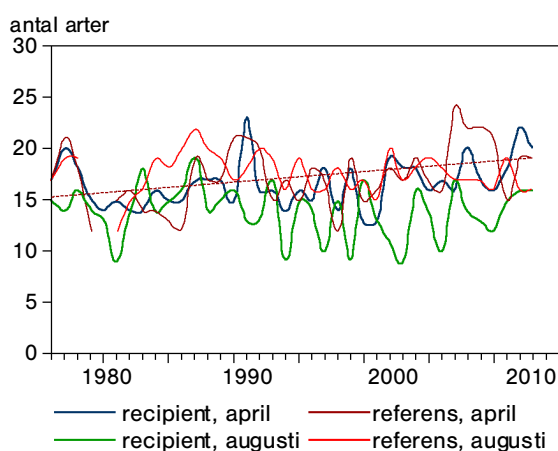
art/taxon	latinskt namn	Ringhals			Horta		Vendelsö		
		2013	2013	trend	2012	2013	2013	2013	trend
lyrtorsk	<i>Pollachius pollachius</i>						<0,01	ns	
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>					0,01	<0,01	ns	
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>						<0,01	ns	
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>						<0,01	ns	
tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>						<0,01	ns	
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>						<0,01	ns	
totalfångst fisk		4,66	4,67	ns	5,91	5,27	4,74	5,95	ns
medelantal arter			15,63	ns				16,30	+*
totalt antal arter		18	37		21	18	17	40	
KRÅFTDJUR									
strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	10,28	9,67	+***	2,81	0,95	1,84	3,40	+***
tångräka	<i>Palaemon sp.</i>	0,01	<0,01	+***	0,01		0,01	0,01	+**
eremitkräfta	<i>Eupagurus sp.</i>					0,02	<0,01		ns
hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0,01	ns			<0,01		-*
maskeringskrabba	<i>Hyas sp.</i>						<0,01		ns
sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0,01	ns			<0,01		ns
totalfångst kräftdjur		10,29	9,67	+***	2,82	0,97	1,85	3,42	+***
totalt antal kräftdjur		2	4		2	2	2	6	

Tabell 4. Samtliga arter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2013. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2013 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2013. ("+"=ökande trend; "-"=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *=p<0,05, **=p>0,01, ***=p<0,001).

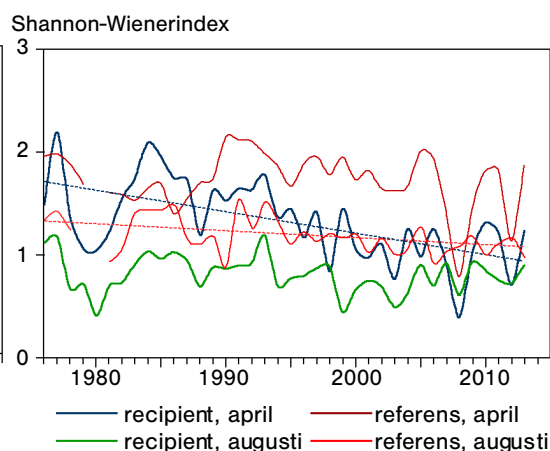
art/taxon	latinskt namn	Ringhals			Horta			Vendelsö		
		2013	2013	trend	2013	2013	trend	2013	2013	trend
skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	26,93	10,62	+**	66,70	39,60	+*	44,02	14,35	+*
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	1,99	1,37	ns	2,11	2,57	ns	2,40	1,99	ns
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>		1,08	ns	0,58	0,51	ns	1,05	0,60	+**
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0,29	0,29	ns	0,07	0,08	ns	0,25	0,30	ns
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,44	0,25	+***	0,22	0,18	ns	0,08	0,15	+**
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,03	0,23	-***	0,09	0,15	ns	0,05	0,09	-**
torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,06	0,10	ns	0,31	0,58	ns	0,20	0,41	ns
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,03	0,05	-**	0,09	0,11	ns	0,01	0,11	ns
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		0,04	ns	0,07	0,05	ns		0,05	ns
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>		0,04	-***	0,14	0,18	ns	0,65	0,56	-**
gråsej	<i>Pollachius virens</i>	0,87	0,03	ns		0,24	ns		0,03	ns
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,03	0,02	ns	0,02	0,01	+***	0,10	0,04	ns
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,04	0,02	-**	0,10	0,10	ns	0,33	0,31	-*
blankål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	ns	<0,01		ns
berggylla	<i>Labrus berggylta</i>	0,01	0,01	-*	0,07	0,05	ns	0,05	0,02	ns
piggvar	<i>Psetta maxima</i>	0,01	<0,01	ns				<0,01		ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,01	<0,01	+*				<0,01		ns
slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns	0,01	0,01	-*

Tabell 4. Forts.

art/taxon	latinskt namn	Ringhals			Horta			Vendelsö		
		2013	medel 1976– 2013	trend	2013	medel 2011– 2013	trend	2013	medel 1976– 2013	trend
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>		<0,01	ns				0,01	<0,01	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns		<0,01	ns
öring	<i>Salmo trutta</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns		<0,01	+
gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0,01	ns						
lyrtorsk	<i>Pollachius pollachius</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns						
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>		<0,01	ns		<0,01	ns			
sill	<i>Clupea harengus</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
grässnult	<i>Centrolabrus exoletus</i>				0,02	0,01	ns			
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>				0,02	0,02	ns		0,05	ns
bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>								<0,01	ns
blågylla	<i>Labrus mixtus</i>					0,01	ns			
fjärsing	<i>Trachinus draco</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
fyrötömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>								<0,01	ns
horngädda	<i>Belone belone</i>								<0,01	ns
makrill	<i>Scomber scombrus</i>					0,01	ns		<0,01	ns
paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>								<0,01	ns
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>								<0,01	ns
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
taggmakrill	<i>Trachurus trachurus</i>								<0,01	ns
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>					<0,01	ns			
totalfångst fisk		30,73	14,17	+	70,64	44,48	ns	49,20	19,09	+
medelantal arter			12,95	ns		19,67	ns		16,58	ns
totalt antal arter		14	29		19	26		14	36	
KRÄFTDJUR										
strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	46,10	38,67	+	18,87	20,49	ns	21,89	17,65	+
tånggräka	<i>Palaemon sp.</i>	0,04	<0,01	+	0,02	0,01	ns	0,05	0,06	+
eremitkräfta	<i>Eupagurus sp.</i>									
hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0,01	ns					<0,01	-
krabba	<i>Cancer pagurus</i>		<0,01	ns		0,01	ns		<0,01	ns
sandräka	<i>Crangon crangon</i>		0,01	ns					0,02	ns
totalfångst kräftdjur		46,14	38,69	+	18,89	20,51	ns	21,93	17,73	+
totalt antal kräftdjur		2	5		2	3		2	5	



Figur 10. Antalet arter fångade varje år i recipientområdet och referensområdet under de två provfiskeperioderna åren 1976–2013. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.



Figur 11. Diversitet (Shannon-Wiener index) i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2013. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.

referensområde. Under 2013 noterades flest arter under april i både recipient- och referensområdet, då 20 respektive 19 olika arter fångades i vardera området. Det förekom inga störningar under fisket 2013.

Diversiteten, uttryckt som Shannon-Wiener index, har under april månad utvecklats olika i recipienten och referensområdet⁵. Diversiteten har minskat under april månad i recipienten⁶, men inte i referensområdet (figur 11). I augusti fanns en vikande trend i referensområdet som inte återfanns i recipienten⁷. Under augusti månad var diversiteten högre i referensen än i recipienten⁸.

Den trofiska nivån har minskat under april månad i referensområdet men inte i recipientområdet⁹. I augusti fanns däremot en signifikant minskning i båda områdena¹⁰ (figur 12). Utvecklingen av trofisk medelnivå i fiskesamhället skiljer sig inte signifikant mellan recipienten och referens för åren 1976–2013, vare sig under april eller under

⁵ Kovariationsanalys, ANCOVA: april $p < 0,05$, $F_{1,71} = 6,13$, $R^2 = 0,44$

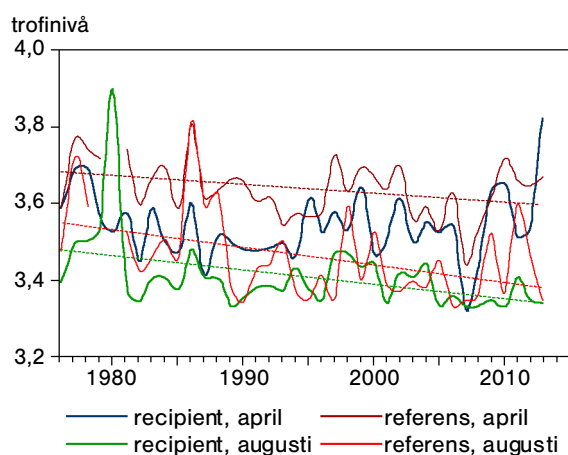
⁶ Linjär regression: Recipient april $p < 0,001$, $R^2 = 0,36$.

⁷ Linjär regression: Referens augusti $p < 0,05$, $R^2 = 0,21$.

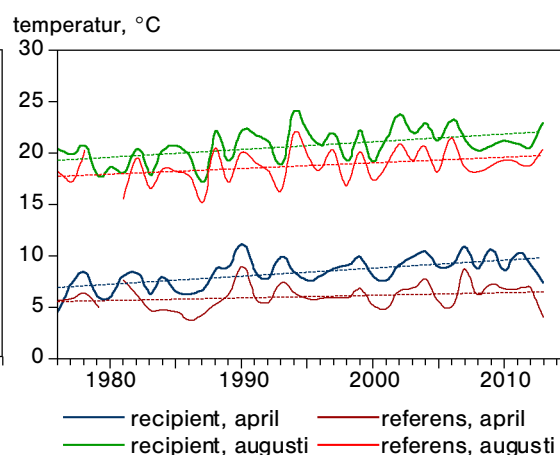
⁸ Kovariansanalys, ANCOVA: augusti $p < 0,001$, $F_{1,70} = 43,95$, $R^2 = 0,60$.

⁹ Linjär regression: Referens april $p < 0,05$, $R^2 = 0,12$.

¹⁰ Linjär regression: Recipient augusti $p < 0,05$, $R^2 = 0,18$; Recipient augusti $p = 0,01$, $R^2 = 0,19$.



Figur 12. Trofisk medelnivå i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2013. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.



Figur 13. Medeltemperatur vid redskapen i samband med vittjning i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2013. Streckad linje anger signifikant trend över tid.

augusti. Däremot har trofinivån varit signifikant högre i referensområdet än i recipienten både under april och augusti¹¹.

Temperaturen i samband med fisket har under hela tidsperioden varit högre i recipientområdet. Temperaturskillnaden mellan recipient och referensområde har i medeltal varit 2,3 grader i april respektive 2,1 grader i augusti¹². Temperaturen vid vittjning har ökat i båda områdena under båda provfiskeperioderna¹³ (figur 13). Ökningen var i storleksordningen 2–3 grader.

4.2.1.1 Total fiskfångst

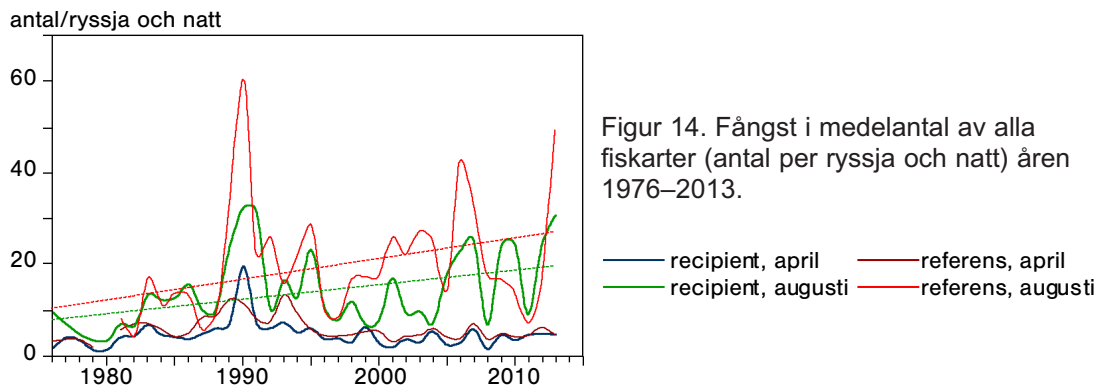
Utvecklingen över tid hos den totala fångsten av alla fiskarter skiljer sig inte mellan de båda områdena för någon av perioderna. Detta gäller för såväl antal som biomassa. Mellanårsvariationerna är stora och sett till antalet fiskar så finns en positiv trend för såväl recipient som referensområde för augusti månad¹⁴ (figur 14). Sett till biomassa finns det däremot en nedåtgående trend för både recipient och referens för

¹¹ Kovariansanalys, ANCOVA: april $p < 0,001$, $F_{1,71} = 25,8$, augusti $p < 0,01$, $F_{1,70} = 8,6$.

¹² Variationsanalys, tvåvägs ANOVA: område $p < 0,001$, $F_{1,145} = 93,3$, månad $p < 0,001$, $F_{1,145} = 2335,1$.

¹³ Linjär regression: Recipient april $p < 0,001$, $R^2 = 0,37$, Recipient augusti $p < 0,05$, $R^2 = 0,06$, Referens april $p < 0,01$, $R^2 = 0,23$, Referens augusti $p < 0,05$, $R^2 = 0,11$.

¹⁴ Linjär regression: CPUE, Recipient augusti $p < 0,01$, $R^2 = 0,18$, Referens augusti $p < 0,05$, $R^2 = 0,15$.



Figur 14. Fångst i medelantal av alla fiskarter (antal per ryssja och natt) åren 1976–2013.

april månads fiske¹⁵. Fångst per ansträngning var signifikant högre i referensområdet än i recipienten¹⁶, medan både fångst per ansträngning och vikt per ansträngning var högre under augusti än i april¹⁷.

4.2.1.2 Varmvattenarter

Här redovisas utvecklingen hos de arter som föredrar varmare vatten och som förekommit i högre tätheter under fisket i augusti än i april (tabell 5). Fem av dessa arter (gulål, skärsnultra, stensnultra, äkta tunga och strandkrabba) har analyserats mer ingående.

Gulål (*Anguilla anguilla*)

Gulål förekom i högre tätheter i recipienten än i referensområdet, både under april och i augusti (tabell 5). Fångsten av gulål har sedan 1976 fluktuerat mellan åren. För aprilfiskena kan ingen trend urskiljas. Däremot visar fångsten under augusti en ökande trend i referensområdet, med avseende på både antal och biomassa¹⁸ (figur 15, tabell 3 och 4). Utvecklingen i recipienten har varit likartad under senare tid, men där finns ingen långsiktig trend under augusti. Under fisket 2013 fångades dock färre ålar än året innan vid bägge fiskena och i båda områdena, förutom i referensområdet under augusti.

¹⁵ Linjär regression: WPUE, Recipient april $p < 0,05$, $R^2 = 0,12$, Recipient april $p < 0,01$, $R^2 = 0,18$.

¹⁶ Variationsanalys: tvåvägs ANOVA: område $\log CPUE$ $F_{1,145} = 7,7$, $p < 0,01$.

¹⁷ Variationsanalys: tvåvägs ANOVA: månad $\log CPUE$ $F_{1,145} = 132,4$, $p < 0,001$, $\log WPUE$ $F_{1,145} = 111,0$, $p < 0,001$.

¹⁸ Linjär regression: Referens augusti_{1982–2013} WPUE $p < 0,01$, $R^2 = 0,25$.

Tabell 5. Resultat av parvisa tester av medelabundans åren 1976–2013 för fem varmvattenarter och sex kallvattenarter. Om variablerna är normalfördelade har skillnad i abundans testats med ett tvåsidigt T-test, men när normalfördelning inte kunnat uppnås har istället ett ickeparametriskt Mann-Whitney U-test använts. Skillnaden i abundans har testats mellan april och augusti samt mellan recipient och referens under respektive fiskeperiod (april och augusti). Om signifikant skillnad i abundans förekommer (p-värde <0,05) listas månaden eller området med högre abundans i kolumnen "Högst abundans".

	april vs augusti			april: recipient vs referens			augusti: recipient vs referens		
	normal-fördelat	P-värde	högst abundans	normal-fördelat	P-värde	högst abundans	normal fördelat	P-värde	högst abundans
gulål	nej	<0,001	augusti	nej	<0,001	recipient	nej	0,002	recipient
skärsnultra	nej	<0,001	augusti	nej	<0,001	recipient	ja	0,36	-
stensnultra	ja	<0,001	augusti	nej	0,99	-	ja	0,008	referens
äkta tunga	nej	<0,01	augusti	nej	0,11	-	ja	<0,001	referens
strandkrabba	nej	<0,001	augusti	ja	<0,001	recipient	ja	<0,001	recipient
oxsimpa	nej	<0,001	april	nej	<0,001	recipient	nej	0,40	-
rötsimpa	nej	<0,001	april	ja	<0,001	referens	nej	<0,001	referens
femtömmad skärlånga	nej	<0,001	april	nej	0,002	recipient	nej	0,82	-
tånglake	nej	<0,001	april	nej	<0,001	referens	nej	<0,001	referens
skrubbskädda	nej	<0,001	april	ja	0,15	-	nej	0,47	-
torsk	nej	<0,001	april	nej	0,02	referens	nej	<0,001	referens

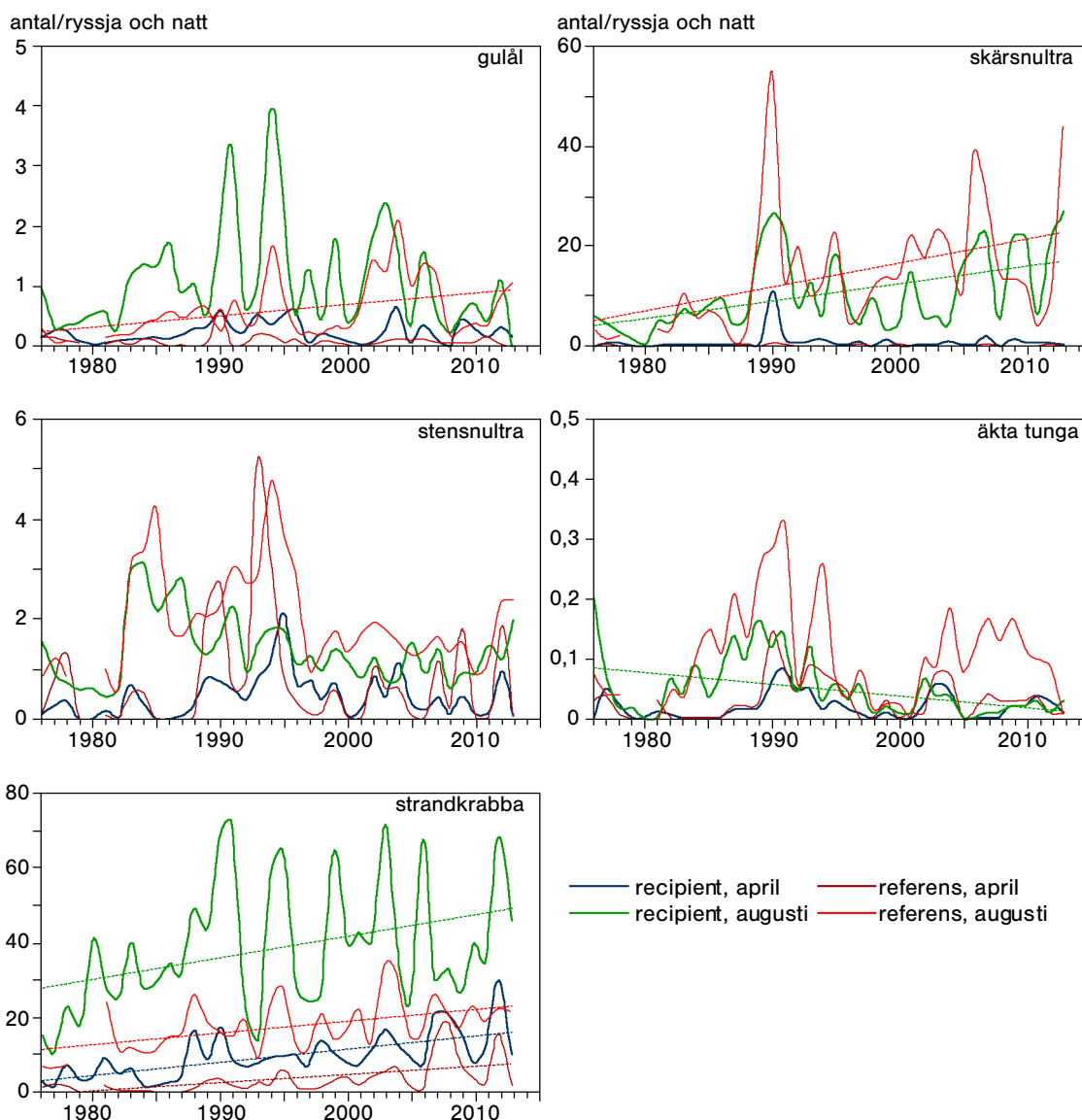
Skärsnultra (*Symphodius melops*)

Skärsnultra är den vanligaste förekommande arten i fiskena (figur 15, tabell 3 och 4). Under april månad har fångsten av skärsnultra i allmänhet varit relativt låg och visar inte någon trend, vare sig i recipienten eller i referensen. Under augusti månad har det sedan provfiskets början skett en ökning av antalet fångade skärsnultror i recipienten, sett till både fångst och biomassa¹⁹. Även fångsten i referensområdet under augusti visar på en ökande trend (tabell 4). I aprilfisket fångades färre skärsnultror 2013 än under 2012, både i recipienten och referensområdet. I augustifisket var förhållandet det omvända med fler individer under 2013 än 2012 i bägge områdena.

Stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*)

Fångsten av stensnultra under april månad har fluktuerat i både recipienten och referensen (figur 15). Störst fångster av arten har dokumenterats under början av 1990-talet. Även under augusti månad har det förekommit stora fluktuationer i både recipienten och referensen. Fångsterna steg kraftigt under första halvan av 1980-talet. De höga fångsterna höll i sig till mitten av nittio-talet, främst i referensområdet. Sett

¹⁹ Linjär regression: Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,05$, $R^2 = 0,14$.



Figur 15. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna gulål, skärsnultra, stensnultra, äkta tunga och strandkrabba för områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976–2013. En streckad linje anger linjär trend över tid.

över hela tidsperioden kan dock ingen trend urskiljas för något av fiskena, vare sig för fångst per ansträngning eller biomassa. I jämförelse med 2012 så fångades det 2013 färre fiskar under aprilfisket och fler under augustifisket.

Äkta tunga (*Solea solea*)

Äkta tunga är en art som föredrar varmare vatten och arten förekommer mer frekvent i fångsterna i augusti än i april (tabell 5, figur 15). De låga fångsterna under april

kan vara en orsak till att ingen trend kan urskiljas för något av områdena. Sedan provfisket startade har fångsten av äkta tunga minskat i recipienten under augusti, sett till både antal och biomassa²⁰ (tabell 4). Fångsten i referensen men visar däremot ingen trend över tid. Det fångades färre individer under 2013 än 2012, med undantag för referensområdet i augusti, som var i paritet med 2012.

Strandkrabba (*Carcinus maenas*)

Strandkrabba är den mest dominerande arten i fisket sett till hela perioden sedan undersökningarna startade (figur 15, tabell 3 och 4). Arten är vanligare i augusti än i april och med högre fångster registrerade i recipienten än i referensområdet (tabell 5, figur 15). Fångsten av strandkrabba visar på en ökande trend till både antal och biomassa, sedan undersökningarna började, i såväl båda fiskeperioderna som i båda områdena²¹ (tabell 3 och 4). Däremot var fångsterna mindre under 2013 än i 2012 års fisken.

4.2.1.3 Kallvattenarter

Här redovisas arter som trivs bättre i kallare vatten och därför har en högre abundans under fisket i april än i augusti (tabell 5). Sex av dessa arter (oxsimpa, rötsimpa, femtömmad skärlånga, tånglake, skrubbskädda och torsk) har analyserats mer ingående.

Oxsimpa (*Taurulus bubalis*)

Fångsten av oxsimpa visar på en minskande trend till både antal (tabell 3 och 4) och biomassa²² i såväl recipient och referens som vid bägge inventeringstillfällena, sett till hela undersökningsperioden. Abundansen av oxsimpa har varit generellt högre i recipienten än i referensområdet under april, medan ingen skillnad mellan områden

²⁰ Linjär regression: Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,01$, $R^2 = 0,18$.

²¹ Linjär regression: Recipient april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,31$.

Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,32$.

Referens april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,28$.

Referens augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,56$.

²² Linjär regression: Recipient april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,05$, $R^2 = 0,16$.

Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,49$.

Referens april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,05$, $R^2 = 0,13$.

Referens augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,01$, $R^2 = 0,22$.

kunde påvisas för augusti (tabell 5). Fångsterna under 2013 var i paritet med, eller något högre än vad som registrerades under 2012.

Rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*)

Rötsimpa har minskat i recipientområdet sedan undersökningarna startade (figur 16, tabell 3 och 4). Minskningen kan urskiljas både för antal och biomassa²³. Samma negativa trend kan även ses för biomassa i referensområdet i aprilfisket och för både abundans och biomassa i samma område i augusti²⁴. Arten verkar trivas bäst i referensområdet, då förekomsten varit högre där under såväl april som augusti (tabell 5). Rötsimpopor var mera talrika i alla fiskena 2013 i relation till 2012, undantaget aprilfisket i referensområdet (figur 16).

Femtömmad skärlånga (*Ciliata mustela*)

Fångsterna av femtömmad skärlånga har fluktuerat mycket på båda lokalerna, med toppar framför allt under nittioalet. Sedan början 2000-talet har förekomsten i fisket varit relativt låg och stabil. Inga trender kan urskiljas för arten, varken i april- eller augustifiskena (figur 16). Arten var vanligare i referensområdet under april medan ingen skillnad fanns under augusti (tabell 5). Fångsten under 2013 var i paritet med vad som registrerades under 2012.

Tånglake (*Zoarces viviparus*)

Tånglaken har genomgående varit vanligare i referensområdet än i recipientområdet (tabell 5). Fångsten av tånglake, både avseende antal och biomassa²⁵, har minskat sedan undersökningarna inleddes 1976 under såväl april som augusti i båda områdena (figur 16, tabell 3 och 4). Fångsten under 2013 var större än 2012 i alla fisken, undantaget recipienten i augusti, där inga tånglakar fångades.

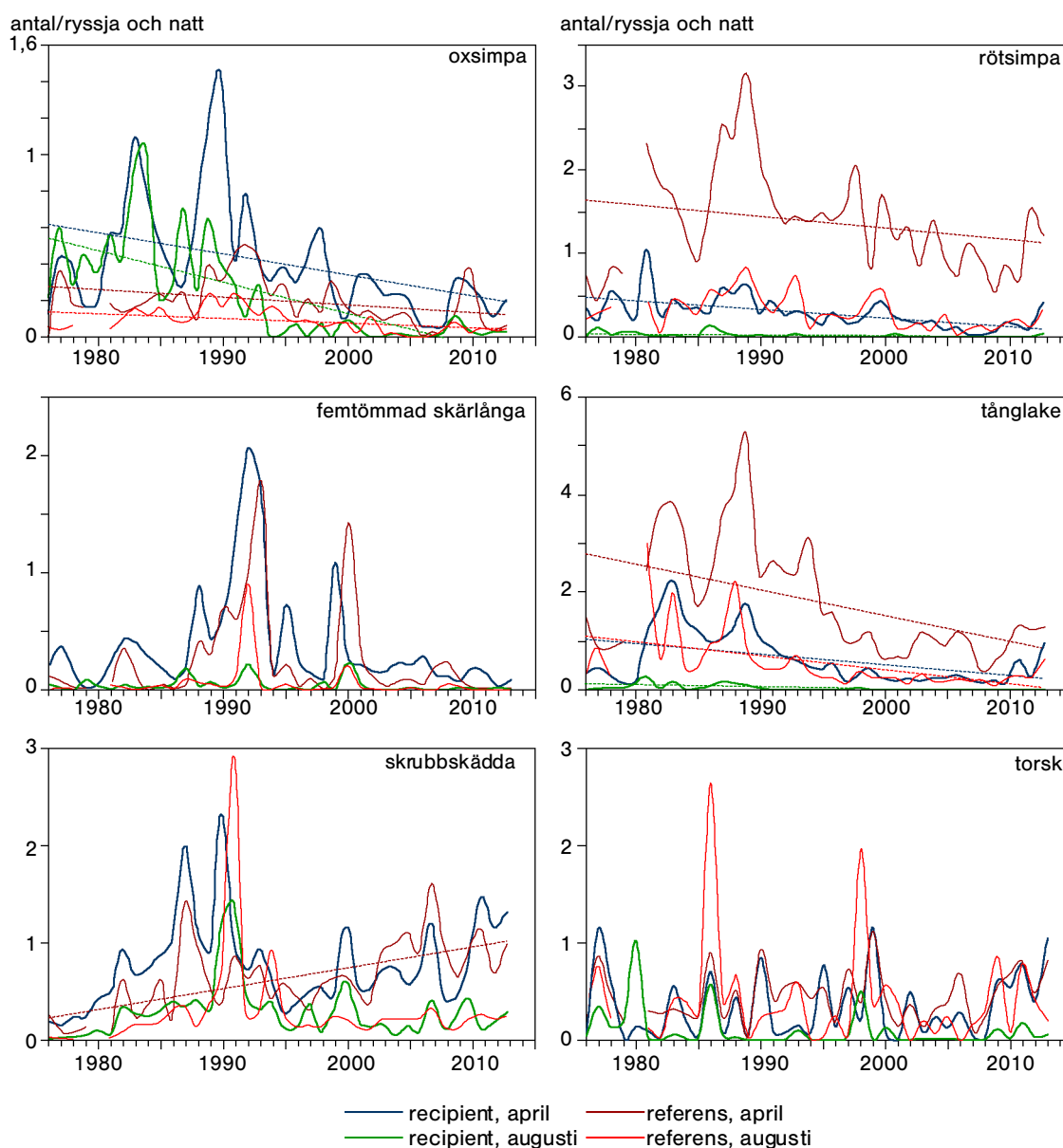
²³ Linjär regression: Recipient april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,38$.
Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,01$, $R^2 = 0,23$.

²⁴ Linjär regression: Referens april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,05$, $R^2 = 0,16$.
Referens augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,32$.

²⁵ Linjär regression: Recipient april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,30$.
Recipient augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,29$.
Referens april₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,37$.
Referens augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,31$.

Skrubbskädda (*Platichthys flesus*)

Fångsten av skrubbskädda skiljer sig inte mellan områdena (tabell 5). Störst fångster har registrerats från mitten av 1980-talet fram till mitten av 1990-talet (figur 16). I referensområdet har det sedan fisket startade 1976 skett en ökning av antalet fångade skrubbskäddor under april (tabell 3), däremot har ingen ökning av biomassan kunnat påvisas. Vid övriga fisken har ingen trend kunnat urskiljas för något av fiskeområdena,



Figur 16. Fångst i medelantal per ryssja och natt av oxsimpa, rötsimpa, femtömmad skärlånga, tånglake, skrubbskädda och torsk i områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976–2013. En streckad linje anger linjär trend över tid.

vare sig i antalet fiskar eller biomassa. Vid alla fisken under 2013 fångades det fler skrubbskäddor än under fiskena 2012.

Torsk (*Gadus morhua*)

Fångsten av torsk har fluktuerat mycket under åren, både till antal och biomassa (figur 16). Den enda trenden som kan påvisas är en minskning i biomassan av torsk i recipienten under augustifisket²⁶. Torsk visar på en högre förekomst i referensen i relation till recipienten (tabell 5). Under 2013 fångades fler torskar vid alla provtagningar undantaget augustifisket i referensområdet jämfört med 2012.

4.2.1.4 Nytt område vid Norra Horta.

Norra Horta är ett tidvis påverkat område som ligger tre kilometer söder om Ringhals kylvattenutsläpp. Norra Horta fiskades för första gången under augusti 2011. Medeltemperaturen under fisket 2013 var 6 °C i april och 20 °C under augustifisket. Medeltemperaturen vid Norra Horta låg mellan recipient och referens under båda perioderna. Då det endast finns provfiskedata från augusti 2011 till 2013 samt från april 2012 och 2013 har inga djupare analyser gjorts av resultaten.

Under april 2013 dominerades fisksamhället av torsk. Torskarna var mera talrika här än i både recipient och i referensområdet vid Vendelsö (tabell 3). Även tånglake och rötsimpa hörde till de vanligaste arterna i fångsten. Tånglaken var vanligare i både recipient och referens än i Horta, medan abundansen av rötsimpa var lägre än i referensområdet men högre än i recipienten. Strandkrabbor var något mindre vanliga i Horta än i såväl referens som recipient. Samhället i augusti dominerades i likhet med övriga områden av skärsnultra. Fångsten av skärsnultra var större i Horta än i både recipienten och referensen sammantaget (tabell 4). Ett flertal arter däribland torsk, oxsimpa, äkta tunga, berggylta, och femtömmad skärlånga fångades i större utsträckning i Horta än i recipienten och referensområdet vid Vendelsö.

²⁶ Linjär regression: Referens augusti₁₉₈₂₋₂₀₁₃ WPUE $p < 0,05$, $R^2 = 0,10$.

4.3 Sjukdomskontroll.

Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de utförda provfiskena. Under april noterades totalt fyra skadade fiskar, tre vid Vendelsö och en vid Norra Horta. Två skrubbskäddor med *Lymfocystis*, bölder på huden orsakad av virus, samt en torsk med ryggradskrökning fångades vid Vendelsö. Vid Norra Horta noterades en torsk med hudsår. I april observerades inte någon sjuk fisk vid Ringhals.

Under augusti fångades totalt 29 fiskar med sjukdomssymptom, varav två på Norra Horta och 27 vid Ringhals utsläpp. Inga sjuka fiskar noterades vid Vendelsö. Vid Norra Horta bokfördes två sjuka skärsnultror, en med ryggradskrökning och en med en tumör. Vid Ringhals noterades två skrubbskäddor och 24 skärsnultror med fenröta samt ytterligare två skärsnultror med ryggradskrökning. Vid Ringhals utsläpp har det aldrig tidigare noterats så många fiskar med fenröta. Fenrötan syntes tydligast på stjärtfenan som var betydligt kortare och med en jämn sårkant utan uppstickande fenstrålar. Även på läpparna och kring munnen gick det att se tecken på infektion. Fenröta orsakas av bakterier.



Fenröta hos skärsnultra.
Foto: Björn Fagerholm.

4.4 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Fem lokaler inventerades med avseende på fastsittande fauna och flora under juni 2013. Inventeringen utfördes genom att lägga ut fem dyktransekter per lokal. Lokalerna närmast utsläppet av kylvatten var Ringhals samt norra och södra Båtafjorden. Norra Horta ligger strax söder om Ringhals, och där lades en lokal ut som har sporadisk kontakt med kylvattenutsläppet då vindar och strömmar för vattnet söder ut. Längst ifrån utsläppet ligger Vendelsö, norr om Ringhals udde, och där placerades en lokal som saknade påverkan ifrån kylvattnet.

Inga nya förekomster av främmande arter hittades under årets undersökning. Sammanlagt registrerades 60 taxa av alger, två habitatsbildande arter av fauna samt en högre växt och en svampart. Bland algerna påvisades två främmande arter, rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och sargassosnärja (*Sargassum muticum*). Den enda främmande art från djurriket som noterades var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*). Samtliga tre arter är kända och etablerade på svenska västkusten sedan många år (tabell 6–8).

I de slumpade ramproverna noterades sargassosnärja vid Ringhals samt vid Båtafjordens södra lokal (tabell 7). Inga främmande arter noterades i ramprover från djup över 3 meter.

Fyra extra linjetaxeringar med fokus på främmande arter utfördes parallellt med huvudtransekten, vilket innebär att fem transekter inventerades på varje lokal. Totalt påträffades tre främmande arter vid dessa linjetaxeringar (tabell 8). Vid Ringhals utsläpp fanns sargassosnärja och rödsvansing på samtliga fem profiler. Japanskt jätteostron noterades enbart i enstaka exemplar i en transekt, huvudtransekten. Vid dykplatserna i norra Båtafjorden påvisades sargassosnärja i samtliga transekter och rödsvansing i två av fem transekter. Vid södra Båtafjorden fanns ingen rödsvansing, men sargassosnärjan påträffades i fyra av fem transekter. Japanskt jätteostron påträffades enbart som enstaka exemplar i en profil utav fem, vid både norra och södra

Tabell 6. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) dominerande. Arterna i fetstil är främmande och invasiva arter.

	Ringhals utsläpp	Båtafjorden norra	Båtafjorden södra	Norra Horta	Vendelsö	
grönalger	Bryopsis hypnoides			1	1	
	Chaetomorpha melagonium				1	
	Cladophora rupestris			1	1	
	Cladophora spp.	3	1	1	1	
	Spongomorpha aeruginosa			3	1	
	Ulva flexuosa	2				
	Ulva lactuca	2				
	Ulva prolifera	2				
	ulva spp.		2	1		1
brunalger	Chaetopteris plumosa				1	
	Chordaria flagelliformes	2	1	1	1	
	Cladophora spp.				1	
	Chorda filum	1	1	1	2	2
	Desmarestia aculeata		2			2
	Desmarestia viridis	2			2	
	Dictyosiphon foeniculaceus		1	1	1	1
	Ectocarpus fasciculatus		2	2		1
	Ectocarpus/Pilayella*	3	2	3	3	3
	Elachista fuciola	2	1	1	1	1
	Fucus serratus	1	3	3	1	2
	Fucus vesiculosus	1	2	1		
	Halidrys siliquosa	1			2	2
	Laminaria digitata		1		2	1
	Punctaria tenuissima			1		1
	Saccharina latissima				2	1
	Sargassum muticum	2	2	1		1
	Scytosiphon lomentaria				2	
	Sphacelaria cirrosa		1	3		1
	Sphaerotrichia divaricata			1		1
rödalger	Aglaothamnion hookeri				1	
	Ahnfeltia plicata		1	1	1	3
	Antiithamnion cruciatum	2				
	Broggiartella byssoides	2	1	1	2	1
	Callithamnion corymbosum		1	1		
	Ceramium sp.	3	2	1		1
	Ceramium tenuicorne	2			3	1
	Ceramium virgatum	2	2	2	3	1
	Chondrus crispus	2	2	3	2	2
	Coccotylus/Phyllophora*	3	3	3	3	3
	Corallina officinalis					1
	Cystoclonium purpureum	3	2	1	3	3
	Dasya ballouviana	1	1			
	Delesseria sanguinea				3	1
	Dumontia contorta		1	1		
	Furcellaria lumbricalis	2	3	2	2	3
	Hildenbrandia rubra					1
	Lithothamnion/Phymatolithon*	3	2	3	2	3
	Membranoptera alata		1	1	2	2
	Odonthalia dentata			1		
	Phycodrus rubens	2	1		3	2
	Plumaria plumosa					1
	Polyides rotundus	2		1	1	
	Polysiphonia elongata	2	3	2	3	1
	Polysiphonia fibrillosa	2	2	2	3	1
	Polysiphonia fucoides	3	3	2	3	1
	Polysiphonia spp.	3		3	3	1
	Polysiphonia stricta	2		1	2	1
	Porphyra sp.				2	
	Rhodomela confervoides		1		2	2
Spermothamion repens	2	1	1	2	2	
svamp				1	2	
växt			1			
fauna			1			
Crassostrea gigas	1		1			
Mytilus edulis	2	1	1	3	2	

*svåra att skilja åt

1

enstaka

2

vanlig

3

talrik

Båtafjorden. Vid lokalen på Norra Horta påträffades inga främmande arter. På Vendelsölokalen noterades enstaka exemplar av sargassosnärja i en transekt (tabell 8).

Tabell 7. Främmande arters täckningsgrad i procent, medelvärden av tre slumpade ramar (0,5x0,5 m) per djup i huvudprofilen.

art/djup	medelvärde av täckningsgrad i %				
	Ringhals utsläpp	norra Båtafjorden	södra Båtafjorden	Norra Horta	Vendelsö
sargassosnärja					
djup 1 m	5	0	5	0	0
djup 3 m	25	0	0	0	0

Tabell 8. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter. Transekt C i tabellen motsvarar huvudtransekten. Täckningsgraden är given efter en tregradig skala; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 dominerande.

område	transekt	brunalg sargasso- snärja	rödalg röd- svansing	fauna japanskt jätteostron
Ringhals utsläpp	A	3	1	
	B	3	1	
	C	3	2	1
	D	3	1	
	E	3	1	
Båtafjorden norra	A	2		
	B	2	1	
	C	2	1	
	D	2		
	E	2		1
Båtafjorden södra	A	1		
	B	2		
	C	2		1
	D			
	E	2		
Norra Horta	A			
	B			
	C			
	D			
	E			
Vendelsö	A			
	B			
	C*	1		
	D			
	E			

C=huvudtransekt

5 Diskussion

5.1 Kylvattenintaget

Undersökningen syftar till att göra en uppskattning av hur stor mängd av de respektive arterna som går förlorade i intagskanalen. Förlusten kan ställas i relation till vilken skada den ger. Både för ägg, larver och yngel är effekten på beståndet beroende av arternas levnadsmönster. Hos de stationära arterna, som rötsimpa, kan man teoretiskt förvänta sig lokala effekter redan vid relativt små förluster. 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 beståndet riskerar att påverkas negativt. Bergström m. fl. (2009) redovisar en beräkning av tänkbara skador och kommer till slutsatsen att påverkan på kommersiella arter sannolikt är begränsad, men inte obefintlig för exempelvis ål och sill. Likaså kan utslagningen i kylvattenvägarna möjligen ha bidragit till den negativa utvecklingen för vinterlekande kustarter som rötsimpa och tejustefisk.

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. Den skada som kan uppkomma genom utslagningen kan alltså påverka fiskpopulationer med mycket stora utbredningsområden. 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. Mera välutvecklade yngel, som glasål och yngel av höstlekande sill, representerar bestånd med ett mycket stort utbredningsområde, vilket stärker antagandet om små effekter på beståndsnivå. Den stabila utvecklingen hos fångsten av gulål i provfisket med ryssjor talar dessutom emot en negativ effekt på gulålsbeståndet i närområdet. Den starkt negativa utvecklingen av glasålsförekomsten i kylvattenintaget understryker dock det allvarliga läget för ålrekryteringen i stort till Europa.

Utslagning av de relativt stora och välutvecklade larverna av arter som leker vintertid vid kusten i närområdet har troligen störst sannolikhet att leda till effekter på beståndsnivå. Rötsimpa är en av de arter som förekommer i provtagningen av både larver och vuxen fisk. Utvecklingen var negativ över en längre tid i båda fallen och en effekt kan alltså inte uteslutas. Tillbakagången för kallvattenarter som rötsimpa och tånglake kan dock sannolikt även kopplas till en generell uppvärmning av havsvattnet under senare decennier och en motsvarande utveckling hos tånglake kan ses i det nationella referensområdet i Fjällbacka (SLU 2014). Ett trendbrott för rekryteringen av rötsimpa vid Ringhals tycks dock ha inträffat vintrarna 2012 och 2013 och har även skett i Fjällbacka efter 2011.

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 i Kattegatt, vilket innebär att variationer i haloklinens läge medverkar till stora variationer hos observerade tätheter på en kort tidsskala och även bidrar till mellanårsvariationer. 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 främmande fiskarter vid västkusten. Under provtagningen 2011 fångades tre arter som inte fångats tidigare, dessa var långa, tångsnärta samt en gobid av hittills obestämd art. Under tidigare år har sydligare arter påträffats i intagsvattnet som fenknot, tjockläppad mulle, havsabborre och prästfisk.

Provtagningen sker enbart vinter och vår. Att det bara provtas på våren beror på att stora mängder maneter och fintrådiga alger försvårar provtagningen under sommar och höst, men i första hand på att de viktigaste kommersiella arterna leker under denna tid eller förekommer rikligt i den fria vattenmassan. Den begränsade provtagningsperioden kan dock innebära att påverkan på vissa arter kan underskattas.

5.2 Kontroll av utsläppstub från silstation

Det är svårt att uppskatta hur mycket av fisken som klarar att pumpas ut från rensanläggningarna vid kraftverket. Död fisk eller skadad fisk som går med ut till havs äts upp av måsfåglar, skarvar eller krabbor och det har hittills inte observerats några ansamlingar av döda fiskar i anslutning till utsläppspunkten på havsbotten. Det som syns runt mynningen är stora mängder musselskal efter blåmusslor. Påväxt av fintrådiga alger på makroalgerna, stenar samt själva tuben skulle kunna bero på förhöjda närsalthalter i närområdet till följd av utsläpp av organiskt material. I övrigt görs bedömningen att påverkan på bottenarna i anslutning till utsläppstuben är relativt små.

5.3 Fisksamhällets utveckling

Den mest tydliga förändring som observerats i det kylvattenpåverkade området är att fisksamhället under april har förändrats mot en lägre diversitet. Denna utveckling ses inte i referensområdet, vilket tyder på en förändring till följd av kylvattenpåverkan. En annan samhällsindikator som förändrats i recipienten är den trofiska medelnivån. Denna har minskat under augusti månad och en tendens till nedgång ses även i referensområdet. Trots den observerade förändringen hos två av samhällsindikatorerna ses ingen förändring i total fisktäthet eller hur många arter som förekommer i det påverkade området. Utvecklingen mot en lägre diversitet kan förklaras av en ökande dominans av enskilda arter. Strandkrabbans ökning, tillsammans med en kraftig tillbakagång kallvattenarter som rötsimpa och tånglake, ligger sannolikt bakom den observerade utvecklingen på våren i recipienten. En positiv utveckling av fångsten av skärsnultra förklarar sannolikt den allt lägre trofiska nivån under sommaren, tillsammans med en tillbakagången för kallvattengynnade arter.

Fångsten i april har minskat med avseende på biomassa men inte till antalet i båda områdena under april. Detta innebär att de fiskar som fångas har en lägre medelvikt än tidigare. Andelen småvuxna arter och individer har alltså fått ett större genomslag i takt med att tidigare dominerande kallvattenarter som rötsimpa och tånglake har gått tillbaka.

En starkt negativ utveckling i recipienten hos tidigare vanliga kallvattenarter som simpa och tånglake och tydliga skillnader i förekomst mellan påverkansområde och referens är sannolikt tecken på en negativ påverkan på dessa arter av kylvattenutsläppet. Denna påverkan tenderar att öka med tiden, vilket sannolikt kan kopplas till både ökande värmetillförsel från kraftverket och en ökande bakgrundstemperatur under de senaste decennierna (Bergström m. fl. 2009, SLU 2014). Det är rimligt att tänka sig att den generella uppvärmningen av havsvattnet kan ha bidragit till en negativ utveckling även i områden som inte påverkas av uppvärmt kylvatten. Någon motsvarande negativ utveckling ses inte hos arter som klassificeras som varmvattengynnade, exempelvis gulål, skärsnultra och strandkrabba, som är de tre arter som dominerar i det mest kylvattenpåverkade området under högsommaren.

De förhållandevis stabila fångsterna av gulål i området avspeglar inte den vikande förekomsten av ålyngel i Ringhals och den negativa utveckling hos rekryteringen hos ål som observerats i Sverige och Europa (ICES 2013). Detta talar emot att kylvattenanvändningen haft en negativ påverkan på ålbeståndets utveckling i närområdet, vare sig genom dödlighet i kylvattenvägarna eller genom direkt påverkan av uppvärmt kylvatten i recipienten. Ett allt mindre fisketryck under senare år och ökande bakgrundstemperaturer under 1990- och 2000-talen har sannolikt bidragit till utvecklingen hos fångsten av gulål.

Alla vanliga kallvattenarter har i medeltal förekommit i högre tätheter i april än i augusti. Samtliga kallvattenarter, undantaget skrubbskädda, har antingen minskat eller haft en neutral utveckling sedan provtagningarna började, såväl i recipient som i referensområde, vilket talar för en effekt av generellt stigande bakgrundstemperaturer. Skrubbskädda är den enda kallvattengynnade arten som visar på en signifikant ökning, vilket har skett i referensområdet under april. Skrubbskädda och torsk har en annorlunda reproduktionsstrategi än tidigare nämnda kallvattenarter, med pelagiska ägg och larver som svävar i den fria vattenmassan under flera veckor och således kan

transporteras långa sträckor med strömmarna. De räknas här till kallvattenarterna, men ungfiskar av i synnerhet skrubbskäddan uppträder på grunt vatten även under sommaren och skyr inte höga temperaturer som äldre fiskar, vilket kan ha bidragit till det avvikande mönstret för arten i referensområdet.

Förekomsten av oxsimpa, rötsimpa och tånglake har minskat kraftigt i både recipient och referensområde, i synnerhet sedan slutet av 1980-talet. Påverkan av kylvatten i recipienten och en naturligt stigande bakgrundstemperatur har redan framförts som tänkbara orsaker till denna utveckling. Dessa tre arter leker dock eller föder sina ungar under vintern och alla tre arterna förekommer i den provtagning som görs i kylvattenintaget. Dessa arter har också en reproduktionsstrategi som innebär att en större energi investeras i varje enskilt yngel än hos exempelvis plattfiskar och torsk. Man kan alltså inte utesluta en påverkan på de lokala bestånden genom utslagning av unga livsstadier i kylvattenvägarna. Mönstret tycks dock ha brutits för rötsimpan, genom en till synes mycket framgångsrik reproduktion vintern 2012. Det är möjligt att de senaste årens kalla vintrar har bidragit till denna utveckling.

5.4 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Alg- och faunainventeringen utfördes genom en traditionell linjetaxering med dykare. Fokus var att upptäcka nya främmande arter samt att kartera de främmande arter som redan fanns på plats. Inga nya arter för västkusten hittades i dykkarteringen, men däremot tre främmande arter som redan är etablerade på kusten. Sargassosnärlja hittades första gången vid Bua 1992–93 och utvecklade vid Ringhals ett av landets kraftigaste bestånd 1996 (Karlson 1997). Rödsvansing upptäcktes 1952 i Sverige och är nu spridd från norska gränsen till mellersta Halland (Gustavsson 1999). Japanskt jätteostron är en art som först upptäcktes sommaren 2007 på västkusten och som nu finns etablerad från Strömstad ner till Halland.

Resultaten från 2012 och 2013 representerade juni månad, till skillnad från 2011, då undersökningen genomfördes under september. Artförekomsten på lokalerna under

2012 och 2013 gav liknande resultat som 2011 med avseende på artantal och antal främmande arter. Det som skilde sig främst var en grönalgart (*Codium fragile*) som inte återfanns på Vendelsö. Ytterligare en skillnad var att de två ”förväxlingsarterna” som tidigare bokfördes under ett tvåartskomplex japantofs/ kandelaberdun (*Bonnemaisonia hamifera/Spermatothamnion repens*) under de båda senare åren bestämdes till att vara enbart kandelaberdun (*Spermatothamnion repens*). Japantofs räknas som en främmande art på västkusten, trots att den är etablerad sedan lång tid tillbaka (Axtelius & Karlsson 2004). Eftersom japantofs inte kunde verifieras i några prov från 2012 och 2013, har klassningen ändrats till att enbart gälla den inhemska arten kandelaberdun.

De ramprover som togs utefter huvudprofilen gav inte lika tydliga resultat avseende förekomst av främmande arter som transektyken, vilket sannolikt berodde på att den yta som studerades var liten jämfört med en hel linjetransekt med två dykare i bredd. Metoden att studera utslumpade provtytor kan av denna anledning ifrågasättas och bör övervägas inför framtida övervakning.

Båtafjorden är ett intressant grundområde alldeles sydost om Ringhals, som Länsstyrelsen speciellt angett som en plats där främmande arter potentiellt skulle kunna samlas och etableras. Resultaten hittills bekräftar detta antagande. Samtliga tre främmande arter registrerades där 2013.

Dykinventeringarna under 2011–2013 har bekräftat att främmande arter som redan etablerat sig på olika platser längs hela västkusten även förekommer vid Ringhals, då i första hand sargassosnärja och rödtofsing, men även japanskt jätteostron. En gynnsam livsmiljö tycks finnas i det varmare vattnet i anslutning till kylvattenutsläppen från Ringhals och i den närliggande mer skyddade miljön inne i Båtafjorden. Några tecken på en omfattande spridning därifrån till omgivande lokaler kan däremot inte bekräftas.

6 Erkännanden

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

7 Referenser

Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket. Naturvårdsverket rapport 3071.

Andersson, J. (1980). Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979–1980. Naturvårdsverket meddelande. Statens Naturvårdsverk PM 1346.

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 15 s.

Axelius, B. & Karlsson J. (2004). Japanplym, ny rödalga för Sverige. Svensk Botanisk Tidskrift 98:5.

Bergström, L., Jansson M., Sundqvist F. & Andersson J. (2009). Biologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1979–2007. Fiskeriverket, FINFO 2009:2. 33 s.

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

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

ICES (2013). Report of the 2012 Session of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels. ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:18.

Karlson, J. (1997). Utbredningen av Sargassosnärlja – *Saragassum muticum* – vid svenska västkusten 1996. Slutrapport till Världsnaturfonden, WWF, 10 s.

Kautsky, H. (1999). Miljöövervakning av de vegetationsklädda bottarna kring Sveriges kuster. Mimeogr.version 20040513. Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet. 33 s.

Liungman O, Karlsson A. & Lindahl S. (2002). Simuleringar av kylvattenplymer från Ringhals kraftverk. SMHI rapport nr 43, 2002, SMHI Norrköping.

Naturvårdsverket. (2004). Handledning för miljöövervakning. Undersökningstyp, vegetationsklädda bottenar, ostkust, Version 1. 2004-04-27.

Olsson, I. (1993). Miljö och fisk i Skagerack, Kattegatt, Öresund och Bälten. Nord 1993:21.

SLU (2014). Faktablad – övervakning av fisk vid kusten. <http://www.slu.se/sv/institutioner/akvatiska-resurser/miljoanalys/datainsamling/provfiske-vid-kusten/provfiske-faktablad/>

Thoresson, G. (1996). Metoder för övervakning av kustfiskebestånd. Kustrapport 1996:3.

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

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

Västerbygdens vattendomstol (1969). Dom A 10/1969.

