



# Aqua reports 2018:5

## **Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö**

Årsrapport för 2017

Karin Svanfeldt



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

## Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö

Årsrapport för 2017

Karin Svanfeldt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,  
Kustlaboratoriet, Skällåkra 71, 432 65 Väröbacka

Mars 2018

Aqua reports 2018:5  
ISBN: 978-91-576-9561-1 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:

[karin.svanfeldt@slu.se](mailto:karin.svanfeldt@slu.se)

Rapportens innehåll har granskats av:

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

Katarina Magnusson, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge: Svanfeldt, K. (2018). Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö, Årsrapport för 2017. Aqua reports 2018:5. **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 43s.

Nyckelord: Provfiske, pappersmassafabrik, ål, miljöövervakning.

Rapporten kan laddas ned från:

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

Chefredaktör:

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

Uppdragsgivare & finansier:

Södra skogsägarna Ekonomisk förening, Södra Cell Värö.

Framsida: Provfiske Värö. Foto: Björn Fagerholm.

Baksida: Provfiske Värö. Foto: Björn Fagerholm.

## Sammanfattning

Södra Cell Värö är ett aktivt massabruk med fortlöpande produktion sedan 1971. Fram till 1993 använde Södra Cell Värö metoden klorblekning i framställandet av sina produkter, varefter endast klorfri blekning (TCF) nyttjades fram till 2016. Efter en expansion av verksamheten började Södra Cell 2016 att kombinera TCF med elementärt klorfri blekning (ECF). Eftersom både TCF och ECF är långt mindre miljöskadliga än klorblekning, kan dessa metoder ha negativa effekter på närområdet. I denna rapport har effekter och miljöpåverkan av Södra Cell Värös verksamhet undersökts, med fokus främst på livet i den marina omgivningen. Undersökningarna omfattar analyser av effekten Södra Cell Värös dammanläggning har för uppvandringen av ålyngel, statusen för fisk- och evertebratsamhället i recipientområdet över tid, och inverkan på botten i området kring brukets utsläppstub. Undersökningen har varit årligt fortskridande under perioden 1983-2017, där recipientområdet vid Södra Cell Värö jämförs med ett närliggande referensområde, Ustö. Uppvandringen av ålyngel undersöks årligen från april-september med hjälp av fyra ålyngelledare i dammanläggningens mynning. Den totala fångsten per ansträngning har vägts och individvikt beräknats. Medelvikten ålyngel per dag har sedan analyserats över tid. Fisk- och evertebratsamhället har undersökts genom årliga trålningar utförda i september, både i recipientområdet, Värö, och i referensområdet. Från trålningarna har antalet fiskar, antalet arter, diversitet, och den genomsnittliga trofiska nivån i fiskesamhället analyserats. Jämförelser har gjorts mellan recipient- och referensområdet över tid. Effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala botten har undersökts med filmning och visuell analys av bottenområdet kring tuben. Fångsten av uppvandrande ålyngel har totalt sett minskat över tid från undersökningarnas början, men har ökat under den senaste 10-årsperioden. Fångsten av ålyngel kan inte kopplas till Södra Cell Värös verksamhet, utan beror snarare på globala trender i ålrekrytering. Mängden fisk, sett till antal, i fångsten har varken ökat eller minskat över tid, varken i recipientområdet eller i referensområdet, och skilde sig inte åt mellan de två områdena.

## Summary

Södra Cell Värö is an active pulp mill, with an ongoing production since 1971. Until 1993, Södra Cell Värö used chlorine as part of their bleaching methods. After this period and up until 2016, total chlorine free bleaching (TCF) was applied instead of the previous method, in an attempt to reduce the environmental impact. In 2016, the company expanded its production, and started combining TCF with elementary chlorine free bleaching (ECF). Whereas both TCF and ECF have a far milder environmental impact than bleaching using elementary chlorine, both of these alternative methods may still have negative impacts on the surrounding environment. With this report, the aim is to investigate the environmental impacts of Södra Cell Värö, with a focus on the marine biota. Analyses were made on the potential effects of the damming in the river Viskan on the upstream migration of juvenile eel, the status of the fish and invertebrate community in the recipient of Södra Cell Värö, and the potential effects of the emission tube of Södra Cell Värö on the surrounding seafloor. Investigations have been conducted yearly during 1983-2017, where the recipient of Södra Cell Värö has been compared to a reference area in the vicinity, the Ustö archipelago. The migration of juvenile eel has been monitored yearly during April-October using four catchment channels attached to the mouth of the dam. The catch per unit effort was weighed, and weight per individual eel calculated from random sampling. The average weight caught per day was then analyzed over time. The fish and invertebrate community were monitored in September by yearly trawling trials, both in the recipient area of Södra Cell, and in the reference area. From the trawl catchment, the number of fish, species abundance, diversity, and trophic levels were analyzed and compared between the two areas over time. The effects of the emission tube of Södra Cell Värö on the surrounding area have been monitored by yearly underwater filming, followed by visual analyses. The catchment of migrating eel juveniles has decreased over time since the start of the monitoring trials, but has increased in the latest 10-year period. The abundance of juvenile eel over time is more likely affected by global trends in eel recruitment, rather than by operations of Södra Cell Värö. The number of fish per effort in the trawling trials has not changed over time either in the recipient area of Södra Cell Värö, or in the reference area Ustö, and did not differ between the two areas.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Material och metoder</b>	<b>8</b>
2.1	Uppvandring av ålyngel i Viskan	8
2.2	Provfiske med bottentrål	9
2.3	Statistiska analyser	11
2.4	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	11
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	<b>13</b>
3.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	13
3.2	Provfiske med bottentrål	18
3.2.1	Totalfångst	18
3.2.2	Diversitet	22
3.2.3	Trofisk nivå	22
3.2.4	De vanligaste fiskarterna i trålfisket	23
3.2.5	Övriga fiskarter i trålfisket	29
3.2.6	Ryggradslösa djur	30
3.2.7	Sjukdomar och skador	32
3.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	32
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>34</b>
4.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	34
4.2	Provfiske med bottentrål	35
4.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	36
4.4	Effekter av Södra Cell Värö på närområdet	37
4.5	Referenslista	39

## 1 Inledning

Södra Cell Värös sulfatmassabruk i Hallands län mellan Varberg och Kungsbacka har sedan 1971 bedrivit storskalig verksamhet med aktiv produktion av bland annat barrsulfatmassa. För att avgöra verksamhetens effekt på den närliggande miljön, utförs fortlöpande recipientkontroller som från och med den första januari 1991 sammanställs årligen enligt direktiv från Länsstyrelsen i Halland. Delar av recipientkontrollen ansvaras för och genomförs av Institutionen för akvatiska resurser på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua), på uppdrag av Södra Cell. Genom kontrollen bedöms effekten av Södra Cell Värös drift och verksamhet på det marina samhället vid recipientområdet för brukets utsläppsvatten med fokus på fisk, skaldjur och andra marina evertebrater (ryggradslösa djur) samt påverkan på uppvandrande juvenil ål (glasål), i Viskan från Södra Cells dammanläggning.

I genomsnitt används cirka 90 000 m<sup>3</sup> vatten dagligen till drift och processer vid Södra Cell Värö. Sötvatten pumpas upp från ån Viskan, och släpps efter användning ut i havet (Figur 1). För att säkra intaget av sötvatten reglerar Södra Cell Värö vattennivån i Viskans mynning med hjälp av en dammanläggning. Utsläppet av processvattnet i havet sker via en fem kilometer lång utsläppstub (Figur 1). De sista 750 meterna av utsläppstuben är försedda med diffusordysor för att minska den rumsliga koncentrationen av utsläppta ämnen och därmed fördela utsläppet i vattenmassan. Utsläppet sker på ett vattendjup mellan 15 och 18 meter i öppet hav väster om massafabriken. Av den totala vattenvolymen är 70 000 m<sup>3</sup> kylvatten, som värmts upp till 30–40 °C och har pH 8, innan det passerar sedimentationsbassänger och går ut i tuben. Resterande 20 000 m<sup>3</sup> kommer från massafabrikens blekeri. Från blekeriet går vattnet vidare i en biologisk reningsprocess där totalt organiskt kol (TOC) reduceras med cirka 70 procent, och där även kväve, fosfor, klorat och AOX (klorerade organiska substanser) binds innan det släpps ut tillsammans med övrigt processvatten i stora sedimentationsbassänger. Under sedimenteringen fångas träfibrer upp, som sedan går vidare till slamhantering. Vattnet går sedan vidare via skivfilter, och når slutligen havet via tuben. Utsläppsvattnet från Södra Cell Värö kontrolleras externt av tillsynsmyndighet från Länsstyrelsen. De komponenter som mäts och följs upp av tillsynsmyndighet är TOC, kväve, fosfor, suspenderat material, klorat, samt

AOX<sup>1</sup>, vilka alla anses kan bidra till bland annat övergödning och i övrigt försämrade miljöförhållanden.

Sammansättningen av ämnen i processvattnet har förändrats genom åren. Fram till 1993 använde Södra Cell Värö klorblekning i framställandet av sina produkter, vilket bidrog till skadliga dioxin- och dioxinlika ämnen i utsläppsvattnet, som bland annat kan bidra till missbildningar hos fisk, och minskade fiskbestånd (Thulin m.fl., 1988; Forlin m.fl., 1995). Från 1993-2016 användes endast TCF- (Totally Chlorine Free) blekning, där det huvudsakliga blekämnet är väteperoxid. Från 2016 började Södra Cell Värö använda en ny metod, i kombination med TCF-blekningen. I denna metod, ECF- (Elemental Chlorine Free) blekning, är det huvudsakliga blekämnet klordioxid. Även om både TCF- och ECF-blekning är betydligt mildare än traditionell klorblekning, kan utsläpp av restprodukterna från båda metoderna ha negativa effekter på den marina miljön. Även om mycket av det AOX som bildas vid ECF-blekning binds upp i reningsprocessen innan det går ut i havet, elimineras inte utsläppet av AOX vid ECF-blekning helt. Bland annat har det påvisats negativa effekter på den ontogenetiska utvecklingen av marina organismer, och störningar i hormonbalansen hos marina fiskar i områden påverkade av pappersbruk som tillämpar ECF-blekning (Cody och Bortone, 1997; Karels m.fl., 1999; Mellanen m.fl., 1999; Sandström och Neuman, 2003). I förhållande till bruk där elementär klorblekning brukas är effekterna av ECF-blekning ringa (Freire m.fl., 2003).

Sedan den elementära klorblekningens upphörande och fram till idag är det sannolikt de förhöjda halter av näringsämnen (främst kväve och fosfor), de låga men dock förekommande halterna av AOX, och partikulärt organiskt material som bidrar till negativa effekter på de marina organismerna vid utsläppsområdet. Typiska effekter av för hög näringsbelastning innefattar minskat siktdjup på grund av ökad tillväxt av fintrådiga alger, ökad förekomst av toxiska algblomningar, och skiften i artkompositionen av både bentiska evertebrater och kustnära fiskar (Smith, 2003). Ökad grumlighet i vattenmassan kan också påverka fisktätheten och artsammansättningen (Neuman, 1988; Snickars m.fl., 2004; Sohel, 2015). Syrefattiga eller syrefria bottenområden kan också uppstå till följd av näringsbelastning och sedimentering av löst organiskt material (Møller m.fl., 1985; Nordberg m.fl., 2017). Detta skulle kunna leda till minskad förekomst av marina organismer, särskilt bottenlevande arter, både primärt till följd av syrebrist, men också sekundärt till följd av födobrist, om förekomsten av bytesdjur minskat på grund av den låga syrehalten (Rosenberg och Loo, 1988; Pihl m.fl., 1991; Pihl, 1994; Nordberg m.fl., 2017). Dessutom innehåller utsläppet även löst etylendiamintetraättiksyra (EDTA). EDTA är ett vanligt förekommande lösnings- och kelatbildande medel, som länge har setts som harmlöst ur miljösynpunkt. En översedd egenskap med EDTA är dock att medlet är mycket svårnedbrutet, och långvarigt utsläpp bygger därför på sikt upp höga halter i miljön

---

<sup>1</sup> Personlig kommunikation: Knut Omholt (knut.omholt@sodra.com). 2012-04-12

(Oviedo och Rodríguez, 2003). En risk är att förhöjda halter av löst EDTA kan återlösa tungmetaller ur sediment, och således orsaka problem, både för mänskligt nyttjande av den marina miljön, och för marina organismer (Remberger, 2001; Nowack och VanBriesen, 2005). Det har till exempel visats att i Medelhavet är höga halter av tungmetaller i fiskars vävnad starkt negativt korrelerat till fiskarnas storlek. Det vill säga ju högre halter av tungmetaller i vävnaden, desto mindre är fisken (Canli och Atli, 2003). I dagsläget finns inga direktiv avseende utsläppshalten av EDTA. I övrigt finns utsläppshalten av de av tillsynsmyndigheten uppmätta komponenterna tillgängliga hos Naturvårdsverket.

Förutom möjliga effekter av utsläppsvattnet, tillför dammanläggningen vid Viskan mynning en ytterligare riskfaktor då känsliga arter, framför allt glasål (ålyngel) kan påverkas. Varje år vandrar glasål från havet upp i Viskan som en del i sin livscykel (Dekker, 2000). Det är möjligt att den fysiska närvaron av anläggningen försvårar ålens uppvandring. Dammanläggningen är försedd med luckor, som i regel står öppna, genom vilka uppvandrande fisk ska ha möjlighet att passera. I tillägg har dammanläggningen fyra ålyngelledare som ska underlätta glasålels uppvandring.

Recipientkontrollens primära fokus är studier av Södra Cell Värös effekter på den närliggande miljön. Detta inkluderar effekter av utsläppet av renat processvatten på både fisk och ryggradslösa djur, potentiella hinder från dammanläggningen för arter som migrerar från havet upp i Viskan, och den fysiska närvaron av utsläppstuben för det marina samhället i utsläppsområdet. Här redovisas sammanställningen av årets effektstudier av Södra Cell Värö. Genom jämförelser med tidigare års studier, och studier med samma provtagningsmetodik från ett närliggande referensområde (Ustö), analyseras fisk- och skaldjursamhället i recipientområdet vid Södra Cell Värö, den visuella bottenkvalitén vid brukets utsläppstub, och glasålels uppvandring i Viskan.





*Figur 1.* Översiktskarta med fiske- och provtagningslokaler. Kartan visar utsläpps/recipientområdet Värö (södra provfiskeområdet) och referensområdet Ustö (norra provfiskeområdet) samt ålyngelledarnas placering vid Viskans mynning. Den röda linjen visar den ungefärliga sträckan och positionen av Södra Cells utsläppstub, de svarta linjerna visar den ungefärliga sträckan och positionen av de fem utförda tråldragen och den gula markeringen visar positionen för undervattensfilmingen av bottenförhållandet vid utsläppstuben.

## 2 Material och metoder

### 2.1 Uppvandring av ålyngel i Viskan

Uppvandring av ålyngel i Viskan kontrolleras med hjälp av fyra ålyngelledare i Södra Cell Värös dammanläggning i Viskans mynning. Ledarna är belägna utmed strandkanterna, på vardera sidan utmed Viskans två mynningsarmar. Varje ledare består av en sju till åtta meter lång ränna genom dammvallen. Rännans ena ände mynnar i havet cirka en decimeter under lägsta vattennivån och den andra änden är belägen innanför vallen cirka 1,5 meter över ytan. Ålarna slingrar sig längs rännan med stöd av upprättstående kvastar och faller vid dess slut ner i en behållare (Neuman, 1977). Behållarna (ålyngelsamlarna) töms minst två gånger i veckan och de insamlade ålynglens totalvikt och antal registreras. Vid tillfällen då stora mängder yngel samlats in registreras enbart totalvikten, och medelvikten per yngel räknas ut från ett stickprov på ett 20-tal yngel. I tidigare kontroller, fram till 2003, användes standardtalet 0,3 gram som genomsnittlig vikt för ett ålyngel. Från 2003 till 2015 modifierades standardvikten per yngel genom en beräknad standardvikt per månad utifrån yngel insamlade under 2003. Enligt dessa mätningar beräknades standardvikten per ålyngel till 0,3 gram för maj, 0,46 gram för juni, 0,5 gram för juli, 0,7 gram för augusti och 1,0 gram för september och oktober. Från 2015 och framåt räknas medelvikten av yngel ut varje vecka.

För att främja ålarnas uppvandring finns föreningen Viskans ålplan, bestående av kraftverken i Viskan, i samarbete med Varbergs och Borås kommuner samt Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelsen i Hallands och Västra Götalands län. Varje kraftverk verkar under vattendomar, som innefattar bestämmelser om skyldigheter att anordna vandringsvägar för ål, så att dessa kan vandra upp i Viskans vattensystem. I enlighet med Viskans ålplan har SLU, under perioder då större mängder ål samlats in (>3 kg/vecka), tidigare år placerat ut infångade ålar i de större sjöarna inom Viskans tillrinningsområde. Eftersom ålyngel samlats in vid Södra Cell Värös

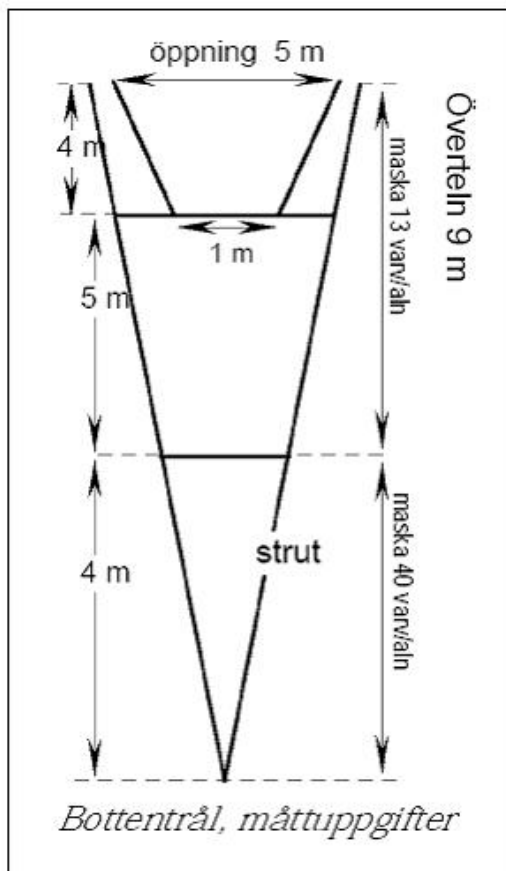
dammanläggning och transporterats förbi vandringshindren i vattensystemet har industriernas skyldighet att bygga vandringsvägar för ål åsidosatts. Om ålplanen skulle upplösas träder vattendomarna i kraft och industrierna måste fullfölja sina skyldigheter med vandringsvägar. Ålynglen placeras ut i vattensystemet enligt en fördelningsnyckel som godkänts av Havs- och vattenmyndigheten.

## 2.2 Provfiske med bottentrål

För att få en uppfattning om fisksamhällets tillstånd i recipienten initierades 1983 årliga undersökningar med bottentrål (Thoresson, 1992). Tre år senare fastställdes ett program som omfattade trålningar i september med standardiserad bottentrål i Södra Cell Värös recipient, det vill säga det område där vattnet från cellulosaindustrin släpps ut, härafter kallad Värö, samt i ett referensområde. Recipienten är lokaliserad vid avloppstubens mynningsområde (57° 11' 59" N, 12° 05' 19" E) och referensområdet är beläget cirka 15 kilometer norrut, väster om Ustö, härafter kallat Ustö (57° 18' 00" N, 12° 05' 00" E). Trålningen genomförs på ett djupintervall mellan 18 och 24 meter i Värö och mellan 24 och 28 meter i Ustö. Generellt har Ustö ett bottenförhållande med något mjukare sediment än vid Värö. Inom varje område görs fem parallella tråldrag med ett avstånd på minst 50 meter mellan varje drag. Trålen som används är en modifierad kräfttrål med en öppning på 5 meter och en uppfångningsstrut på 4 meter (Figur 2). Varje enskilt tråldrag är 1 200 meter långt och utförs i en följd vid varje undersökningstillfälle. Den effektiva tråltiden, det vill säga den tid trålen släpas över havsbotten, uppgår till cirka 20 minuter, med en fart av två knop. Liksom tidigare år upprepades trålningen 2017 under fyra dagar med en dag mellan varje trålningstillfälle i vardera området. Totalt trålades 20 drag per område. Varje tråldrag om cirka 20 minuter räknas som en ansträngning.

Efter varje tråldrag registreras fisk, kräftdjur och bläckfisk med individuell längd per centimeterklass och sammanlagd vikt per art. Yttre synliga sjukdomssymtom kontrolleras och registreras (Thulin m.fl., 1989). I början, från år 1983, registrerades endast fångsten av fisk från trålningförsöken. År 1990 började även kräftdjur registreras, med undantag från eremitkräftor som först började registreras år 2002. 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 alltså 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. 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 sammansätts till ett trofiskt index för hela fångsten, enligt formeln  $MTL = \frac{\sum_j TL_j Y_{ij}}{\sum Y_j}$ , 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. Från alla fångster anges vetenskapliga namn på observerade arter och andra taxonomiska grupper i bilagor och anges endast i texten då de inte förekommer på annan plats.



Figur 2. Schematisk bild över den modifierade kräfttråll som används i provfisket vid recipientområdet vid Södra Cell Värö, och vid referensområdet Ustö.

### 2.3 Statistiska analyser

De statistiska beräkningarna på ålyngeluppvandringen 2017 gjordes med SAS 9.4. För att analysera effekterna av uppvandningskanal, temperatur, flöde och tid utfördes en mixed modell-analys, där den fulla modellen med alla termer reducerades till bästa anpassning (fit, minsta möjliga modell). Temperatur och flöde modellerades som fixerade effekter, och uppvandningskanal och tid (vecka) modellerades som slumpmässiga effekter. Den totala ålyngeluppvandringen per år över tid analyserades som linjär regression i IBM SPSS Statistics 22 för Windows.

Alla beräkningar från trålfångsten har utförts i Microsoft Office Excel 2016 och IBM SPSS Statistics 22 för Windows. Linjära regressioner och övriga analyser har gjorts på data som är transformerade med den naturliga logaritmen (ln) för att fastställa om en statistiskt signifikant förändring har skett över tid. Fångstdata för arter som har mer än 20 procent nollförekomst i tidsserien har inte analyserats. För att avgöra om fiskens längdfördelning skiljer sig åt mellan fångsterna i recipienten och referensområdet under 2017 har en ANOVA-analys eller icke-parametriskt Mann-Whitney U-test använts. För att jämföra om fångstens utveckling över tid är olika i de två områdena har en kovariansanalys (ANCOVA) använts (fångst per ansträngning som beroende variabel, område som faktor och år som kovariat). Om utvecklingen inte skilde sig åt i kovariansanalysen har en variansanalys (ANOVA) använts för att avgöra om mängden fångad fisk skilde sig mellan områdena. Statistik för signifikanta samband presenteras i en fotnot, alternativt i tabell 4 och 5.

### 2.4 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Varje år filmas Södra Cell Värös utsläppstub och havsbotten i tubens närhet för att kontrollera synbara effekter av utsläppet (Thoreson, 1992). Kontrollerna genomförs vid ett tillfälle varje år med hjälp av en fjärrstyrd undervattensfarkost (Figur 3; ROV; modell LBV 150-2, SeaBotix, US). Delar av tuben och omgivande botten filmades 2017 den 10 oktober i cirka 60 minuter. ROV:en styrdes och filmade först från utsläppstubens mynning längs med tubens sträcka (ca 5 kilometer) inåt land, och sedan fram och tillbaka i ett sicksackmönster från tubens vardera långsida och ca hundra meter ut längs botten. Från filmen granskades bottenförhållandet och djurlivet runt tuben och eventuella tecken på effekter från utsläppet noterades. Resultaten bygger på visuell tolkning av filmen, och jämförelser med tidigare års filmning.



Figur 3. Fjärrstyrd undervattensfarkost med kamera (ROV), SeaBotix LBV 150-2, som användes 2017 för att filma utsläppstuben och omgivande botten vid Södra Cell Värö. Från vänster: SeaBotix LBV 150-2. Topp höger: Uthaling av strömkabel för fjärrstyrning. Nedre höger: Styrning och videofilmning.

## 3 Resultat

### 3.1 Ålyngeluppvandring i Viskan

Under provtagningsperioden 2017, som pågick från början av maj till slutet av augusti, insamlades totalt 106,5 kg uppvandrande ålyngel, med en snittfångst på 2,3 kg ålyngel per insamlingsdag (Figur 4, Tabell 1). Den dagliga fångsten av kilogram ålyngel är den högsta uppmätta i Viskan sedan 1986. Fångsten av ålyngel i kilogram per dag har ökat sedan 2011 fram till 2017<sup>2</sup>. Även om ålyngelfångst har ökat på senare år, har den totala fångsten av kilogram ålyngel per dag kraftigt minskat sedan provtagningsperiodens början (tillgängliga data från 1980) fram till 2017<sup>3</sup>. Enligt bestämmelser ur Viskans ålplan har infångade ålyngel tidigare år flyttats uppströms i Viskan för att minska dödligheten i uppvandringen. År 2017 skedde ingen uppflyttning, då Länsstyrelsen beslutat om förbud mot uppströms utsläpp av fiskyngel för att förhindra smittspridning av fisksjukdomar. Istället släpptes alla infångade yngel 2017 tillbaka uppströms dammanläggningen.

---

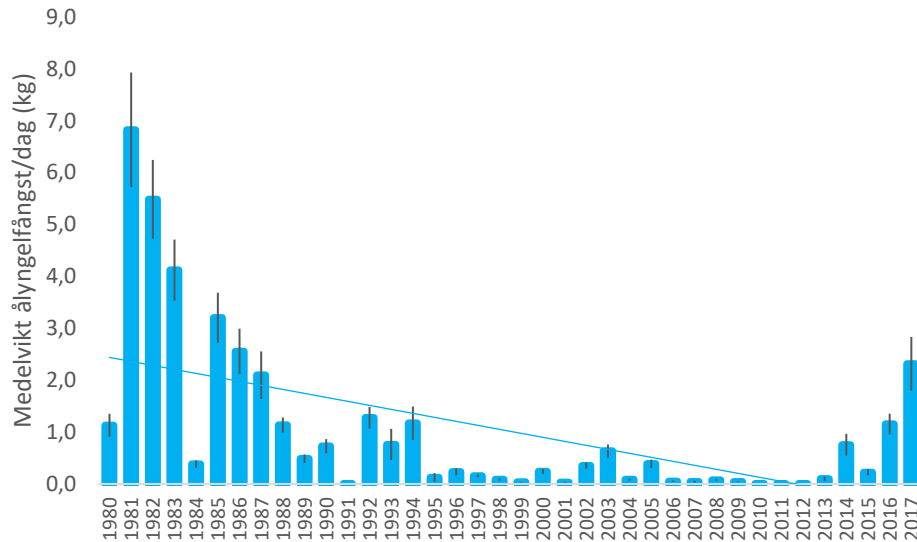
2. Variansanalys ANOVA 2011-2017:  $p=0,01$ ,  $R^2=0,84$

3. Variansanalys ANOVA 1980-2017:  $p<0,001$ ,  $R^2=0,36$

Tabell 1. Medelvikt för insamlad fångst av ålyngel i Viskans yngelfångare per insamlingsdag och år 1980-2017 (kg)  $\pm$ SE (standardfel). Insamlingarna har genomförts årligen från maj till september. Från 1980 till 2017 har totalt 2117 insamlingar genomförts, där genomsnittet i fångst per insamling (dag) är 1,2kg ålyngel.

År	Medelvikt fångst/dag(kg)	SE	Insamlingsdagar
1980	1,1	0,2	64
1981	6,8	1,1	75
1982	5,5	0,8	86
1983	4,1	0,6	76
1984	0,4	0,1	54
1985	3,2	0,5	66
1986	2,6	0,4	59
1987	2,1	0,5	70
1988	1,1	0,1	81
1989	0,5	0,1	67
1990	0,7	0,1	58
1991	0,0	0,0	54
1992	1,3	0,2	55
1993	0,8	0,3	57
1994	1,2	0,3	65
1995	0,1	0,1	44
1996	0,2	0,1	43
1997	0,2	0,0	48
1998	0,1	0,0	57
1999	0,0	0,0	49
2000	0,2	0,0	59
2001	0,0	0,0	61
2002	0,4	0,1	74
2003	0,6	0,1	71
2004	0,1	0,0	59
2005	0,4	0,1	66
2006	0,1	0,0	50
2007	0,0	0,0	47
2008	0,1	0,0	45
2009	0,0	0,0	49
2010	0,0	0,0	35
2011	0,0	0,0	32
2012	0,0	0,0	27
2013	0,1	0,0	36
2014	0,8	0,2	50
2015	0,2	0,1	37
2016	1,2	0,2	45
2017	2,3	0,5	46
<b>Medel</b>	<b>1,2</b>	<b>0,1</b>	<b>55,7</b>





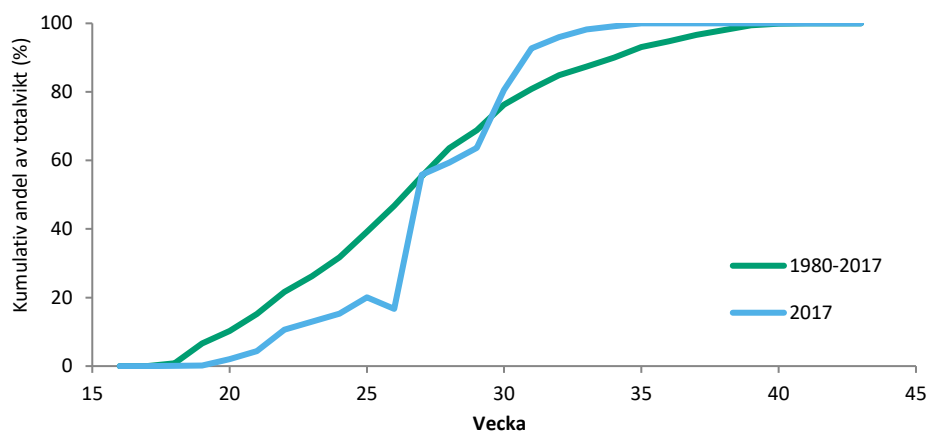
Figur 4. Medelvikt av ålyngelfångst per dag (kg) insamlade i Viskans mynning, april till oktober månad åren 1980–2017  $\pm$ SE (standardfel). Den rätta linjen visar negativ trend i fångstvikt per dag över tid.

Under 2017 insamlades cirka 90 % av den totala ålyngelbiomassan in mellan slutet av juni och under juli månad, medan den genomsnittliga ålyngelbiomassan från 1980–2017 generellt ökar gradvis över hela insamlingsperioden, med början i maj, och stannar av i början av september (Figur 5).

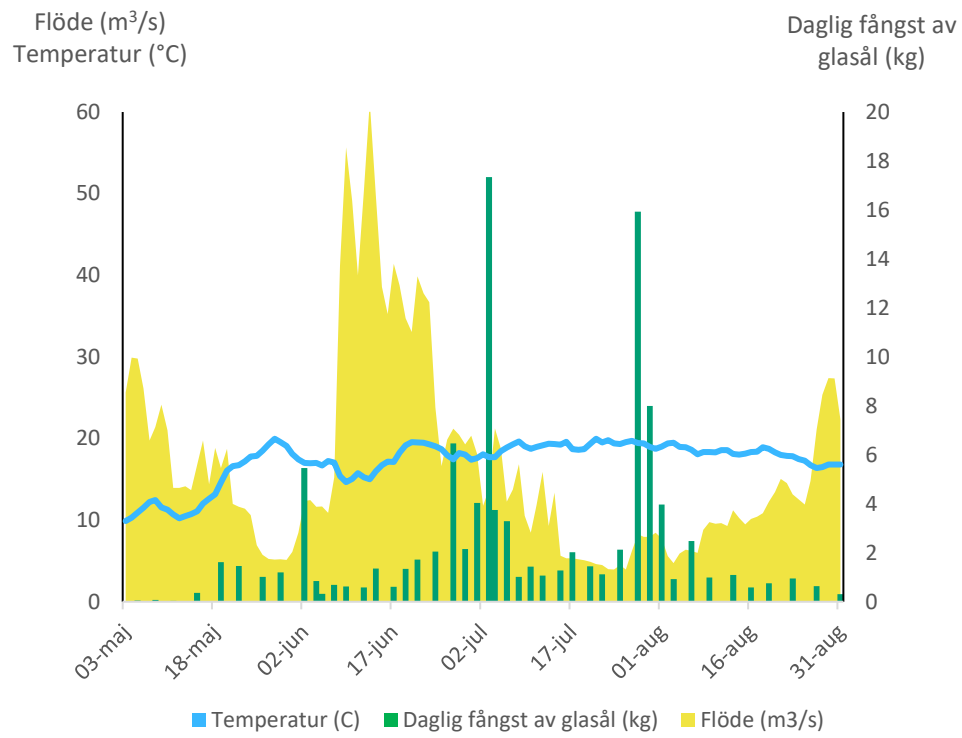
Vikten av ålyngelfångst förändrades signifikant med interaktionen av tid och temperatur (Figur 6, tabell 2). Varken ledare eller flöde hade någon effekt på fångstvikten av ålyngel (Figur 6, Tabell 2).

Tabell 2. Effekterna av temperatur, flöde, uppvandningskanal, och tid (vecka) på fångstvikten av ålyngel i Viskans mynning 2017. Temperatur och flöde analyserades som fixerade effekter, och uppvandningskanal och tid (vecka) analyserades som slumpmässiga effekter. Signifikanta effekter visas i fet stil.

Fångstvikten av ålyngel				
Borttagna termer	(-2)LL	Chi	df	p
kanal×temperatur×flöde×vecka	2546,6	0	1	1,00
kanal×temperatur×flöde	2546,6	0	1	1,00
kanal×temperatur×vecka	2546,6	0	1	1,00
kanal×flöde×vecka	2546,6	0	1	1,00
temperatur×flöde×vecka	2546,6	0	1	1,00
kanal×temperatur	2546,6	0	1	1,00
kanal×flöde	2546,6	0	1	1,00
kanal×vecka	2546,6	0	1	1,00
<b>temperatur×vecka</b>	<b>2570,2</b>	<b>23,6</b>	<b>1</b>	<b>&lt;0,001</b>
Flöde×vecka	2546,6	0	1	1,00
kanal	2546,6	0	1	1,00
vecka	2546,8	0,2	1	0,65
temperatur×flöde	2549,4	2,6	1	0,107
temperatur	2550,5	1,1	1	0,294
flöde	2551,4	0,9	1	0,343



Figur 5. Kumulativa totalvikter (procent) per vecka i Viskan för ålyngelfångsten 2017 i relation till genomsnittet för insamlingsperioden 1980–2017 (1981 års data saknas).



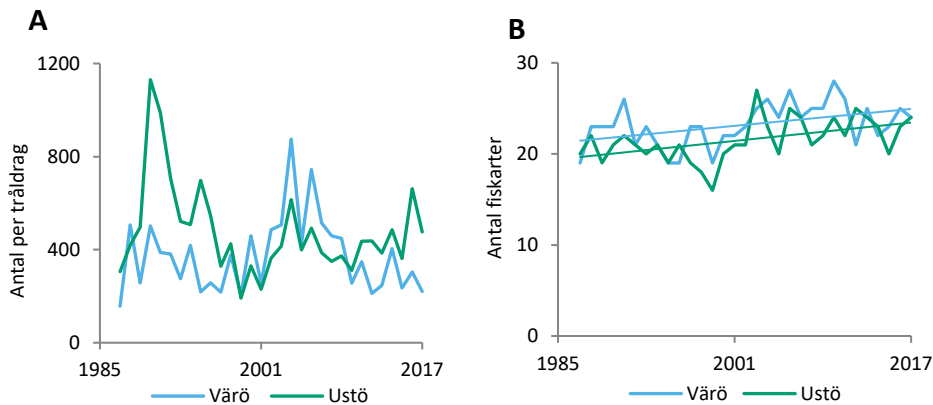
Figur 6. Vikten av ålyngelfångst per dag (kg) i relation till temperatur (°C) och vattenflöde (m³/s) i Viskan från maj till augusti 2017.

## 3.2 Provfiske med bottentrål

### 3.2.1 Totalfångst

Under 2017 genomfördes 20 tråldrag (ansträngningar) vardera inom recipientområdet Värö respektive referensområdet Ustö. Totalt fångades 31 olika fiskarter och tolv olika arter av ryggradslösa djur (evertebrater) i de båda områdena. I recipientområdet fångades 23 olika fiskarter, och i referensområdet fångades 24 olika arter (bilaga 1 och 2, Tabell 3). Antalet arter per tråldrag som fångats varje år visar en ökning för både Värö och Ustö sedan trålfisket startade 1983 (Figur 7b). Antalet arter skilde sig inte mellan områdena<sup>4</sup>.

Antalet fångade fiskar uppgick till 13 923 individer och av dessa fångades 4 403 (46 procent) vid Värö (Figur 7a). Över den totala trålningsperioden (1983-2017) har den totala fångsten av fisk inte förändrats signifikant över tid<sup>5</sup>, och det var ingen skillnad på antalet fisk över tid på de två områdena<sup>6</sup> (Figur 7a, Tabell 3). Däremot över den senaste tioårsperioden (2008-2017) har fångsten minskat i recipientområdet Värö men ökat i referensområdet Ustö<sup>7</sup>.



Figur 7. a) Medelantalet fiskar per ansträngning och b) antalet observerade fiskarter, från trålfisket i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) år 1985–2017. Råta linjer visar trend över tid.

Den totala fångsten av ryggradslösa djur (evertebrater) var 4534 individer, varav 35 % (1593 individer) fångades i recipientområdet Värö (Tabell 4). Fångsttäteten, abundansen, av ryggradslösa djur visar en ökande trend i båda områdena från 1990 till 2017 (Tabell 4). I Värö har det även skett en ökning under de senaste tio åren

4. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,954$ ,  $R^2=0,092$

5. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,399$ ,  $R^2=0,127$

6. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,183$ ,  $R^2=0,151$

7. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p=0,022$ ,  $R^2=0,067$

(Tabell 4). Områdena skiljer sig inte åt avseende totalt antal fångade ryggradslösa djur eller utvecklingen av antal fångade ryggradslösa djur över tid (Tabell 3).

Totalt fångades 12 olika arter av evertebrater under fisket 2017. I Värö fångades 11 olika evertebratarter, och i Ustö fångades 10 olika evertebratarter. I Värö har en ökning av evertebratarter skett över tid, medan ingen förändring över tid kan ses på antalet evertebratarter i Ustö (Tabell 4). Utvecklingen över tid skiljer sig inte åt mellan de två områdena<sup>8</sup>.



Trålfångst. Foto: BjörnFagerholm

---

8. Kovariansanalys ANCOVA 1990–2017:  $p = 0,747$ ,  $R^2 = 0,609$

Tabell 3. Antal fiskindivider i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2017 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2017) och för de senaste tio åren (2008-2017), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ , ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden.

Art	Värö					Ustö				
	2017	medel 1983- 2017	trend	medel 2008-2017	trend	2017	medel 1983-2017	trend	medel 2007-2017	trend
Sandskädda	159,9	233,60	ns	208,08	-*	403,	326,35	ns	287,62	+*
Vitling	11,55	49,49	ns	25,64	ns	32,2	77,64	ns	93,99	ns
Fjärsing	13,95	6,76	+***	15,27	ns	8,2	1,83	ns	4,83	ns
Rödspotta	11,05	21,35	ns	17,40	ns	6,1	19,01	-**	7,87	ns
Knot	7,85	5,11	+**	6,27	ns	4,7	3,81	ns	3,05	ns
Lerskädda	0,35	1,77	ns	0,74	ns	9,2	6,80	ns	6,07	ns
Svart smörbult	0,15	0,30	-*	0,50	ns	5,7	1,95	ns	4,87	ns
Rötsimpa	3,5	3,82	+*	4,87	ns	0,65	4,27	-***	3,15	ns
Torsk	1,55	5,47	ns	1,52	ns	0,65	4,91	-***	1,13	ns
Slätvar	1,1	0,77	+**	1,38	ns	0,55	0,37	+*	0,62	ns
Skrubbskädda	0,65	0,46	ns	0,55	ns	0,15	0,45	ns	0,39	ns
Sill	0,05	0,34	ns	0,23	ns	0,5	1,03	ns	0,88	ns
Randig sjökock	0,4	2,42	ns	2,10	ns	0,05	0,45	ns	0,12	ns
Piggvar	0,25	0,86	-**	0,45	ns	0,15	0,07	ns	0,06	ns
Sandstubb	0,15	0,01	ns	0,04	ns	0,1	0,02	ns	0,08	ns
Tagmakrill	0,05	2,74	ns	0,53	ns	0,05	0,81	ns	0,52	ns
Ansjovis		0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Berggylta		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Bertunga	0,3	0,46	-*	0,33	ns		0,59	ns	<0,01	ns
Bergvar		0,02	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Femtömmad		0,02	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Fenknot	0,15	0,04	ns	0,08	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Fläckig sjökock		0,04	ns	<0,01	ns	0,05	0,03	ns	0,11	ns
Gråsej		<0,01	ns	0,01	ns		<0,01	ns	0,02	ns
Grässnulta		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Gulstrimmig mullus		0,06	ns	0,05	ns		<0,01	ns	0,03	ns
Gulål		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Havskatt		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Klarbult		<0,01	ns	<0,01	ns	0,05	<0,01	ns	0,03	ns
Knaggrocka		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Kolja	2,65	12,27	+***	21,48	-**		8,15	-**	1,63	ns
Kummel		0,38	ns	0,14	ns	0,05	1,55	ns	1,30	ns
Lerstubb		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Lyrorsk		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Långa		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Makrill		<0,01	ns	<0,01	ns	0,15	<0,01	ns	0,02	ns
Marulk		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Oxsimpa		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Paddorsk	0,05	<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Pigghaj		<0,01	ns	0,03	ns	0,1	0,05	ns	0,17	ns
Sjurygg		0,03	ns	0,11	ns		0,05	ns	0,17	ns
Skarpsill		0,61	ns	0,83	ns	1,05	4,48	ns	7,39	ns
Skäggsimpa	0,45	0,78	+*	1,28	ns		0,03	ns	0,03	ns
Skärsnulta		0,14	ns	0,02	ns	0,1	0,03	ns	0,01	ns
Småfläckig rödhaj		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Småtunga	0,05	0,03	ns	0,10	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Småvar		0,45	ns	<0,01	ns		0,21	ns	<0,01	ns
Spetsjärtat längebarn		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Spetsjärtad smör-		0,02	ns	0,08	ns		0,04	ns	0,14	ns
Stensnulta		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Tobis (kust-/havs-)		<0,01	ns	<0,01	ns		<0,01	ns	<0,01	ns
Tungevar		<0,01	ns	<0,01	ns	2,1	0,60	ns	1,67	ns

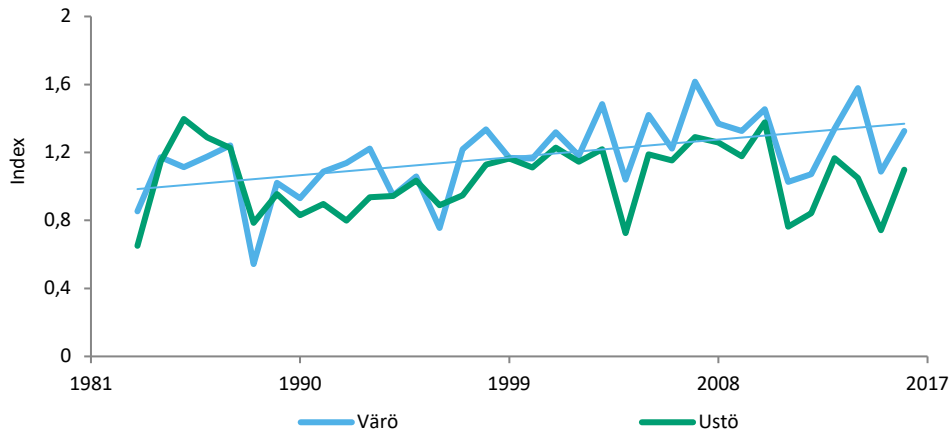
Tånglake	<0,01									
Äkta tunga	0,05	0,19	+	0,25	-	0,05	0,06			
Totalt antal fiskar	216,2	352,07	ns	313,07	-*	476	465,66	ns	427,84	+
Antal fiskarter	23	21,77	+	24,70	ns	24	20,66	+	22,80	ns

Tabell 4. Antal evertebratindivider i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2017 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1990 till 2017, med undantag för eremitkräfta som registrerats först från 2002) och för de senaste tio åren (2008-2017), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ , ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden.

Art	Värö					Ustö				
	2017	medel 1983-2017	trend	medel 2008-2017	trend	2017	medel 1983-2017	trend	medel 2007-2017	trend
Simkrabba obestämd	54,45	35,05	+	66,16		129,9	34,65	+	64,43	+
Krabba	13	2,44	+	5,53		5,25	0,88	+	1,88	+
Eremitkräfta	5,95	6,61		5,51	ns	4,5	8,56	-	4,97	ns
Nordisk Kalmar	1,8	0,07		0,18		4,35	0,16		0,44	
Strandkrabba	3,15	6,71	+	12,83	ns	1,75	1,40		3,28	ns
<i>A. subulata</i> (tidigare Loligo)	0,3	0,04		0,12		0,5	0,03		0,08	
Bläckfisk obestämd	0,55	0,13		0,14		0,25	0,32		0,40	
Maskeringskrabba	0,2	0,46	ns	0,21		0,05	0,52	ns	0,50	ns
Hummer	0,05	0,03		0,03		0,1	0,02		0,04	
Havskräfta		0,04		<0,01		0,4	0,12		0,13	
Sandräka							<0,01			
Spindelkrabba	3,15	<0,01		<0,01						
Vanlig kalmar ( <i>Loligo vulgaris</i> )	0,15	0,04		0,12						
Totalt antal evertebrater	217,96	48,79	ns	90,83	ns	107,92	43,02	+	76,21	+
Antal evertebraer	8	6,14	+	7,20	ns	8	5,82	+	7,30	+

### 3.2.2 Diversitet

Artdiversiteten hos fisk i fångsterna har ökat över tid under perioden 1983-2017 i recipientområdet Värö<sup>9</sup> (Figur 8). I referensområdet Ustö har motsvarande ökning inte skett. Shannon-Wieners index ligger något högre i Värö än i Ustö<sup>10</sup>.



Figur 8. Artdiversiteten hos provfiskefångsten av fisk 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Diversiteten är beräknad som Shannon-Wiener index. Den rätta linjen visar signifikant ökning i trend över tid.

### 3.2.3 Trofisk nivå

Index för den trofiska medelnivån av fisk har ökat över tid i referensområdet Ustö, men inte i recipientområdet Värö<sup>11</sup> (Figur 9). Sett till hela tidsperioden har Värö ett trofiskt medelindex på 3,5 och Ustö på 3,6. Som referens har skarpsill, som till största delen livnär sig på planktoniska kräftdjur, trofiskt index 3,1, medan vitling, som nästan uteslutande är fiskätare har trofiskt index 4,4. I både Värö och Ustö dominerades fångsten starkt av sandskädda, en art med trofiskt index 3.3. Det var ingen skillnad i trofisk nivå mellan de två områdena över tid<sup>12</sup>.

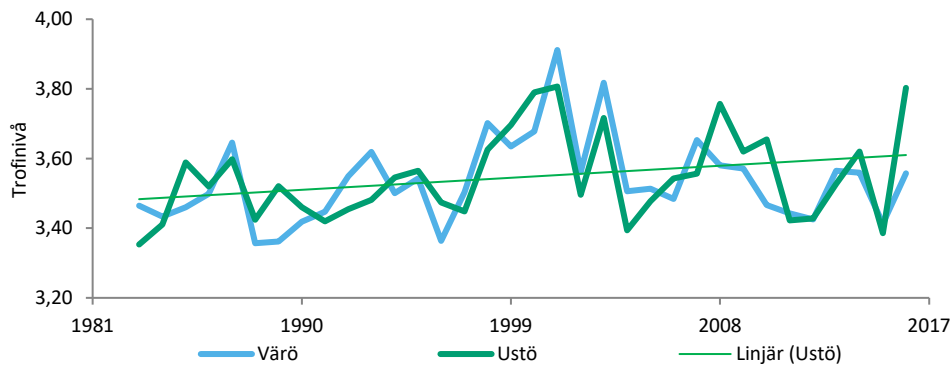
9. Regressionsanalys Värö 1983–2017:  $p = 0,002$ ,  $R^2 = 0,25$ , Ustö 1983–2017:  $p = 0,918$ ,  $R^2 < 0,001$

10. Mann-Whitney U-test 1983–2016:  $p = 0,013$

11. Kovariansanalys ANCOVA 1983–2017:  $p = 0,318$ ,  $R^2 = 0,109$

12. Mann-Whitney U-test 1983–2017:  $p = 0,765$





Figur 9. Trofisk medelnivå provfiskefångsten av fisk 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Höga värden indikerar hög förekomst av rovfisk, och låga värden indikerar hög förekomst av växtätare. Den rätta linjen visar ökande trend för lokalen Ustö.

### 3.2.4 De vanligaste fiskarterna i trålfisket

Liksom tidigare år utgjordes majoriteten (80,9 %) av den totala fångsten av sand-skädda. Den därefter vanligaste arten, vitling, stod för sammanlagt 6,3 % av fiskarna i fångsten. De återstående fyra vanligaste arterna, fjärsing, rödspätta, knot och lerskädda, utgjorde tillsammans 7 procent av mängden fisk. Torsk tillhörde fram till 2006 de vanligaste förekommande arterna, men har därefter blivit mindre vanlig i fångsten. Den redovisas här på grund av sitt kommersiella och ekologiska värde. År 2017 utgjorde torsk 0,3 % av den totala fångsten.

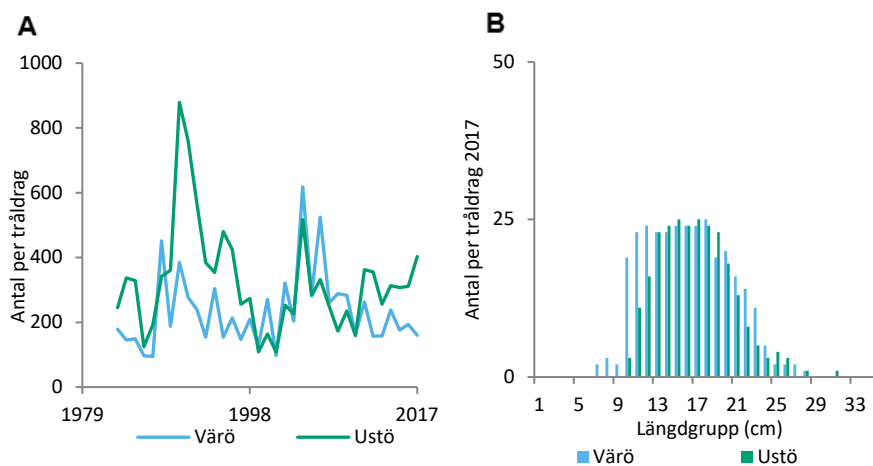
#### Sandskädda

Sedan undersökningarna påbörjades 1983 har sandskädda varit den i antal högst förekommande fiskarten (bilaga 1 och 2). Utvecklingen i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö skiljer sig inte över tiden<sup>13</sup>, däremot har fångsten varit större i Ustö<sup>14</sup> (Figur 10a). I fisket representerades sandskäddan nästan uteslutande av förhållandevis små och därmed sannolikt unga individer. Medellängden på fångade sandskäddor 2017 skilde sig inte mellan de två områdena<sup>15</sup> och var 16,5 cm (Figur 10b).

13. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,206$ ,  $R^2=0,130$

14. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p=0,006$ ,  $R^2=0,108$

15. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,620$ ,  $R^2=0,006$



Figur 10. a) Den totala fångsten av sandskädda per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

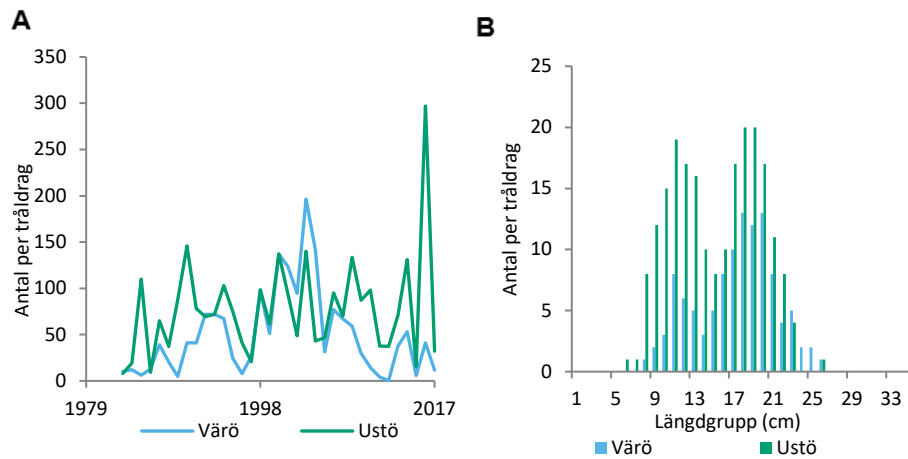
### Vitling

Under hela undersökningsperioden, 1983-2017, har fångsten av vitling haft hög fluktuation mellan år (Figur 11a). De stigande fångsterna 2013 och 2014, efter en bottennotering 2012, följdes av mycket låga fångster 2015. År 2016 fångades 41 vitlingar per tråldrag i recipientområdet Värö och 297 vitlingar per tråldrag vid referensområdet Ustö, vilket är den högsta fångstsiffran som noterats sedan provfiskets start 1983. År 2017 var fångsten av vitling förhållandevis låg, med endast 32 vitlingar per tråldrag i Ustö och 12 vitlingar per tråldrag i Värö. Utvecklingen av fångsterna skilde sig inte över tid<sup>16</sup>, men totalt sett har mer vitling fångats i Ustö<sup>17</sup> än i Värö. Längdfördelningen mellan individerna i fångsten av vitling 2017 skilde sig inte mellan områdena<sup>18</sup>, och medellängden för vitling 2017 var 16 cm (Figur 11b).

16. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,519$ ,  $R^2=0,121$

17. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p=0,007$ ,  $R^2=0,116$

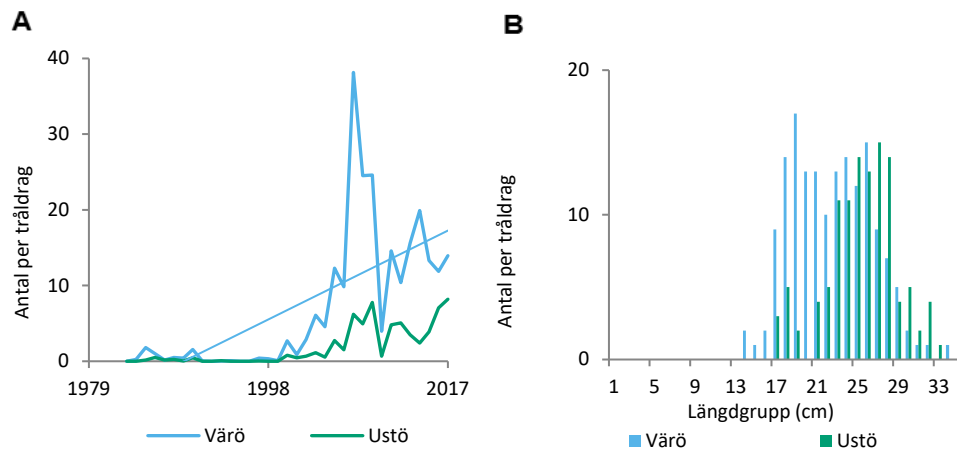
18. Variansanalys ANOVA:  $p=0,183$ ,  $R^2=0,049$



Figur 11. a) Den totala fångsten av vitling per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Fjärsing

Från 1983-2017 har fångsten av fjärsing ökat i recipientområdet Värö, med en toppnotering i förekomsten runt 2000-talet (Figur 12a, Tabell 4). Fångsten av fjärsing i Värö och referensområdet Ustö har inte förändrats över tid<sup>19</sup>, men mängden fångad fjärsing har varit större i Värö än i Ustö över tid från 1983-2017<sup>20</sup>. Medellängden av fjärsing skilde sig också mellan de två områdena, och var större i Ustö, där medellängden på fjärsing var 25 cm, än i Värö där medellängden på fjärsing var 22 cm<sup>21</sup> (Figur 12b).



19. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,818$ ,  $R^2=0,501$

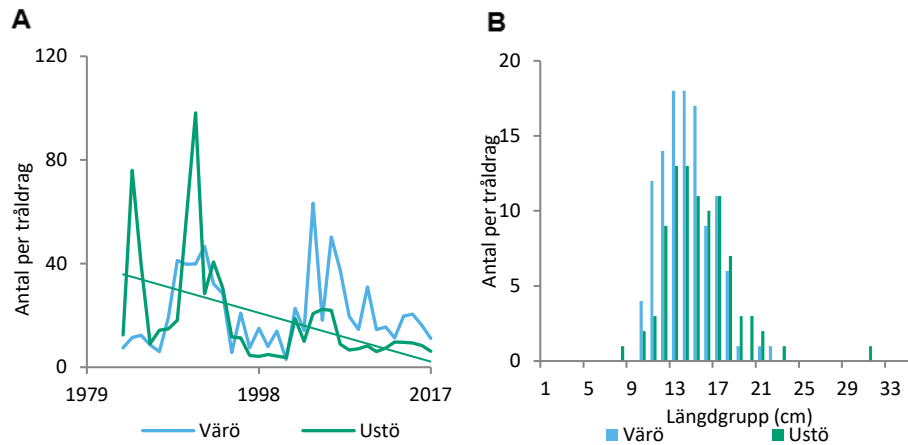
20. Variansanalys ANOVA 1983-2016:  $p=0,005$ ,  $R^2=0,500$

21. Variansanalys ANOVA:  $p=0,036$ ,  $R^2=0,123$

Figur 12. a) Den totala fångsten av fjärsing per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Den räta linjen visar ökande trend i antal fångade fjärsingar över tid i recipientområdet Värö. b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Rödspätta

Fångsten av rödspätta har uppvisat periodvisa fluktuationer både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö under hela perioden, 1983-2017 (Figur 11a). I de två områdena har fångstens utveckling skilt sig över tiden<sup>22</sup>. I Värö har populationen varken ökat eller minskat sedan trålningen startade (1983). Däremot har fångsten av rödspätta minskat i Ustö (Figur 13a, Tabell 1). Det var ingen skillnad i storlek på rödspätta mellan Värö och Ustö<sup>23</sup>, och fångsten dominerades av små, sannolikt unga individer med en medellängd på 15 cm (Figur 13b).



Figur13. a) Den totala fångsten av rödspätta per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Knot

Fångsten av knot har fluktuerat mycket över åren, och det var inte någon skillnad mellan recipientområdet Värö och referensområdet Ustö över tid<sup>24</sup> (Figur 14a). Däremot har den totala populationen av knot ökat över hela tidsperioden, 1983-2017<sup>25</sup>,

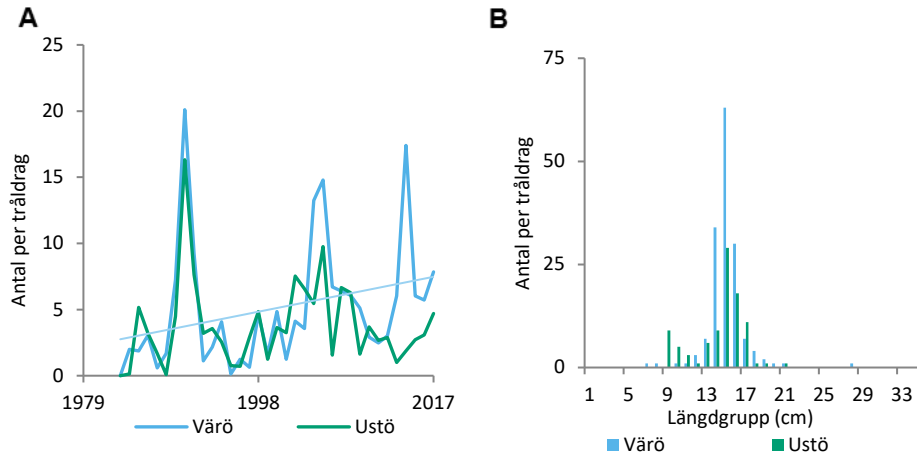
22. Kovariansanalys Ancova 1983–2017:  $p = 0,004$ ,  $R^2 = 0,196$

23. Variansanalys ANOVA:  $p = 0,330$ ,  $R^2 = 0,038$

24. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p = 0,640$ ,  $R^2 = 0,194$

25. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,191$

i båda områdena (Figur 12a, Tabell 4). Längden på knot från fångsten 2017 skilde sig inte heller mellan områden<sup>26</sup>, och medellängden var 15 cm (Figur 14b).



Figur 14. a) Den totala fångsten av knot per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Den räta linjen visar ökande trend i antal knot över det två områdena. b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Lerskädda

Fångsten av lerskädda i recipientområdet Värö och referensområdet Ustö har inte skilt sig över tid under perioden 1983-2017<sup>27</sup>. Fångsten har inte ökat varken i Värö eller i Ustö<sup>28</sup>, men har under trålperioden varit högre i Ustö än i Värö<sup>29</sup> (Figur 15a, Tabell 4). Medellängden på lerskädda år 2017 skilde sig inte heller mellan Värö- och Ustö<sup>30</sup>, och var 18 cm (Figur 15a).

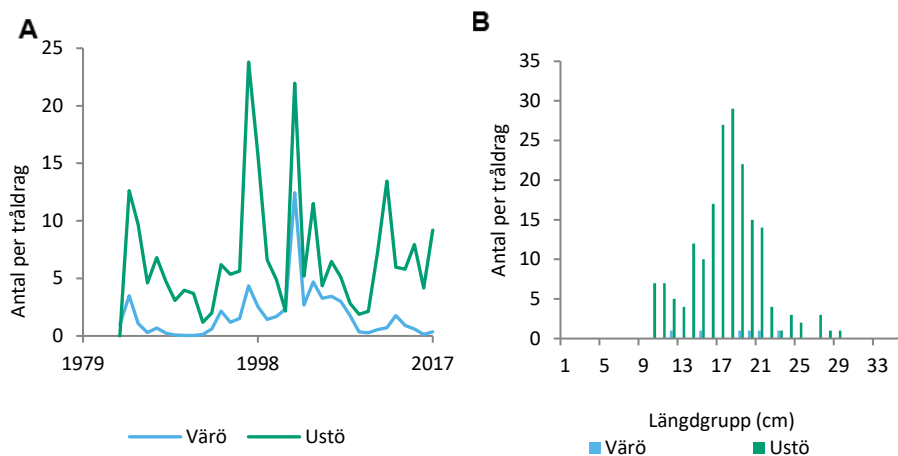
26. Variansanalys ANOVA:  $p=0,447$ ,  $R^2=0,023$

27. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p=0,485$ ,  $R^2=0,248$

28. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p=0,424$ ,  $R^2=0,02$

29. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p<0,001$ ,  $R^2=0,243$

30. Variansanalys ANOVA:  $p=0,840$ ,  $R^2=0,002$



Figur 15. a) Den totala fångsten av lerskädda per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Torsk

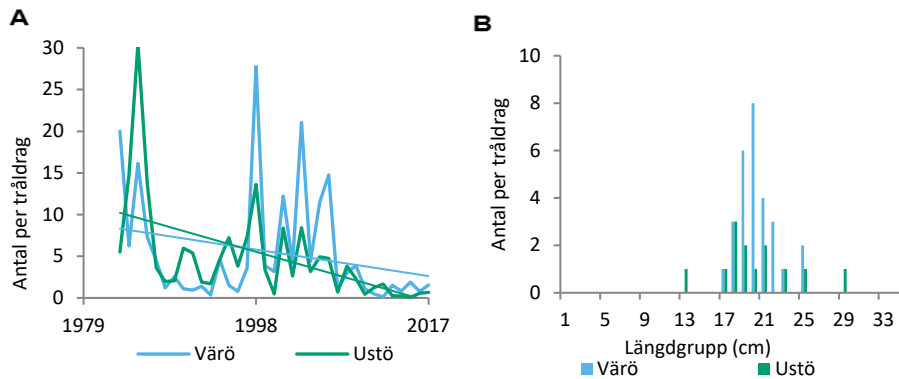
Sett till hela undersökningsperioden, 1983-2017, har fångsten av torsk minskat<sup>31</sup> i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Varken minskningen över tid<sup>32</sup> eller den totala fångsten<sup>33</sup> skiljer sig mellan områdena. Sedan slutet av 1990-talet har det förekommit stora mellanårsvariationer i torskfångsterna, samtidigt som fångsterna de senaste åtta åren varit förhållandevis små (Figur 16a, Tabell 4). Storleken på torsk 2017 skilde sig inte mellan de två områdena<sup>34</sup>. Liksom tidigare år dominerades torskfångsten 2017 av små, sannolikt unga individer, där medellängden på torsk var runt 20 centimeter (Figur 16b).

31 Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p < 0,001$   $R^2 = 0,265$

32. Kovariansanalys ANCOVA 1983-2017:  $p = 0,085$ ,  $R^2 = 0,298$

33. Variansanalys ANOVA 1983-2017:  $p = 0,867$ ,  $R^2 = 0,265$

34. Variansanalys ANOVA:  $p = 0,889$ ,  $R^2 = 0,001$



Figur 16. a) Den totala fångsten av torsk per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2017. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### 3.2.5 Övriga fiskarter i trålfisket

Sen provfisket började 1983 och fram till 2017 har förekomsterna av flertalet fiskarter förändrats, både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. I Värö har fångsterna ökat för ett flertal fiskarter, samtidigt som enstaka arter visat liknande utveckling i Ustö. I Värö kan över hela tidsperioden (1983–2017) en negativ trend i fångstantal endast ses på ett par fiskarter, medan ett flertal arter i Ustö har minskat över samma tidsperiod (Tabell 4). Under den senaste tioårsperioden har ett par fiskarter minskat i Värö, medan en enstaka art minskat över samma period i Ustö (Tabell 4).

#### *Svart smörbult*

Svart smörbult var mycket ovanlig i fångsten fram till början av 2000-talet. På senare år har fångsten av svart smörbult varit högre i referensområdet Ustö, medan recipientområdet Värö haft relativt låg fångst. År 2017 var medelfångsten av svart smörbult 5,7 individer per tråldrag i Ustö och 0,15 individer per tråldrag i Värö.

#### *Rötsimpa*

Fångsterna av rötsimpa har minskat i referensområdet Ustö sedan trålningarna startade, medan fångsten har ökat i recipientområdet Värö över samma tidsperiod (Tabell 4). Mellan 1983 och 1996 fångades fler rötsimpor i Ustö än i Värö, då ett skifte skedde och förhållandet blev det omvända. Rötsimpan hade en fångsttopp 2014 i Värö med mer än 17 fiskar per tråldrag. Under 2015 fångades endast cirka fyra rötsimpor per tråldrag. Vid Ustö inträffade en fångsttopp 2014 (8,6 individer per tråldrag) och år 2016 fångades cirka 1,5 individer per tråldrag i båda områdena. År 2017 fångades 3,5 rötsimpor per tråldrag i Värö, och 0,65 rötsimpor per tråldrag i Ustö.

### *Slätvar*

Fångsten av slätvar nådde toppnoteringar i både recipientområdet Värö och referensområdet Ustö år 2010 (4,84 och 2,24 individer slätvar per respektive område). Sedan dess har fångsten varit måttlig. År 2017 fångades i snitt 0,8 slätvarar per tråldrag över det två områdena. Över hela undersökningsperioden, 1983-2017, har antalet slätvar i den totala fångsten ökat i både Värö och Ustö (Tabell 4).

### 3.2.6 Rygggradslösa djur

År 2017 fångades totalt 12 olika arter av evertebrater, 11 olika arter i recipientområdet Värö, och 10 i referensområdet Ustö (Tabell 5). Liksom föregående år var den vanligast förekommande arten år 2017 simkrabba. Efter simkrabba var de vanligaste arterna 2017 krabba, eremitkräfta och strandkrabba. Totalt har antalet evertebratar ökat över tid från 1990-2017 i både Värö och Ustö (Tabell 5).

### *Simkrabba*

Fångsten av simkrabba har ökat över tid under hela trålningsperioden, 1983-2017, i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 17a, Tabell 5). Vid Värö har fångsten fluktuerat en del genom åren, med två fångsttoppar, år 2014 och år 2016. Som mest i Värö, år 2016 var medelfångsten av simkrabba 168 individer per tråldrag. 2017 var medelfångstena av simkrabba i Värö 54 individer per tråldrag. Fångsten av simkrabba i Ustö har i stort speglat den i Värö, med något lägre fångsttoppar, där som mest 107 simkrabbor per tråldrag fångades 2014 och 121 simkrabbor per tråldrag fångades 2015. År 2017 var medelfångsten av simkrabbor i Ustö den högsta sedan undersökningarna påbörjades, med 130 simkrabbor per tråldrag. Medellängden på simkrabba 2017 skilde sig inte mellan de två områdena<sup>35</sup>, och var 3,9 cm.

### *Krabba*

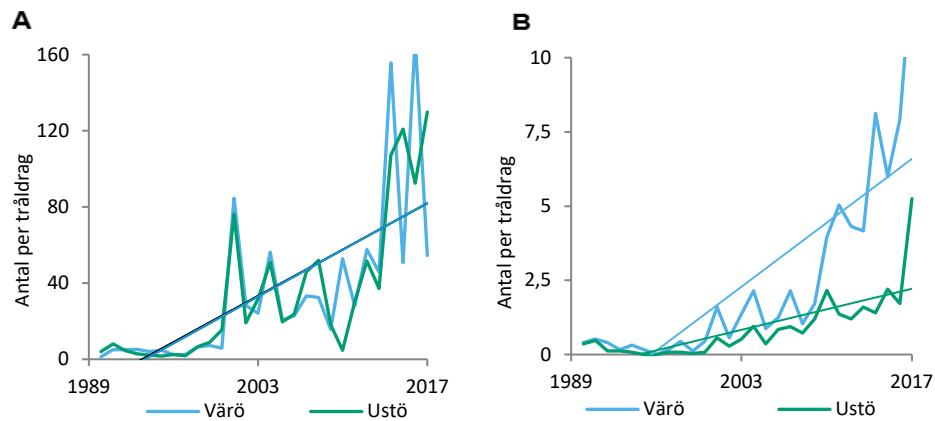
Fångsten av krabba (krabtaska) har en ökande trend både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 17b, Tabell 5). Sen mitten av 2000-talet har fångstantalet av krabba stigit kraftigt, framför allt i Värö. Fångsten av krabba 2017 var den högsta sedan ryggradslösa djur började registreras (1990), med 13 krabbor per tråldrag i Värö och 5 krabbor per tråldrag i Ustö. Medellängden av krabba 2017 skilde sig inte mellan områdena<sup>36</sup>, och var 13 cm.

---

35. Variansanalys ANOVA:  $p=0,766$ ,  $R^2= 0,010$

36. Variansanalys ANOVA:  $p=0,608$ ,  $R^2= 0,012$





Figur 17. Fångst av a) simkrabba och b) krabba, under tidsperioden 1990–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Rät linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### Eremitkräfta

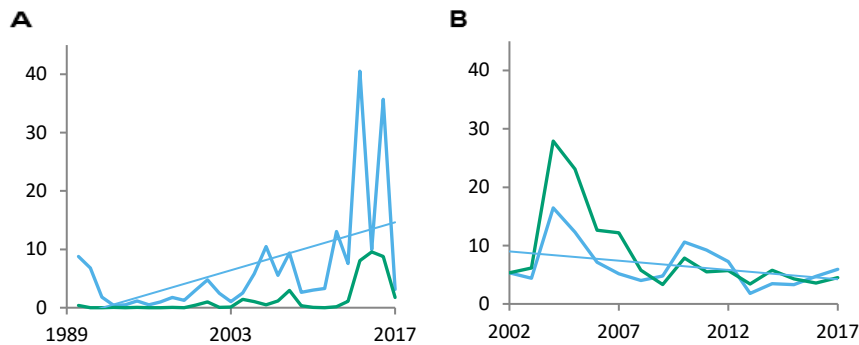
Fångsten av eremitkräfta har varit relativt stabil över åren (2002-2017) i recipientområdet Värö, medan den minskat över tid i referensområdet Ustö (Figur 18a, Tabell 5). En fångsttopp av eremitkräfta kan ses år 2004-2005, då 28 respektive 23 eremitkräftor per tråldrag fångades i Ustö. År 2017 fångades 5,9 eremitkräftor per tråldrag i Värö, och 4,5 eremitkräftor per tråldrag i Ustö. Längden på eremitkräftor år 2017 skilde sig inte mellan områdena<sup>37</sup>, och var 9 cm.

### Strandkrabba

Fångsten av strandkrabba har under trålperioden 1983-2017 varit högre i recipientområdet Värö än i referensområdet Ustö, men ökat över tid i båda områdena (Figur 18b, Tabell 5). Liksom för simkrabba har två fångsttoppar av strandkrabba inträffat år 2014 och 2016 i Värö, då medelfångsten per tråldrag var upp mot 40 strandkrabbor per tråldrag. År 2017 var medelfångsten av strandkrabba per tråldrag relativt låg, med 3,2 strandkrabbor per tråldrag i Värö, och 1,8 strandkrabbor per tråldrag i Ustö. Medellängden av strandkrabba 2017 skilde sig inte mellan de två områdena<sup>38</sup>, och var 6 cm.

37. Variansanalys ANOVA:  $p=0,318$ ,  $R^2=0,047$

38. Variansanalys ANOVA:  $p=0,520$ ,  $R^2=0,072$



Figur 18. Fångst av a) strandkrabba och b) eremitkräfta, under tidsperioden 1990–2017 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Rät linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

### 3.2.7 Sjukdomar och skador

Yttre sjukdomstecken på fisk har registrerats i all fångst sedan 1994. Under fisket 2017 observerades yttre sjukdomssymptom på totalt 8 individer, vilket motsvarar 0,17 procent av den totala fångsten. Flest sjukdomssymptom hittades hos sand-skädda (4 individer). De övriga fiskarna med sjukdomssymptom var enstaka individer av arterna knot, slätvar, torsk och vitling. 2017 förekom två symptom ett flertal gånger. Dessa symptom var akut fenröta och olika typer av tumörer. Ett tredje symptom, *Lymfocystis*<sup>39</sup>, förekom på en individ. Den procentuella andelen av sjuk fisk skilde sig inte mellan Värö och Ustö över tid<sup>40</sup>, och har inte förändrats signifikant över tid sen mätningarnas början år 1994<sup>41</sup>. Ingen skillnad i sjukdomsandel mellan områdena har observerats<sup>42</sup>. Störst andel fiskar med sjukdomssymtom observerades år 2002, 2005 och 2006 (0,34, 0,29 och 0,38 procent respektive år).

### 3.3 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Filmningen av bottenområdet kring Södra Cell Värös utsläppstub 2017 följde tuben på nordsidan, runt öppningen, och sedan sydsidan. På båda sidor av tuben filmades även botten på ett område ut från tuben. Tuben samt dess fundament var bitvis täckta av havsnejlikor (*Metridium senile*) och havstulpaner (*Cirripedia sp.*). En del arter rörde sig på och kring tuben, som krabbtaska, strandkrabbor och två sorters sjöstjärnor, vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*) och ishavssjöstjärna (*Marthasterias glacialis*; Figur 19). Runt tuben simmade fiskarter som gråsej, stensnultra, och skärsnultra. Botten runt- och en bit ut från tuben var på både syd och nordsidan

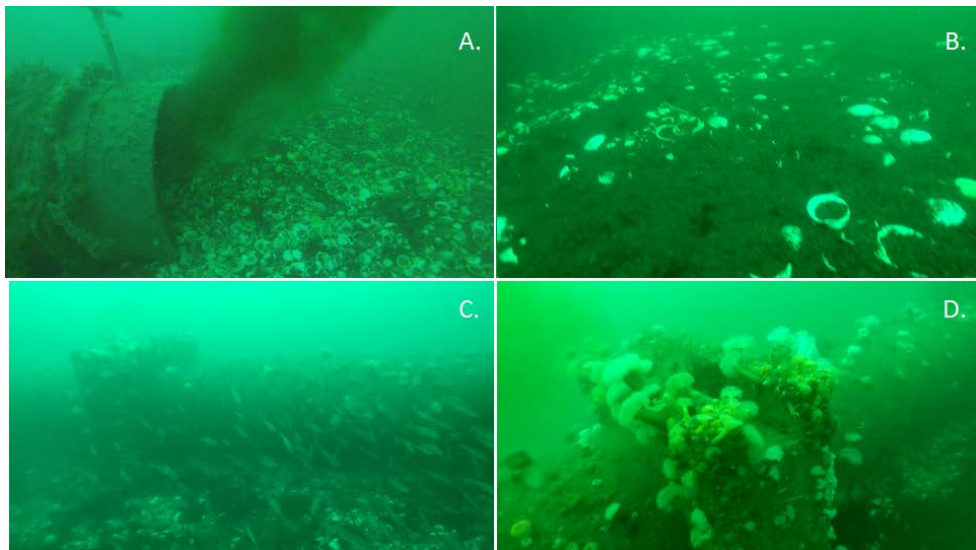
39. Lymfocystis är en virussjukdom som orsakar druvliknande hudtumörer.

40. Kovariansanalys ANCOVA 1994-2017:  $p=0,966$ ,  $R^2=0,015$

41. Variansanalys ANOVA 1994-2017:  $p=0,716$ ,  $R^2=0,015$

42. Variansanalys ANOVA 1994-2017:  $p=0,468$ ,  $R^2=0,015$

täckt av ett lager nedbrutet organiskt material. På den sydliga sidan övergick botten en bit ut från tuben i en mjuk sandbotten. På tubens norra sida, och vid tubens mynning, var det nedbrutna organiska materialet till stora delar blandat med skal, bland annat från arterna islandsmussla (*Artica islandica*), hjärtmussla (*Cerastoderma edule*) och sandmussla (*Mya arenaria*), vilket också observerats tidigare år. På mjuk- och skalbotten en bit från tuben påträffades strandkrabba, simkrabba, krabbtaska och eremitkräftor. Tidigare år har botten på framför allt sydsidan varit synligt täckt av syrefria partier, där sedimentet färgats vitt av svavelbakterier. Detta år syntes dessa partier dåligt, dels på grund av dålig sikt, men också på grund av det lösa lagret organiskt material som till stor del täckte botten kring tuben. Det är därför svårt att avgöra om utbredningen av syrefria partier ökat eller minskat sedan föregående år.



Figur 19. Stillbilder från videofilmningen av Södra Cell Värös utsläppstub 2017, tagna med hjälp av ROV (SeaBotix LBV 150-2). a) Utsläppstubens mynning, b) det närliggande bottenområdet på utsläppstubens nordsida, med ett täckande lager av organiskt material och skal, c) stim av gråsej längs utsläppstuben, och d) det marina påväxtsamhället på tuben, med bland annat havsnejlikor (*Metridium senile*), havstulpaner (*Cirripedia sp*), vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*), och ishavssjöstjärna (*Martinerias glacialis*)

## 4 Diskussion

### 4.1 Ålyngeluppvandring i Viskan

Mängden av uppvandrande ålyngel i ån Viskan har förändrats över tid. Totalt sedan provtagningarna startade har en negativ trend i uppvandningsantal påvisats. Sen början av 70-talet har antalet glasål drastiskt minskat, och från 90-talet till första decenniet på 2000-talet låg glasålen enligt mätningar nära nollgränsen. Sedan 2013 har en markant vändning i trenden av uppvandrande ålyngel observerats i provtagningarna, där ålyngelfångstvikten de senaste två åren (2016 och 2017) nära dubblats från år till år. Den totala fångstvikten 2017 var den högsta sedan 1986 och insamlingen av ålyngel var därmed den högsta som registrerats på trettioett år.

Den europeiska ålen utgör ett enda bestånd som förekommer i stora delar av Europa samt Nordafrika och västra Asien. Utvecklingen i Viskan speglar den generella rekryteringsnedgång för ål, som observerats i hela Europa (ICES 2017, Dekker *m.fl.*, 2016). De kraftiga ökningarna i ålyngelfångst i Viskan på senare år motsäger dock den senaste utvecklingen för ålyngelfångst i Ringhals, i trålundersökningen IBTS i Kattegatt och Skagerrak, liksom utvecklingen för Nordsjöområdet i stort. I den sistnämnda serien har det visserligen skett en viss ökning i ålyngelfångst sedan 2010, men den ökningen tycks ha avstannat (ICES, 2017). Varför Viskan avviker från Nordsjömönstret i detta avseende är inte möjligt att förklara – kanske handlar det om en slumpmässig geografisk variation. Förhoppningsvis kommer den ökade fångsten av glasål som observerats i Viskan också att återspeglas senare i inventering av gul- och blankål.

Den största andelen fångade ålyngel i Viskan under 2017 fångades in i slutet av juni och början och slutet av juli, med en effekt av temperaturförändringar över tid. Dessa resultat indikerar att temperaturen i vattnet påverkar ålynglens uppvandring, men bara under rätt tidperiod. Det kan vara så att för att påbörja uppvandring, måste

ålynglen både haft tillräcklig tid att utvecklas, bygga upp energireserver, och uppleva rätt indikationsfaktorer i vattnet, som vattentemperatur. Våra observationer stämmer överens med tidigare studier, som visat att vid varmare temperaturer och med högre energireserver tenderar glasål att dra sig från salt- till sötvatten, och börja aktiv migration (Edeline m.fl., 2006). En temperaturkänslighet i uppvandningsmönstret innebär också förmodligen att glasåls beteende eventuellt påverkas av klimatförändringar.

## 4.2 Provfiske med bottentrål

Under provfisket 2017 har vissa skillnader i fångstantal och artsammansättning kunnat uppmätas mellan recipientområdet Värö och referensområdet Ustö. 2017 fångades i snitt 20 % färre antal fiskar per tråldrag än genomsnittet för trålningsperioden 1983-2016 i de två områdena. Samtidigt fångades i snitt 9 % fler arter än genomsnittet per tråldrag över områdena för samma tidsperiod.

Antalet fiskar i fångsten per ansträngning har varken ökat eller minskat över hela trålningsperioden (1983-2017) i något av de två områdena. Däremot kan en förändring skönjas under den senaste tioårsperioden, då fångstantalet för fisk i Ustö ökat, medan det minskat i Värö. I slutet av 80-talet och under 90-talet var fångstantalet markant högre i Ustö än i recipientområdet Värö. Denna skillnad i fiskmängd var troligen en effekt av perioden då klorblekning användes av Södra Cell Värö. Det har visats att områden vid massabruk där klorblekning tillämpas har reducerade fiskpopulationer (Neuman och Karås, 1988). Dessutom har studier visat att det tar åtskilliga år för fisksamhällen i påverkade områden att återgå till referensvärden efter att klorblekning upphört (Sandström och Neuman, 2003), vilket stämmer överens med observationerna från provfisket vid Värö och Ustö över tid. Södra Cell Värö upphörde användningen av klorblekning 1993. Innan 1993 har resultaten från provfisket visat att Ustö haft ett betydligt högre fångstantal per ansträngning än Värö under samma år. Inte förrän i slutet av 90-talet var fångsterna från de två områdena lika i antal fisk per ansträngning. Sedan 2000-talet och fram till 2017 kan man se årliga fluktuationer mellan de två områdena, men fångstantalet av fisk emellan dem har sedan dess inte skilt sig mycket.

Liksom förgående år visade resultaten av trålfisket 2017 att fler arter av både fisk och evertebrater har ökat över tid i recipientområdet Värö än i referensområdet Ustö. Tidigare studier har visat att klorblekning kan ha negativ inverkan på påverkade fisksamhällen (Neuman och Karås, 1988). Sett till recipientområdet Värö och referensområdet Ustö över tid under trålningsperioden 1983-2017, syns ingen direkt skillnad på abundansen av arter som skulle kunna härledas till effekter av brukets

processer. Den trofiska medelnivån i fisksamhället skilde sig inte mellan recipient- och referensområde, men i referensområdet har den trofiska medelnivån ökat under trålningsperioden. Artdiversiteten i Värö har ökat över tid under trålningsperioden men inte i Ustö, och den totala artdiversiteten var högre i Värö än i referensområdet Ustö. Detta skulle kunna bero på den starka dominansen av sandskädda i referensområdet, som drar ner diversitetsindex och påverkar den trofiska medelnivån för området. Botten vid referensområdet Ustö är täckt av ett fint sandlager, vilket gynnar bottenlevande fiskarter som sandskädda (Frimodt, 1995). Botten vid Värö är också täckt av sand, men med mindre jämnhet och mer sten i förhållande till Ustö. Det är möjligt att den höga abundansen och de gynnsamma förhållandena för sandskädda i Ustö hindrar etableringen av andra arter, medan den förhållandevis mer versatila botten vid Värö tillåter mer variation i artsammansättningen.

Ett flertal arter har både ökat och minskat i antal över trålningsperioden (1983-2017) i både Värö och i Ustö. Fler arter har ökat över tid i Värö än i Ustö, men samtidigt har antalet av den dominerande sandskäddan ökat (de senaste tio åren) i Ustö, men minskat över tid i Värö. Antalet evertebrater har också från att de började registreras 1990 och fram till 2017 ökat över tid i referensområdet, men inte i recipientområdet. I både Värö och Ustö har abundansen av vissa arter, framför allt simkrabba, krabba och eremitkräfta, ökat. En orsak till ökningen av dessa arter skulle kunna vara den låga förekomsten av större rovfisk som torsk, lyrtorsk och gråsej, vars diet till stor del består av dekapoder (Du Buit, 1995). Minskningen över tid och den låga förekomsten av bland annat torsk är troligen en nationell effekt av kommersiell överfiskning och högt fisketryck (Cardinale och Svedäng, 2004).

Proportionen av yttre tecken på sjukdom hos fisk i fångsten 2017 var relativt låg. Tidigare studier har visat att områden påverkade av pappersmassabruk med aktiv klorblekning har högre förekomst av sjukdomar så som fenröta och skelettdeformeringar (Thulin m.fl., 1989; Lindesjö och Thulin, 1990). Mellan recipientområdet Värö och referensområdet Ustö kunde dock inga skillnader i sjukdomsförekomst uppmätas över tid.

#### 4.3 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Tidigare år har det största potentiella tecknet på miljöpåverkan i den visuella utvärderingen av bottenförhållandet vid Södra Cell Värös utsläppstub varit förekomsten av syrefria fläckar i området kring utsläppstuben (se Lingman, 2015; Lingman och Sundqvist, 2016). Under årets videofilmning var dessa fläckar inte möjliga att urskönja, eftersom mycket organiskt material i vattenmassan försämrade sikten vid utsläppstuben och ett lager av partikulärt organiskt material täckte större delarna av

botten kring tuben. Som noterat i tidigare års rapporter kan syrebrist uppstå i sedimentet när partikulärt organiskt material bryts ned varvid syre förbrukas (Møller m.fl., 1985; Nordberg m.fl., 2017). Denna process kan ytterligare öka om organiskt material tillförs eller i områden med låg vattenomsättning. Det är sannolikt att den kontinuerliga tillförseln av näringsämnen och suspenderat partikulärt material från Södra Cell Värös utsläpp bidrar till den låga syrehalten i botten vid utsläppsområdet.

#### 4.4 Effekter av Södra Cell Värö på närområdet

Det går inte att knyta effekter av Södra Cells dammanläggning till antalet uppvandrande ålyngel i Viskan. Även om den totala mängden uppvandrande ålyngel i Viskan kraftigt har minskat över tid (1983-2017), lovar förhoppningsvis de senaste årens stadiga ökning i antal glasål i provtagningen en ljusare framtid för nyrekryteringen av ål. Det är troligare att både den totala minskningen av antalet uppvandrande glasål över provtagningsperioden, och de senaste årens positiva trend i fångstantal av glasål är kopplat till globala minskningar i ålbestånd över tid (ICES 2017, Dekker m.fl. 2016), och eventuellt är de senare årens ökning ett resultat av bevarandeplaner för ål (Nordwall; Moriarty och Dekker, 1997; Anderson, 2008), än att fångstantalet skulle vara relaterat till Södra Cell Värös lokala dammanläggning.

Inga synliga negativa effekter av Södra Cell Värös aktiviteter kan heller ses på fisksamhället i recipienten i dagsläget. Fångstantalet av fisk, diversiteten av fiskarter, och sjukdomsförekomst i recipientområdet visar inga märkbara negativa effekter i förhållande till referensområdet. Tidigare studier på miljöeffekterna av pappersmassabruk har dock visat att TCF och ECF-blekning kan ha negativ inverkan på fisken i påverkade områden (Sandström och Neuman, 2003; Milestone m.fl., 2012). Observerade defekter på fisk, såsom fördröjd sexuell mognad, underutvecklade gonader och snabb somatisk tillväxt är några av de effekter som påvisats på fiskarter i områden där ECF-blekning brukas (Neuman och Karås, 1988). Närmare studier har visat att det framför allt är fiskars steroidreglerande system som störs av restprodukterna av ECF, vilket reducerar koncentrationen av könshormoner, framför allt hos vissa arter (Karels m.fl., 1999). Det har också visats att steroler från det partikulära organiska materialet kan ha negativ inverkan på marina organismers ontogenetiska utveckling (Lehtinen m.fl., 1999). Huruvida liknande effekter påverkat fisksamhället vid Södra Cell Värö är inte fastställt i dagsläget.

Det är också svårt att estimera effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala omgivningen. För en bättre förståelse av tubens inverkan, skulle de visuella analyserna av det marina bottenmiljösystemet kunna kompletteras med sedimentprov

och bottenfaunaprovtagning för att undersöka syrehalt och förekomst av bottenlevande organismer.



## 4.5 Referenslista

- Anderson, M. (2008). *Ålfiskeförbudet: en undersökning av olika aktörer och olika aktörers åsikter på förvaltning, kommunikation och framtiden inom svenskt ålfiske*: Inst. för stad och land, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Canli, M. & Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution* **121**, 129-136.
- Cardinale, M. & Svedäng, H. (2004). Modelling recruitment and abundance of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the eastern Skagerrak–Kattegat (North Sea): evidence of severe depletion due to a prolonged period of high fishing pressure. *Fisheries Research* **69**, 263-282.
- Cody, R. & Bortone, S. (1997). Masculinization of mosquitofish as an indicator of exposure to kraft mill effluent. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* **58**, 429-436.
- Dekker, W. (2000). The fractal geometry of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science* **57**, 109-121.
- Dekker, W., Wickström, H. & Sjöberg, N. (2016). Utvärdering av den svenska ålförvaltningen.
- Du Buit, M. H. (1995). Food and feeding of cod (*Gadus morhua* L.) in the Celtic Sea. *Fisheries Research* **22**, 227-241.
- Edeline, E., Lambert, P., Rigaud, C. & Elie, P. (2006). Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **331**, 217-225.
- Forlin, L., Andersson, T., Balk, L. & Larsson, A. (1995). Biochemical and physiological effects in fish exposed to bleached kraft mill effluents. *Ecotoxicology and environmental safety* **30**, 164-170.
- Freire, C. S., Silvestre, A. J. & Neto, C. P. (2003). Carbohydrate-derived chlorinated compounds in ECF bleaching of hardwood pulps: Formation, degradation, and contribution to AOX in a bleached kraft pulp mill. *Environmental science & technology* **37**, 811-814.
- Frimodt, C. (1995). *Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish*: Fishing News Books Ltd.
- Karels, A., Soimasuo, M. & Oikari, A. (1999). Effects of pulp and paper mill effluents on reproduction, bile conjugates and liver MFO (mixed function oxygenase) activity in fish at Southern Lake Saimaa, Finland. *Water Science and Technology* **40**, 109-114.
- Lehtinen, K.-J., Mattsson, K., Tana, J., Engström, C., Lerche, O. & Hemming, J. (1999). Effects of wood-related sterols on the reproduction, egg survival, and offspring of brown trout (*Salmo trutta lacustris*L.). *Ecotoxicology and environmental safety* **42**, 40-49.
- Lindesjö, E. & Thulin, J. (1990). Fin erosion of perch *Perca fluviatilis* and ruffe *Gymnocephalus cernua* in a pulp mill effluent area. *Diseases of Aquatic Organisms* **8**, 119-126.
- Mellanen, P., Soimasuo, M., Holmbom, B., Oikari, A. & Santti, R. (1999). Expression of the vitellogenin gene in the liver of juvenile whitefish (*Coregonus lavaretus* L. sl) exposed to effluents from pulp and paper mills. *Ecotoxicology and environmental safety* **43**, 133-137.
- Milestone, C. B., Orrego, R., Scott, P. D., Wayne, A., Kohli, J., O'Connor, B. I., Smith, B., Engelhardt, H., Servos, M. R. & MacLatchy, D. L. (2012). Evaluating the potential of effluents and wood feedstocks from pulp and paper mills in Brazil, Canada, and New Zealand to affect fish reproduction: chemical profiling and in vitro assessments. *Environmental science & technology* **46**, 1849-1858.

- Moriarty, C. & Dekker, W. (1997). Management of the European eel. Marine Institute.
- Møller, M. M., Nielsen, L. P. & Jørgensen, B. B. (1985). Oxygen responses and mat formation by *Beggiatoa* spp. *Applied and Environmental Microbiology* **50**, 373-382.
- Neuman, E. (1977). Fiskeriundersökningar vid Väröhalvön. *Statens Naturvårdsverk. Arbetsrapport*.
- Neuman, E. (1988). *Effekter av Ringhalsverkets kylvattenutsläpp på det strandnära fiskesamhället*. Naturvårdsverket.
- Neuman, E. & Karås, P. (1988). Effects of pulp mill effluent on a Baltic coastal fish community. *Water Science and Technology* **20**, 95-106.
- Nordberg, K., Asteman, I. P., Gallagher, T. M. & Robijn, A. (2017). Recent oxygen depletion and benthic faunal change in shallow areas of Sannäs Fjord, Swedish west coast. *Journal of Sea Research* **127**, 46-62.
- Nordwall, F. Förvaltningsplan för ål.
- Nowack, B. & VanBriesen, J. M. (2005). Chelating agents in the environment. ACS Publications.
- Oviedo, C. & Rodríguez, J. (2003). EDTA: the chelating agent under environmental scrutiny. *Quimica Nova* **26**, 901-905.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). Fishing down marine food webs. *Science* **279**, 860-863.
- Pihl, L. (1994). Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced hypoxia in the Kattegat, Sweden. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**, 321-336.
- Pihl, L., Baden, S. & Diaz, R. (1991). Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans. *Marine Biology* **108**, 349-360.
- Remberger, M. (2001). *EDTAs öde i miljön: interaktion med partikulärt material och sedimenten*.
- Rosenberg, R. & Loo, L.-O. (1988). Marine eutrophication induced oxygen deficiency: effects on soft bottom fauna, western Sweden. *Ophelia* **29**, 213-225.
- Sandström, O. & Neuman, E. (2003). Long-term development in a Baltic fish community exposed to bleached pulp mill effluent. *Aquatic ecology* **37**, 267-276.
- Shannon, C. E. (1949). Communication theory of secrecy systems. *Bell Labs Technical Journal* **28**, 656-715.
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research* **10**, 126-139.
- Snickars, M., Sandström, A. & Mattila, J. (2004). Antipredator behaviour of 0+ year *Perca fluviatilis*: effect of vegetation density and turbidity. *Journal of Fish Biology* **65**, 1604-1613.
- Sohel, S. (2015). Effects of algal turbidity on foraging and antipredator behaviour of the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*).
- Thoresson, G. (1992). Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll. Kustrapport 4, 88.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1988). Diseases and parasites of fish in a bleached kraft mill effluent. *Water Science and Technology* **20**, 179-180.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1989). Fish Diseases in Coastal Waters (Fisksjukdomar I Kustvatten). Naturvårdsverket (Natural Agency), Almännä Förlaget, Solna (126 pp.).

#### Tidigare årsrapporter

- Lingman A., Fagerholm, B. (2012) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2011. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för akvatiska resurser, 22 s.
- Lingman A., Tärnlund, S., Fagerholm, B. (2013) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2012. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för akvatiska resurser, 25 s
- Lingman, A. (2015) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2014. Aqua reports 2015:3. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för akvatiska resurser, 35s.
- Lingman, A., Sundqvist, F. (2016). Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö.

- Ljungberg, P, Fagerholm, B. (2014) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2013. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för akvatiska resurser, 32 s.
- Sundqvist, F. (2009) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2008. Fiskeriverkets Kustlaboratorium, arbetsrapport, 17 s.
- Sundqvist, F., Fagerholm, B. (2010) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2009. Fiskeriverkets Kustlaboratorium, arbetsrapport. 18 s.
- Sundqvist, F., Jansson, M. (2011) Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2010. Fiskeriverkets Kustlaboratorium, arbetsrapport, 17 s.
- Årsrapport för 2015. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 33 s

Bilaga 1. Totalfångst av alla arter i provfiske med bottentrål i recipienten för Södra Cell Värö 1995–2017.

FISKAR	Latinskt namn	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>								7							2								
Berggylta	<i>Labrus berggylta</i>																							
Bergtunga	<i>Microstomus kitt</i>	13	1	6	7	6	8	17	7	5	9	18	23	4	28	7	1	7	2		24	1	6	
Bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>								2		1				2									
Femtömmad skarlång	<i>Ciliata mustela</i>																							
Fenknott	<i>Chelidonichthys lucerna</i>									1	2	1	7	3		3			2	6	1		3	
Fjärsing	<i>Trachinus draco</i>	10	8	2	67	22	72	152	91	307	246	763	613	615	99	364	260	390	498	333	297	279		
Fläckig sjökock	<i>Callionymus maculatus</i>													1					1			1		
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>								4											1		1		
Grässmältra	<i>Centrolabrus exoletus</i>															1								
Gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		42													5				7				
Galil	<i>Anguilla anguilla</i>																							
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>											2												
Klarbult	<i>Aphia mnuta</i>																							
Knaggrocka	<i>Raja clavata</i>																							
Knot	<i>Eutrigla gurnardus</i>	31	16	116	41	121	31	103	89	265	370	168	128	152	128	73	62	75	151	435	151	143	157	
Kolja	<i>Melanogrammus aeglefin</i>	114	18	176	140	307	41	167	8	92	520	362	1546	1024	1765	388	836	378	64	268	20	561	53	
Kummel	<i>Merluccius merluccius</i>	1	2	19	2	10	1	11	12	89	43	11	8	11			1	1	13		1			
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessot</i>	38	109	64	36	42	58	311	67	94	82	86	60	44	9	7	14	18	44	23	15	3	7	
Lerskubb	<i>Pomatoschistus microps</i>																							
Lytorsk	<i>Pollachius pollachius</i>																							
Långa	<i>Molva molva</i>							1				1												
Makrill	<i>Scomber scombrus</i>																							
Marulk	<i>Lophius piscatorius</i>																							
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>																							
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>															1			1					
Piggshaj	<i>Squalus acanthias</i>																						1	
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>	5	3	20	12	36	16	7	4	4	7	29	18	17	3	32	11	7	9	16	8	3	5	
Randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>	10	12	28	11	35	95	169	74	147	155	302	45	125	107	14	8	16	69	127	13	36	8	
Rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	521	188	376	201	347	75	566	353	1265	453	1255	748	490	365	774	365	389	284	493	511	403	221	
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	83	66	153	103	151	75	48	100	89	105	137	92	37	74	135	152	89	72	436	93	41	70	
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	5326	3672	5245	3219	6761	2434	8023	5084	12361	7110	13122	5220	7216	7082	4062	6576	3921	3948	5963	4400	4852	3199	
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>															3	1			1		1	3	
Sill	<i>Clupea harengus</i>		6	2		32	5		26	9	3	1	4		1	1	7	6	1	38	1	1	1	
Sjorygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>															27								
Skarpill	<i>Sprattus sprattus</i>		9	12	4	10	18	2	103	9	15	9	12	6		10	83		1	55		52		
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	38	4	7	4	1	4	9	29	9	11	4	1	6	7	13	12	9	27	26	17	4	13	
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	2	2	5	3	24	7	3	6	20	9	46	3	1	1	64	13	30	12	102	40	46	9	
Skarsmältra	<i>Symphodus melops</i>	3				1				1	3					3								
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>	2	4	12	9	11	12	29	13	5	9	62	40	48	41	121	11	2	36	38	14	6	22	
Småfläckig rödhaj	<i>Scyllorhynchus canalicula</i>																							
Småtunga	<i>Buglossidum luteum</i>															2	6	5	1		7	2	1	
Småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>	11	15	10	5	9	25	28	40	54		3												
Spetsstjärtad långebar	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>																							
Spetsstjärtad	<i>Lesueurigobius friesii</i>											1									20			
Stensmältra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>																							
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	3	2	4		3	13	8	18	10	17	21	22	53	37	12	1	2	9		1	7	3	
Tagmakrill	<i>Trachurus trachurus</i>	500	23	2	6	76	101	1000	8	220	253	54	19	1	89	14			6	2		1	1	
Tobis (kust-havs-)	<i>Ammodytidae</i>																							
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	20	90	694	96	79	306	104	526	88	287	369	21	75	97	27	12	3	38	21	47	20	31	
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>									20	82	117	126	80	63	71	54	73	30	161	49	87	78	
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>																							
Viting	<i>Merlangius merlangus</i>	196	665	2428	1280	3421	3098	2370	4911	2835	786	1927	1339	1473	740	359	100	9	937	1330	145	1029	231	
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	4	2	2		5	2	2	9	5	3	10	11	4	2	12	3	6	2	24	6	3	1	
<b>Antal fiskar</b>		<b>6421</b>	<b>5438</b>	<b>9411</b>	<b>5177</b>	<b>11475</b>	<b>6431</b>	<b>12143</b>	<b>12642</b>	<b>17505</b>	<b>10654</b>	<b>18595</b>	<b>10295</b>	<b>11504</b>	<b>11208</b>	<b>6392</b>	<b>8708</b>	<b>5302</b>	<b>6149</b>	<b>10100</b>	<b>5897</b>	<b>7600</b>	<b>4403</b>	
<b>Antal fiskarter</b>		<b>19</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>20</b>		
<b>EVERTEBRATER</b>																								
Bläckfisk obestämd	<i>Loligo sp.</i>		1	3			2	16	10	4	2			9		1	7	1		11	3		11	
Eremitkräffa	<i>Paguridae sp.</i>								133	110	329	307	178	103	100	120	265	231	181	45	86	82	118	119
Havskräfta	<i>Nephrops norvegicus</i>			2			20	1		1	1			1	1									
Hömmar	<i>Homarus gammarus</i>		1									1	1					2	3		1			
Hästraka	<i>Crangon crangon</i>																							
Krabbtaska	<i>Cancer pagurus</i>		4	11	3	11	40	14	34	43	22	31	43	26	43	99	126	108	104	203	150	198	260	
Maskeringskrabba	<i>Hyas araneus</i>	3	1	15	16	2	132	6	14	25	6	13	1	6	3	2	4	20		6	4	3	4	
Nordisk Kalmar	<i>Loligo forbesi</i>																					1	36	
Simkrabba obestämd	<i>Liocarcinus sp.</i>	39	65	158	179	147	2115	706	606	1127	514	572	666	811	390	1319	702	1442	1145	3891	1268	4210	1089	
Spindelkrabba	<i>Macropodia rostrata</i>																			1				
Strandkrabba	<i>Cancer maenas</i>	13	25	44	32	75	119	62	26	50	145	262	111	235	66	75	82	326	189	1013	250	892	63	
Tio																								



