



Aqua reports 2021:3

Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö

Årsrapport för 2020

Jakob Looström, Staffan Persson



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Sammanfattning

Södra Cell Värö är ett massabruk med produktion sedan 1971. Sammansättningen av ämnen i brukets processvatten har förändrats genom åren och i denna rapport har effekter och miljöpåverkan av brukets verksamhet undersökts, med fokus främst på livet i den marina omgivningen. Undersökningarna startade 1983, utförs årligen och omfattar analyser av vilka effekter 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.

Uppvandringen av ålyngel undersöks genom insamling i ålyngelledare från april–september. Fisk- och evertebratsamhället undersöks genom trålningar i september både i recipientområdet, Värö, och i referensområdet, Ustö. Från trålningarna analyseras antalet fiskar och arter, diversitet, och den genomsnittliga trofiska nivån i fisksamhället och jämförelser har gjorts mellan områdena över tid.

Effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala botten undersöks med filmning och visuell analys görs av bottenområdet kring tuben. Vid filmningen 2020 noterades få fastsittande arter på och runt tuben samt att stora mängder lösa partiklar och organiskt material sprids till omgivande botten.

Fångsten av uppvandrande ålyngel har totalt sett minskat över tid från undersökningarnas början, men en svag ökning kan noteras under den senaste sjuårsperioden. Fångsten av ålyngel kan inte kopplas till Södra Cell Värös verksamhet, utan beror snarare på storskaliga förändringar i trender i ålrekryteringen.

Den totala fångsten av fisk i trålundersökningarna har inte förändrats över tid vid Värö eller vid referensområdet Ustö. Fångsten av ryggradslösa djur i provfisket över tid skiljer sig inte mellan Värö och referensområdet, och det totala antalet ryggradslösa djur har ökat i båda områdena. Utvecklingen av antalet evertebratarter över tid skiljer sig åt mellan de två områdena, även om artantalet i fångsten har ökat på båda platserna. I provfiskefångsten har simkrabba, strandkrabba och krabbtaska ökat över tid i Värö. I Ustö har endast simkrabba och krabbtaska ökat över tid.

År 2020 var Shannon–Wieners diversitetsindex något högre vid Värö än vid Ustö.

Inga signifikanta trender i trofisk nivå över tid kan påvisas och det fanns ingen skillnad i trofisk nivå mellan Värö och referensområdet. Den trofiska nivån bestämdes främst av sandskädda som var den dominerande arten. Fångsten av vitling har fluktuerat över tid, och var åter på låga värden efter rekordhög fångst av arten 2016. Rödspätta har minskat i Ustö och områdena utvecklas olika över tid, där Ustö har större fångst av rödspätta i provfiskeperiodens början, medan förhållandet är det omvända i slutet av provfiskeperioden. Individerna i fångsten var generellt små. Torsk har minskat i båda Värö och i referensområdet, och fångsten bestod av små, sannolikt unga individer.

Sjukdomskontroll utfördes på samtliga fångade fiskar. Ett fåtal individer uppvisade yttre, synliga skador eller sjukdomssymptom.

Abstract

Södra Cell Värö is a pulp mill with an ongoing production since 1971. The composition of substances in the process water has changed over the years and in this report the effects and the environmental impact of the mill's daily operations have been investigated, with the foremost focus on the surrounding marine life in the recipient area of Värö and the reference area, Ustö. The monitoring of the mill's environmental impact began in 1983, and has been conducted on an annual basis. The monitoring includes analysis of the potential impacts of the mill's damming of the River Viskan on the upstream migration of juvenile eel, the status of the fish and invertebrate community in the recipient over time, and the potential impacts of the emission from the mill's outlet pipe on the surrounding seafloor.

The migration of juvenile eel has been monitored by collecting juvenile eel from an eel conductor during April to September, while the fish and invertebrate community has been monitored using bottom trawling in September, both in the recipient area, Värö, and in the reference area Ustö. The number of fish caught during trawling, species abundance, diversity, and mean trophic level, were analysed and compared between Värö and the reference area over time.

The effects of the emissions from the outlet tube of Södra Cell Värö on the surrounding seabed has been monitored by underwater filming followed by visual analyses. During the filming in 2020, only a few sessile species was observed on the tube and large amounts of loose particles and organic material were spreading to the surrounding seabed.

The catch of migrating juvenile eel has decreased over time since the monitoring started, but has slightly increased in the last seven years. However, the abundance of juvenile eel over time is more likely due to large-scale trends in eel recruitment, rather than by operations by Södra Cell.

The fish and invertebrate community around Värö is monitored through yearly trawl fishing, both in the waters outside Värö, and in a reference area, outside the island Ustö. The total catch of fish has not changed over time in the recipient area Värö, nor in the reference area Ustö. Total catches of invertebrates has increase over time in both areas. No significant difference in catch over time can be seen when comparing the two areas.

The total catch of invertebrates has not changed between the two areas over time, and the total number of invertebrate species caught has increased in both areas. In Värö, an increase in both swimming crabs, edible crabs and shore crabs could be seen over time. In Ustö, only swimming crabs and edible crabs have increased over time.

Year 2020, the Shannon–Wiener diversity index was slightly higher in Värö than in the reference area Ustö. No significant trends regarding changes in the trophic level were observed in or between the areas; with trophic level influenced by the dominant species, dab. The catch of dab consisted of small individuals. The catch of whiting has fluctuated over time, and 2020 it was once again at a low level, following a record high catch in 2016. Plaice has decreased around Ustö and the two areas have developed differently, with more plaice in Ustö in the beginning of the time series, and the opposite relation in the later previous

years. The individuals of plaice in the catch 2020 were small. Cod has decreased in both areas, and the individuals caught were small and potentially juvenile.

All caught fish were inspected for external symptoms of disease and deformity, and few were found with either.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
2	Material och metoder	10
2.1	Uppvandring av ålyngel i Viskan	10
2.2	Provfiske med bottentrål.....	11
2.3	Statistiska analyser	13
2.4	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	14
3	Resultat	16
3.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	16
3.2	Provfiske med bottentrål.....	17
3.2.1	Totalfångst	17
3.2.2	Diversitet	22
3.2.3	Trofisk nivå.....	22
3.2.4	De vanligaste fiskarterna i trålfisket	23
	26
3.2.5	Övriga fiskarter i trålfisket	26
3.2.6	Ryggradslösa djur	27
3.2.7	Sjukdomar och skador	29
3.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	30
4	Diskussion	33
4.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	33
4.2	Provfiske med bottentrål.....	33
4.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	35
4.4	Effekter av Södra Cell på närområdet.....	35
4.5	Referenslista	37

1 Inledning

För att undersöka eventuella effekter av Södra Cell Värös sulfatmassabruk på närmiljön utförs årligt fortlöpande recipientkontroller. Från och med den 1 januari 1991 sammanställs dessa kontroller enligt direktiv från Länsstyrelsen i Halland. Delar av recipientkontrollen ansvaras för och genomförs av Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua). Syftet är att bedöma effekter av massabrukets drift på det marina samhället och miljön vid recipientområdet för brukets utsläppsvatten med fokus på fisk, skaldjur och andra marina evertebrater (rygggradslösa djur) samt påverkan från Södra Cells dammanläggning på uppvandrande nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) i Viskan.

Södra Cell Värö använder i genomsnitt cirka 80 000 m³ (2020) sötvatten dagligen. Detta vatten 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 sker i havet via en fem kilometer lång utsläppstub (Figur 1). Av den totala vattenvolym som släpps ut via tuben är 50 000 m³ kylvatten och övrigt processavlopp, som värmts upp till 30–40 °C och som har ett pH-värde på 8. Till massafabrikens blekeri används 16 000 m³, medan resterande 14 000 m³ evaporerar i samband med totala verksamhetsprocessen (Gunnarsson, 2021). Från blekeriet går vattnet vidare i en biologisk reningsprocess där totalt organiskt kol (TOC) reduceras med cirka 70 procent och klorat reduceras med över 90 procent. Även kväve, fosfor och klorerade organiska substanser (AOX) binds innan de släpps ut tillsammans med övrigt processvatten i stora sedimentationsbassänger. Under sedimenteringen fångas träfibrer upp, som sedan går vidare till slamhantering. Efter sedimentationsbassängerna når utsläppet slutligen havet via utsläppstuben. 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 transportbotten vid ett vattendjup mellan 15 och 18 meter i öppet hav väster om massafabriken. Komponenter som mäts i havsområdet utanför Värö och följs upp av tillsynsmyndighet (Länsstyrelsen) är bland annat kväve och fosfor. Dessa näringsämnen anses kunna bidra till bland annat övergödning och i övrigt försämrade miljöförhållanden (Andersen m.fl., 2020).

Typiska effekter av för hög näringsbelastning innefattar minskat siktdjup på grund av ökad tillväxt av planktoniska alger, ökad förekomst av toxiska algblomningar, och skiften i artsammansättningen av både bentiska evertebrater och kustnära fiskar (Andersen m.fl., 2020). 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 partikulärt organiskt material (Nordberg m.fl., 2017; Andersen m.fl., 2020). 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).

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. Dessa ämnen kan bland annat bidra till missbildningar hos fisk, och minskade fiskbestånd (Thulin m.fl., 1988; Förllin m.fl., 1995). Från 1993–2016 använde Södra Cell Värö endast TCF-blekning (Totally Chlorine Free), där det huvudsakliga blekämnet är väteperoxid. År 2016 expanderade Södra Cell Värös produktion och mer än fördubblade den tidigare produktionen. I samband med expansionen började en för Värö ny metod användas i kombination med TCF-blekningen. Den för Värö nya metoden, ECF-blekning (Elemental Chlorine Free), bleker med det huvudsakliga blekämnet klordioxid. Studier från andra pappersbruk har visat att utsläpp från ECF-blekning (även vid låga koncentrationer eller vid störning under kortare perioder) kan vara hormonstörande för fiskar (Scott m.fl., 2011, Costigan m.fl., 2012, Chiang m.fl., 2015; Orrego m.fl., 2019).

Förutom möjliga effekter av utsläppsvattnet, tillför dammanläggningen vid Viskans mynning en ytterligare riskfaktor då känsliga arter, framför allt

ålyngel, kan påverkas. Varje år vandrar nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) från havet upp i Viskan som en del i sin livscykel. 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 skall ha möjlighet att passera. I tillägg har dammanläggningen fyra ålyngelledare som skall underlätta ålens uppvandring.



- Videofilming av utsläppet
- Utsläppstuben
- Tråldrag



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 Cell Värös utsläppstub, de svarta linjerna visar den ungefärliga sträckan och positionerna för tråldragen vid provfiske.

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 ut i havet cirka en decimeter under lägsta vattennivån och den andra änden är belägen innanför vallen cirka 1,5 meter över vattenytan. 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 samlas in registreras enbart totalvikten, och medelvikten per yngel räknas ut från ett stickprov på ett 30-tal yngel. I tidigare kontroller, fram till 2003, användes 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 0,30 gram för maj, 0,46 gram för juni, 0,50 gram för juli, 0,70 gram för augusti och 1,00 gram för september och oktober. Från och med 2015 räknas medelvikten för yngel ut varje vecka.

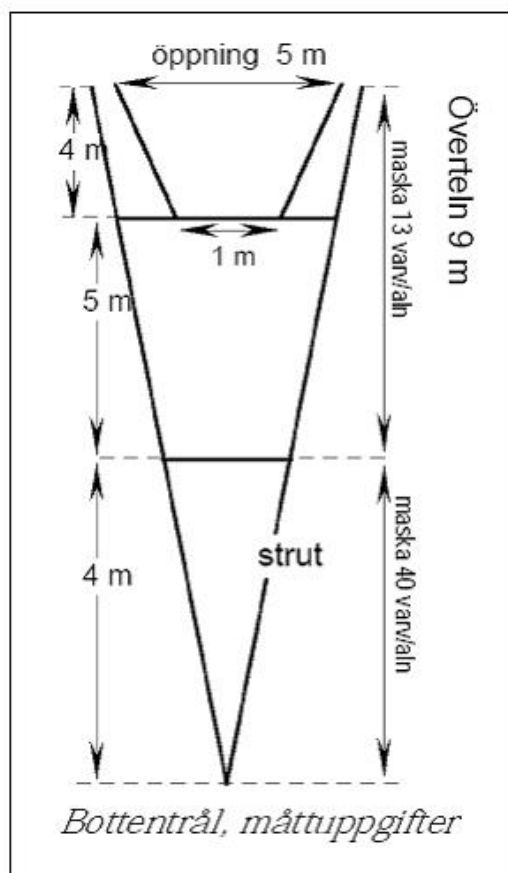
För att främja ålarnas uppvandring finns föreningen Viskans ålplan, bestående av kraftverken i Viskan, i samarbete med Varbergs- och Borås kommuner samt Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelserna i Hallands och Västra Götalands län. Varje kraftverk lyder under vattendomar, som reglerar skyldigheter att anordna vandringsvägar för ål, så att dessa kan vandra upp i Viskans vattensystem. I enlighet med Viskans ålplan har SLU

Aqua, under perioder då större mängder ål samlats in (>3 kg/vecka), placerat ut infångade ålar i de större sjöarna inom Viskans tillrinningsområde. Eftersom ålyngel har samlats in vid Södra Cell Värös dammanläggning och transporterats förbi vandringshindren i vattensystemet behöver inte industriernas skyldighet att bygga vandringsvägar för ål uppfyllas. Om ålplanen skulle upplösas träder vattendomarna i kraft och industrierna måste då fullfölja sina skyldigheter med fria vandringsvägar.

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, härafter kallad Ustö. Recipienten är lokaliserad vid avloppstubens mynningsområde ($57^{\circ} 11' 59''$ N, $12^{\circ} 05' 19''$ E) och referensområdet är beläget cirka 15 kilometer norrut, väster om Ustö, härafter kallat Ustö ($57^{\circ} 18' 00''$ N, $12^{\circ} 05' 00''$ E, figur 1). Trålningen genomförs på ett djupintervall mellan 18 och 24 meter vid Värö och mellan 24 och 28 meter vid Ustö. Generellt har området kring Ustö ett bottenförhållande med något mjukare sediment än området kring 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 fem meter och en uppfångningsstrut på fyra 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 hastighet av två knop. Liksom tidigare år upprepades trålningen 2020 under fem dagar med en dag mellan varje trålningstillfälle i vardera området. Totalt trålades 25 drag per område. Varje tråldrag räknas som en ansträngning.



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

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 trålningsförsöken. År 1990 började även kräftdjur registreras, med undantag av eremitkräftor som först började registreras år 2002. För att kunna beskriva och jämföra diversiteten av fisk och evetrebrater 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, 2000, Froese och Pauly, 2020). De enskilda arternas trofiska värden samt andelar i fångsten sammanvägs till ett trofiskt index för hela fångsten, enligt formeln:

$$MTL = \frac{\sum jTL_j Y_{ij}}{\sum Y_j}$$

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.

2.3 Statistiska analyser

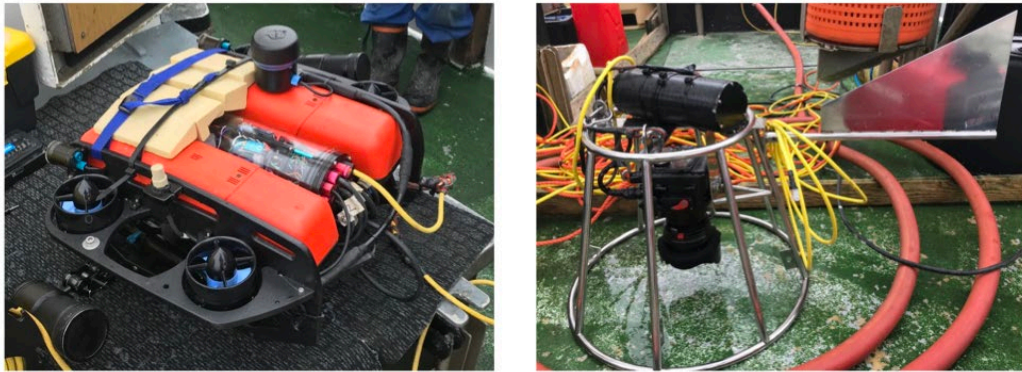
Alla beräkningar från trålfångsten har utförts i Microsoft Office Excel 2016 och IBM SPSS Statistics 26 för Windows. Linjära regressioner och övriga analyser har gjorts på data, transformerade med den naturliga logaritmen (ln) för att fastställa om en statistiskt signifikant förändring har skett över tid. Ln-transformeringen gjordes eftersom abundans av fisk och andra marina arter som regel är lognormalfördelad (Pennington, 1983). 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 2020 har en Anova-analys eller i de fall då data inte uppfyller kraven för normalfördelning, ett 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 över tid inte skilde sig åt i kovariansanalysen har en variansanalys (Anova) använts för att avgöra om mängden fångad fisk skilde sig mellan områdena.

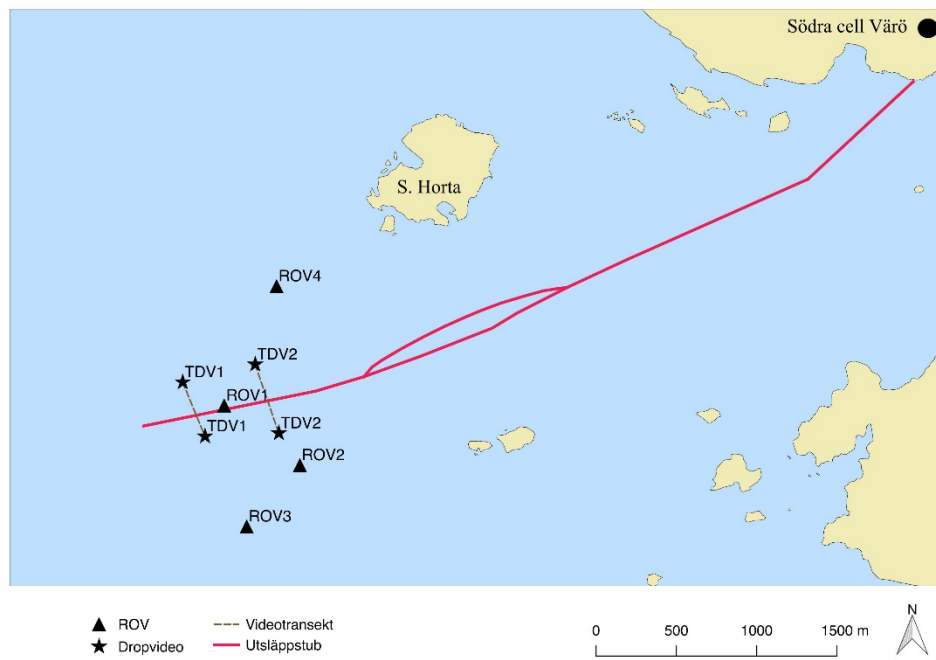
Statistik för signifikanta samband presenteras i en fotnot, alternativt i Tabell 1 och 2.

2.4 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Utsläppstuben från Södra Cell Värö och havsbotten i tubens närhet filmas årligen för att kontrollera synbara effekter av utsläppet (Thoresson, 1992). År 2020 genomfördes filmning den 15 september. Jämfört med tidigare år gjordes en mer omfattande videodokumentation för att dokumentera hur eventuella effekter så som syrefria botten och döda marina organismer från tuben förändras med avståndet. Vid filmningen användes två metoder, ROV (Remotely Operated Vehicle) och dropvideo (Figur 3). ROV användes vid filmning längsmed tuben samt vid tre positioner i området kring tuben. Dropvideo-metoden användes vid filmning av videotranssekt. De två videotranssekterna som filmades 2020 har en nord-sydlig riktning med start och stopp ca 250 meter från tuben. I Figur 4 ses en karta som visar positionerna för videofilmning i relation till utsläppstuben. Visuellt bedömning gjordes senare av filmerna där tecken på döda botten (vita fläckar på botten) och mängden döda marina organismer bedömdes.



Figur 3. De två metoderna för videofilmning av utsläppstub samt omgivande botten. Till vänster ROV (Remotely Operated Vehicle) och till höger dropvideo.



Figur 4. Kartan visar positionerna för videofilmningen i relation till utsläppstuben. TDV1 och TDV2 anger positionerna för de två videotranssekterna. ROV1 avser positionen för filmning längsmed tuben. ROV2, ROV3 och ROV4 dokumentation av omgivande botten.

3 Resultat

3.1 Ålyngeluppvandring i Viskan

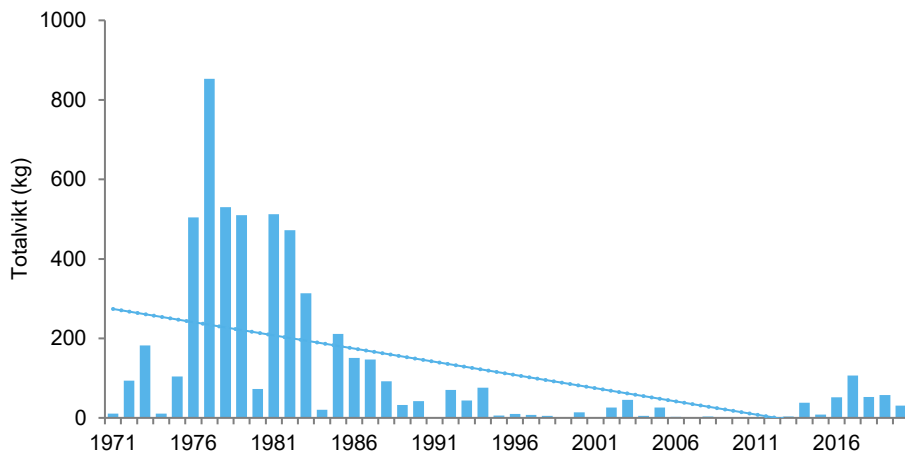
Från slutet av april till mitten av september samlades totalt 30,91 kg uppvandrande ålyngel in år 2020. Det var mindre än den totala fångsten 2019 (57,6 kg). Sedan provtagningen påbörjades 1971 ses en kraftigt minskande trend i antalet insamlade ålyngel¹(Figur 5).

Under 2020 skedde liksom de flesta tidigare år den största ålyngeluppvandringen i början av säsongen. Cirka 58 procent av den totala ålyngelbiomassan fångades in mellan mitten av maj till och med slutet på juni (Figur 6).

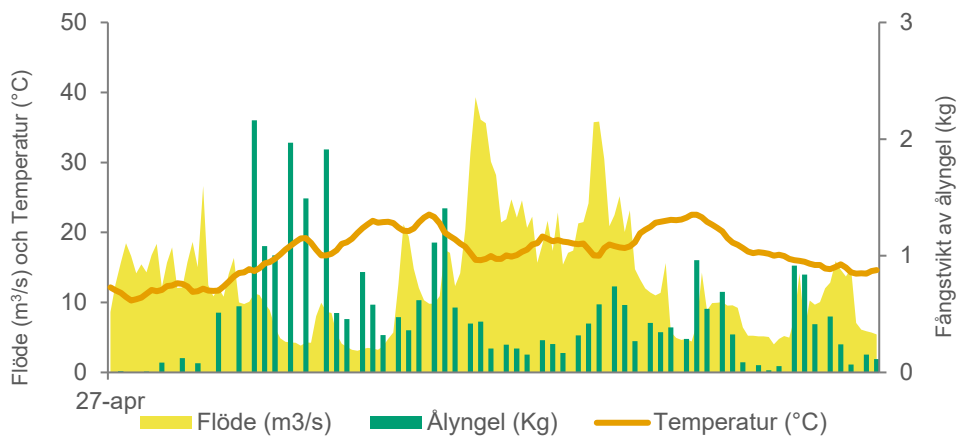


Insamlade ålyngel från ålledarna vid Södra Cells dammanläggning. Foto: Staffan Persson.

¹ Regressionsanalys₁₉₇₁₋₂₀₂₀: $p < 0,001$, $R^2 = 0,27$



Figur 5. Totalvikt (kg) per år av ålyngel insamlade i Viskans mynning 1971–2020. Helledragen linje anger signifikant linjär trend över tid.



Figur 6. Vikten (kg) av ålyngelfångsten per vittjningsstillfälle i relation till temperatur (°C) och vattenflöde (m³/s) vid Åsbro i Viskan från maj till september 2020.

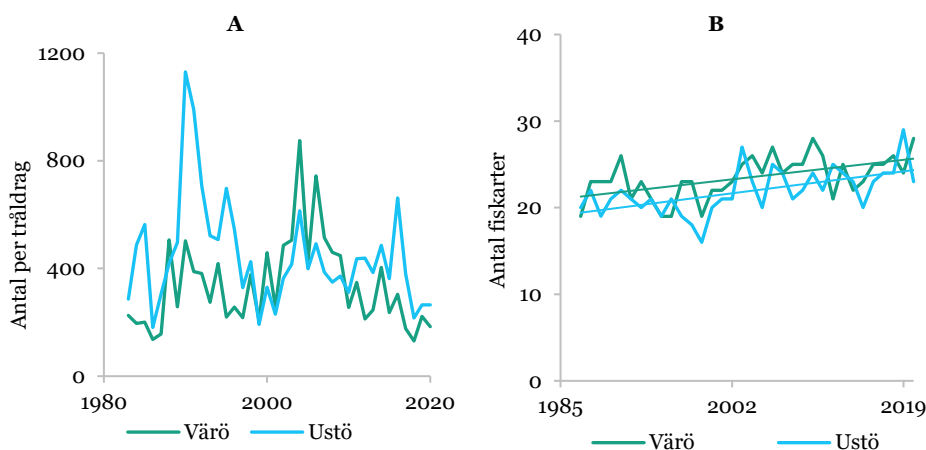
3.2 Provfiske med bottenrål

3.2.1 Totalfångst

Under 2020 genomfördes 25 tråldrag (ansträngningar) vardera inom recipientområdet Värö respektive referensområdet Ustö. Antalet fångade fiskar per tråldrag uppgick till 265 individer i Ustö och 184 individer i Värö

(Figur 7a). Fångsten har inte förändrats över tid i Värö eller Ustö, vare sig under hela tidsserien (1983–2020) eller under den senaste tioårsperioden (Tabell 1). Det fanns ingen statistisk skillnad i antalet fångade fiskar per tråldrag över tid vid en jämförelse mellan de två områdena (Figur 7a; Tabell 1).

Totalt fångades 30 olika fiskarter och åtta olika arter/taxon av ryggradslösa djur (evertebrater) i de båda områdena. I recipientområdet och i referensområdet fångades 28 respektive 23 olika fiskarter (Tabell 1). Under 2020 påträffades sju arter i recipientområdet som inte påträffades i referensområdet; fenknot, sjurygg, skäggsimpa, skärsnultra, småtunga, småvar och äkta tunga. I referensområdet påträffades två arter som inte påträffades i recipientområdet; pigghaj och sandtstubbe. Dessa arter fångades i små volymer och variationerna är inte oväntade. Antalet fångade fiskarter per år visade en ökning över tid i både Värö och Ustö sedan trålfisket började utföras med totalt 50 ansträngningar 1987 (Figur 7b)². Under 2020 fångades fler arter i Ustö men över tid har det fångats fler arter i Värö än i Ustö³. Inga nya fiskarter fångades under trålfisket 2020.



Figur 7. a) Medelantalet fiskar per ansträngning år 1983–2020 och b) antalet observerade fiskarter år 1987–2020, från trålfisket i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Räta linjer visar signifikanta trender över tid.

Antalet fångade ryggradslösa djur per tråldrag uppgick till 211 individer i Värö samt 179 individer i Ustö (Tabell 2). Fångsttäteten, abundansen, av ryggradslösa djur visar en ökande trend i båda områdena från 1990 till 2020,

² Regressionsanalys Värö 1987–2020: $p=0,001$, $R^2 = 0,28$, Ustö 1987–2020: $p<0,001$, $R^2 = 0,48$

³ Regressionsanalys Värö 1987–2020: $p<0,001$, $R^2 = 0,37$, Ustö 1987–2020: $p<0,001$, $R^2 = 0,63$

samt i Ustö under senaste tioårsperioden (Tabell 2). Områdena skiljer sig inte åt vad gäller fångsten av totalt antal fångade ryggradslösa djur över tid.

Totalt fångades åtta olika arter/taxon av evertebrater under fisket 2020, alla sedan tidigare påträffade vid detta fiske. Vid Värö fångades sju olika evertebratararter/taxon och vid Ustö fångades åtta olika evertebratararter/taxon. Vid både Värö och Ustö har en ökning av antalet arter skett över tid (Tabell 2)³. Utvecklingen av antal evertebratararter över tid skiljer sig inte åt mellan de två områdena.



Fångst från tråldrag. Foto: Staffan Persson

Tabell 1. Fångst (antal individer) i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2020 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2020) och för de senaste tio åren (2011–2020), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden i recipienten. 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. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte.

Art	Värö (recipient)					Ustö (referens)				
	2020	Medel 1983-2020	Trend	Medel 2011-2020	Trend	2020	Medel 1983-2020	Trend	Medel 2011-2020	Trend
Sandskädda	113,04	223,47	ns	166,22	-*	167,28	311,63	ns	272,92	-**
Vitling	2,16	46,18	ns	17,62	ns	46,48	74,40	ns	73,09	ns
Rödspotta	24,08	20,73	ns	14,96	ns	2,32	17,67	-***	6,28	-*
Kolja	5,44	11,63	+	10,02	ns	0,08	7,51	-***	0,09	ns
Fjärsing	21,28	7,03	+***	13,02	ns	9,64	2,01		4,72	ns
Knot	4,2	5,14	+**	6,47	ns	1,88	3,80	ns	2,99	ns
Torsk	0,32	5,09	-**	0,92	ns	0,28	4,59	-***	0,72	ns
Rötsimpa	2,12	3,83	ns	5,07	ns	0,32	3,99	-***	2,86	ns
Taggmakrill	0,12	2,55	ns	0,19	ns	0,48	0,78		0,30	ns
Randig sjökock	1,48	2,42	ns	1,84	ns	0,04	0,43	ns	0,12	ns
Lerskädda	0,08	1,66	ns	0,61	ns	4,24	6,54	ns	6,43	-*
Tungevar	5,56	1,64		3,85	ns	2,48	0,83		2,30	ns
Slätvar	0,28	0,81	+**	0,93	ns	0,80	0,51	+**	0,95	ns
Piggvar	0,08	0,80	-***	0,26	-**	0,08	0,06		0,05	
Skäggsimpa	0,76	0,75	+	1,16	ns		0,03		<0,01	
Skarpsill	0,24	0,58		0,84		22,32	4,99	ns	8,17	ns
Skrubbskädda	0,12	0,44	ns	0,50	ns	0,08	0,42	ns	0,31	-*
Bergskädda	0,08	0,43	-**	0,20	ns	0,04	0,54		0,02	
Smävar	0,04	0,41		<0,01			0,20			
Svart smörbult	1,72	0,39		0,53	+*	3,68	2,15		3,85	ns
Kummel	0,04	0,37		0,13		0,68	1,49	ns	1,32	ns
Sill	0,04	0,32		0,24	ns	1,12	1,13	+*	1,50	+*
Äkta tunga	0,16	0,19	+	0,24	ns		0,05		0,05	
Skärnsultra	0,08	0,13		0,02			0,03		0,02	
Mulle		0,09		0,16			0,01		0,02	
Fenknot	0,16	0,04		0,06			<0,01		<0,01	
Smätunga	0,24	0,04		0,10	ns		<0,01		<0,01	
Fläckig sjökock		0,04		<0,01			0,04		0,15	
Sjurygg	0,04	0,03		<0,01						
Spetsjärtad smörbult	0,04	0,03		0,09		0,20	0,05		0,18	
Femtömmad skärlånga		0,02								
Ansjovis		0,02		0,04			<0,01			
Bergvar		0,02		<0,01			<0,01			
Berggylta		<0,01					<0,01			
Glyskolja		<0,01		<0,01			<0,01		<0,01	
Gråsej		<0,01		<0,01			<0,01		0,02	
Grässultra		<0,01								
Havskatt		<0,01					<0,01		<0,01	
Lyrtsk		<0,01								
Långa		<0,01					<0,01		<0,01	
Makrill		<0,01		<0,01			<0,01		0,02	
Marulk		<0,01					<0,01			
Oxsimpa		<0,01		<0,01						
Paddtorsk		<0,01		<0,01						
Pigghaj		<0,01		0,02		0,20	0,06		0,08	
Sandstubb		<0,01		0,02		0,04	0,02		0,06	
Småfläckig rödhaj		<0,01								
Stensultra		<0,01								
Tobis (kust-/havs-)		<0,01								
Tänglake		<0,01								
Guläl							<0,01			
Klarbult							<0,01		0,03	
Knaggrocka							<0,01		<0,01	
Lerstubb							<0,01			
Sjustrålig smörbult							0,03		0,11	
Spetsjärtad längebarn							<0,01			
Totalt antal fiskar	184	337,36	ns	246,40	ns	264,76	446,03	ns	389,74	ns
Antal fiskarter	28	22,16	+***	24,90	ns	23	21,03	+***	23,70	ns

Tabell 2. Fångst (antal individer) i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2020 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2020) och för de senaste tio åren (2011–2020), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden i recipienten. 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. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte.

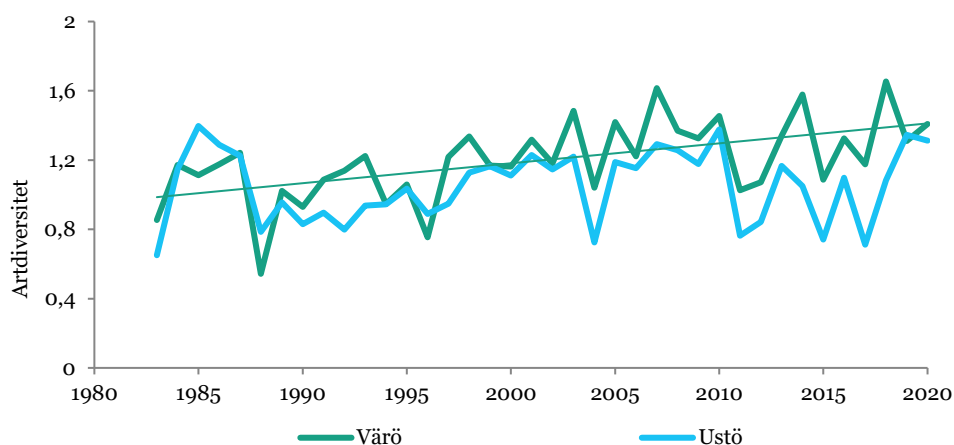
Art	Värö (recipient)					Ustö (referens)				
	Medel		Trend	Medel		Medel		Trend	Medel	
	1983-2020	2020		2011-2020	Trend	1983-2020	2020		2011-2020	Trend
Simkrabba obestämd	188,16	45,18	***	98,01	+	167,76	47,80	***	108,10	+
Strandkrabba	6,24	6,75	***	13,46	ns	2,08	1,48		3,63	ns
Eremitkräfta	6,24	6,27		4,90	ns	3,44	7,67	***	4,14	-*
Krabba	9,44	3,06	***	7,50	***	3	1,07	***	2,32	***
Maskeringskrabba	0,28	0,43		0,20	ns	0,64	0,49		0,53	ns
Bläckfisk obestämd	0,2	0,18		0,34	ns	2,20	0,55		1,20	
Havskräfta		0,04				0,16	0,12		0,14	ns
<i>Loligo vulgaris</i>		0,03		0,10			0,03		0,10	
Europeisk hummer	0,12	0,03		0,06		0,16	0,03		0,08	
<i>Allotheuthis subulata</i>		0,04		0,05			0,02		0,06	
Hästräka		<0,01		<0,01						
Nordisk Kalmar		<0,01		0,02			<0,01			
Spindelkrabba		<0,01		<0,01						
Tångräka obestämd							<0,01		<0,01	
Sandräka							<0,01			
Totalt antal evertebrater	210,68	59,59	***	124,64	ns	179,20	56,31	***	120,30	+
Antal evertebratarter	7	6,13	***	7,20	ns	8	5,97	***	7,70	ns



Trålfångst. Foto: Staffan Persson

3.2.2 Diversitet

Artdiversiteten (Shannon-Wieners index) hos fisk i fångsterna har ökat över tid under perioden 1983-2020 i recipientområdet Värö⁴ (Figur 8). Motsvarande ökning har inte skett i referensområdet Ustö. Artdiversiteten skiljer sig inte statistiskt mellan de båda områdena under perioden 1983-2020. 2020 var artdiversiteten högre vid Värö än vid Ustö (1,41 i Värö och 1,31 i Ustö; Figur 8).



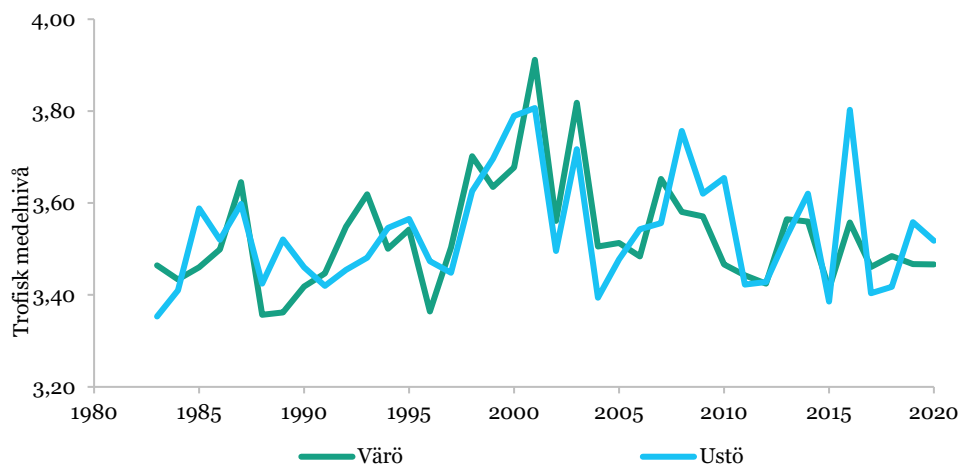
Figur 8. Artdiversiteten hos provfiskefångsten av fisk 1983–2020 i recipientområdet Värö (grön markering) och Ustö (blå markering). Diversiteten är beräknad som Shannon–Wiener index. Den räta linjen visar signifikant ökning i trend över tid.

3.2.3 Trofisk nivå

Likt föregående år kan inga trender påvisas för index för den trofiska medelnivån av fisk i vare sig Värö eller Ustö (Figur 9). Sett till hela tidsserien har Värö ett trofiskt medelindex på 3,53 och Ustö 3,54. Värdena för året provfiske låg nära medelvärdena för hela protagningsperioden då trofiskt medelindex för Värö var 3,47 och Ustö 3,52. Vid både Värö och Ustö

⁴ Regressionsanalys Värö 1983–2020: $p = 0,0004$, $R^2 = 0,29$

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.



Figur 9. Trofisk medelnivå provfiskefångsten av fisk 1983–2020 i recipientområdet Värö (grön markering) och Ustö (blå markering). Höga värden indikerar hög förekomst av rovfisk, och låga värden indikerar hög förekomst av växtätare.

3.2.4 De vanligaste fiskarterna i trålfisket

Liksom tidigare år utgjordes majoriteten av den sammanlagda fångsten av sandskädda (Värö: 61 procent, Ustö: 63 procent). Vitling, den därefter vanligaste arten, stod för totalt en, respektive 18 procent av fiskarna i fångsten i Värö samt Ustö (Tabell 1).

Vitling

Under hela provtagningsserien (1983–2020) har fångstantalet av vitling fluktuerat tämligen kraftigt (Figur 10a). De stigande fångsterna 2013 och 2014, efter en bottennotering 2012, följdes av mycket låga fångster 2015. År 2016 fångades 297 vitlingar per tråldrag vid referensområdet Ustö, vilket var den högsta fångstsiffra som noterats sedan provfiskets start 1983. År 2020 var fångsten av vitling förhållandevis låg vid Ustö, endast 46 vitlingar per tråldrag, och den näst lägsta sedan provfiskets start vid Värö med endast 2 vitlingar per tråldrag. Utvecklingen av fångsterna skilde sig inte över tid, men totalt sett har mer vitling fångats i Ustö⁵ än i Värö. Längdfördelningen mellan individerna i fångsten av vitling 2020 skilde sig inte statistiskt mellan

⁵ Kovariansanalys Ancova 1983–2020: $p = 0,002$, $R^2 = 0,129$

områdena. Medellängden för vitling 2020 var 15,8 (SD \pm 3,63) cm i Värö och 13 (SD \pm 2,5) cm i Ustö (Figur 10b).

Sandskädda

Sedan undersökningarna påbörjades 1983 har sandskädda varit den vanligaste förekommande fiskarten (Tabell 1). 2020 fångades 113 sandskäddor per tråldrag i Värö och 167 stycken i Ustö. Utvecklingen i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö skiljer sig inte över tiden (Figur 11a) men totalt sett har mer sandskädda fångats i Ustö⁶ än i Värö. I fisket representerades sandskäddan nästan uteslutande av förhållandevis små och därmed sannolikt unga individer. Medellängden för fångade sandskäddor 2020 skilde sig inte statistiskt mellan de två områdena. Medellängden var 13,1 (SD \pm 2,2) cm i Värö och 15,1 (SD \pm 2,3) cm i Ustö (Figur 11b).

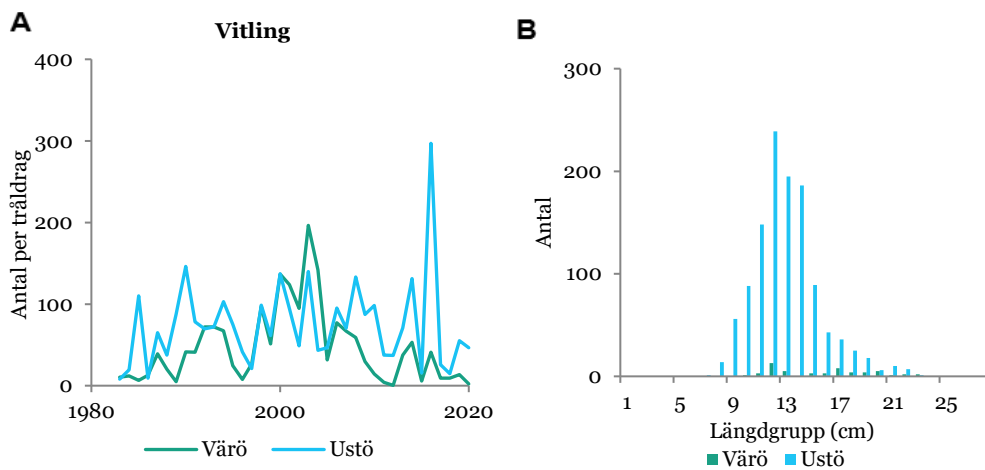
Rödspätta

Fångsten av rödspätta har uppvisat periodvisa fluktuationer både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö under perioden, 1983–2020 (Figur 12a). I de två områdena har fångstens utveckling skiljt sig över tiden⁷. Rödspättan har minskat över tid under den senaste tioårsperioden samt över hela tidsperioden i Ustö⁸ (Figur 12, Tabell 1). 2020 fångades 24,8 rödspättor per tråldrag i Värö och endast 2,3 rödspättor i Ustö. Det var ingen statistisk skillnad i storlek på rödspätta mellan Värö och Ustö, med medellängd på 12,1 (SD \pm 1,76) cm i Värö och 14 (SD \pm 2,06) cm i Ustö (Figur 12b). Fångsten dominerades av små, sannolikt unga individer.

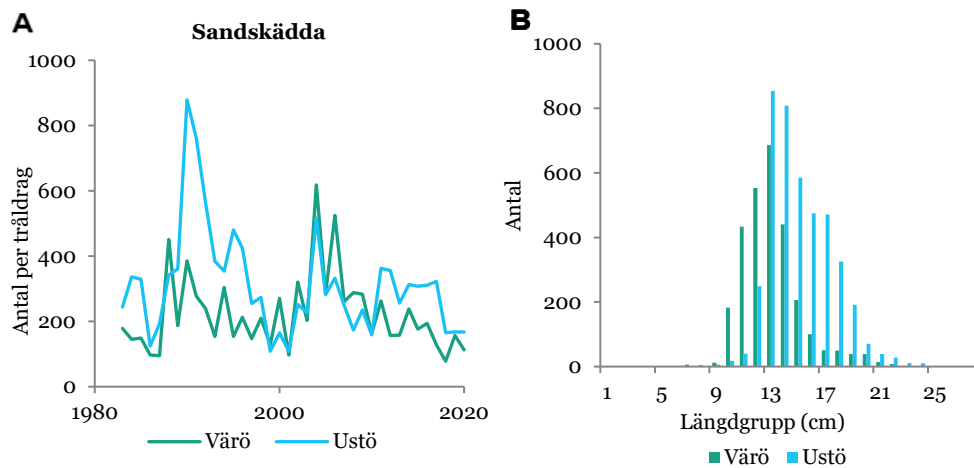
⁶ Kovariansanalys Ancova 1983–2020: $p = 0,003$, $R^2 = 0,135$

⁷ Kovariansanalys Ancova 1983–2020: $p = 0,002$, $R^2 = 0,174$

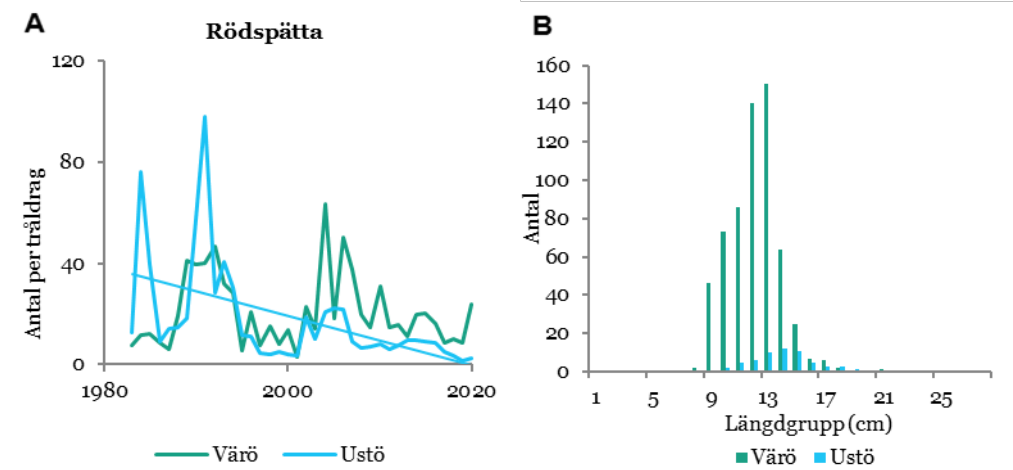
⁸ Regressionsanalys Värö 1987–2020: $p = 0,001$, $R^2 = 0,27$, 2011–2020: $p = 0,02$, $R^2 = 0,51$



Figur 11. Den totala fångsten åren 1983–2020 (A) och längdfördelningen i fångsten 2020 (B) av vitling per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna



Figur 10. Den totala fångsten åren 1983–2020 (A) och längdfördelningen i fångsten 2020 (B) av sandskädda per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.



Figur 12. Den totala fångsten åren 1983–2020 (A) och längdfördelningen i fångsten 2020 (B) av rödspätta per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

3.2.5 Övriga fiskarter i trålfisket

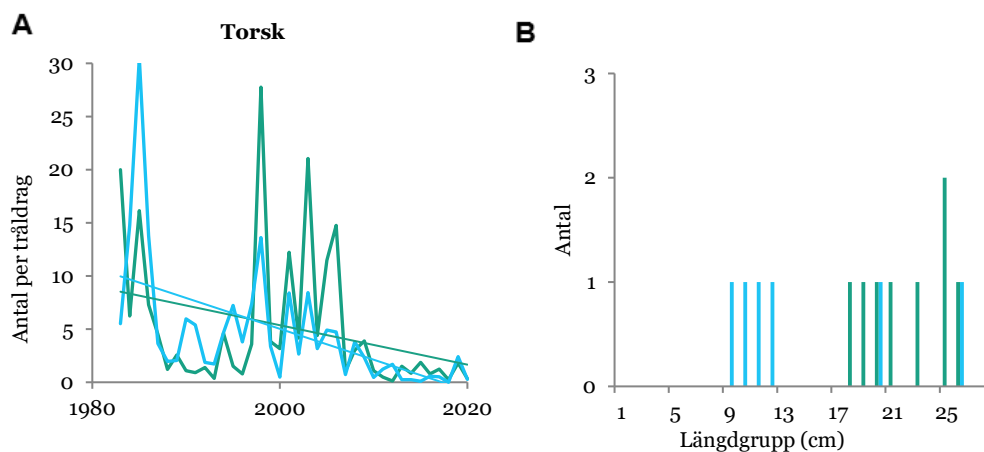
Sedan provfisket började 1983 och fram till och med 2020 har förekomsten av flertalet fiskarter förändrats, både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. I Värö har sex fiskarter ökat i antal, medan två arter har ökat i Ustö (Tabell 1). Gemensamt för båda områdena är ökat antal av slätvar (1983-2020). Negativa trender under hela tidsserien (1983-2020) kunde ses för tre arter i Värö (torsk, piggvar och bergskädda) och för fyra arter i Ustö (torsk, rötsimpa, rödspätta och kolja). Under den senaste tioårsperioden påvisades en positiv svart smörbult i Värö och sill i Ustö. Under denna tidsperiod påvisas även en negativ trend för sandskädda i båda områdena samt piggvar i Värö och rödspätta och lerskädda i Ustö.

Fram till och med 2006 var torsk bland de vanligaste förekommande arterna i fångsten i båda områdena, men har därefter blivit mindre vanlig i fångsten. Torsken redovisas här på grund av sitt stora historiska kommersiella och ekologiska värde.

Torsk

Sett till hela undersökningsperioden, 1983–2020, har fångsten av torsk minskat i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 13a). 2018 fångades endast 6 torskar i Värö och inga alls i Ustö. 2020 var fångsten 8 torskar i Värö samt 7 torskar i Ustö. Den totala fångsten skiljer sig inte mellan områdena. Sedan slutet av 1990-talet har det förekommit stora mellanårsvariationer i torskfångsterna, samtidigt som fångsterna under de senaste tio åren varit förhållandevis små (Figur

13a, Tabell 1). Likt föregående år utgjordes torskfångsten av små, sannolikt unga individer (Figur 13b).



Figur 13. a) Den totala fångsten av torsk per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2020 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar trend över tid. b) Storleksfördelningen, antal per cm klass, hos den totala fångsten i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering) under 2020.

3.2.6 Rygggradslösa djur

Liksom föregående år var den vanligast förekommande arten simkrabba i båda områdena. Totalt har antalet evertebratar ökat över tid (1990–2020) i både Värö och Ustö (Tabell 2). Det kan dock vara så att ökningen till viss del beror på ökad artkännedom, då tidigare års inventeringar av evertebrater skulle kunna vara missvisande i brist på differentiering av olika arter.

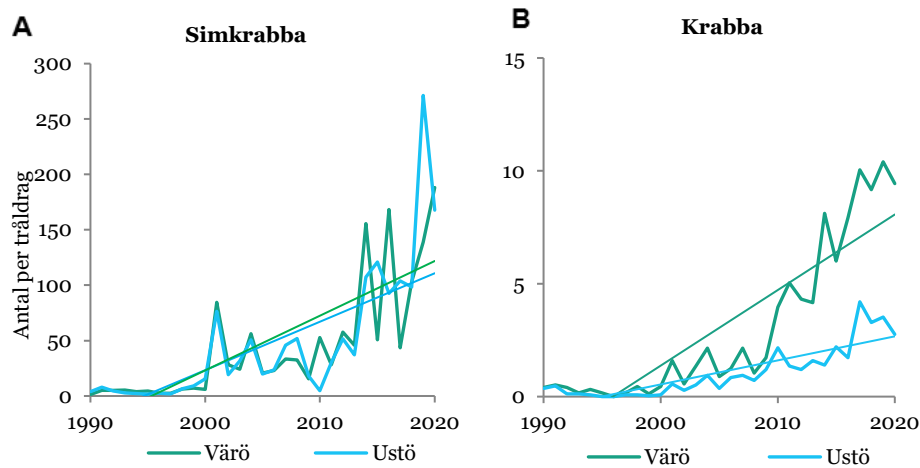
Simkrabba

Fångsten av simkrabba har ökat över tid under hela trålningsperioden, 1990–2020, i både recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 14a, Tabell 2) 9. Vid Värö har fångsten fluktuerat en del genom åren, med två fångsttoppar år 2014, 2016 och nu senast 2019 och 2020. 2019 var medelfångsterna av simkrabba 188 individer per tråldrag i Värö, vilket är det högsta värdet i Värö sedan undersökningens början. Fångsten av simkrabba i Ustö har i stort speglat den i Värö, dock med något lägre fångsttoppar och en avvikande fångsttopp 2019 med 271 simkrabbor per tråldrag. 2020 fångades i medeltal 168 simkrabbor per tråldrag i Ustö, det nästa högsta värdet för Ustö under hela provfiskeperioden. Den totala fångsten skiljer sig inte mellan områdena.

⁹ Regressionsanalys Värö 1990–2020: $p < 0,001$, $R^2 = 0,57$, Ustö 1990–2020: $p < 0,001$, $R^2 = 0,56$

Krabba

Fångsten av krabba (krabbtaska) har en ökande trend både i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö (Figur 14b, Tabell 2)¹⁰. Fångstens utveckling över tid skiljer sig mellan de båda områdena¹¹, då fler krabbor har fångats vid Värö än vid Ustö. Sedan 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 tio krabbor per tråldrag i Värö och fyra krabbor per tråldrag i Ustö. 2020 var fångsten nio respektive tre krabbor per tråldrag.



Figur 14. Fångst av a) simkrabba och b) krabba, under tidsperioden 1990–2020 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Rät linje anger signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

¹⁰ Regressionsanalys Värö 1990–2020: $p < 0,001$, $R^2 = 0,77$, Ustö 1990–2020: $p < 0,001$, $R^2 = 0,73$

¹¹ Mann-Whitney U-test: $p < 0,001$

3.2.7 Sjukdomar och skador

Yttre sjukdomstecken på fisk har registrerats i all fångst sedan 1994. Under fisket 2020 observerades yttre sjukdomssymptom på 22 individer i Värö och sju i Ustö, vilket motsvarar 0,48 respektive 0,11 procent av den totala fångsten. Sjukdomsförekomsten för fisket totalt var 0,26 procent. Flest sjukdomssymptom hittades hos skarpsill (19 i Värö och två i Ustö), samtliga dessa var angrepp av ögonparasiter. De övriga fiskarna med sjukdomssymptom var sandskädda (två st i Värö och fem st i Ustö) och en rötsimpa i Värö. Sjukdomssymptomen hos sandskädda var fenröta, defekt fena, ryggradskrökning och tumör. Rötsimpan hade sjukdomssymptomet mopsskalle. Den procentuella andelen av sjuk fisk skilde sig inte mellan Värö och Ustö över tid, och har inte förändrats signifikant över tid sen mätningarnas början år 1994. Störst andel fiskar med sjukdomssymtom observerades år 2002, 2005 och 2006 (0,34, 0,29 och 0,38 procent respektive år).



Skarpsill med ögonparasit. Gula pilar visar parasiter. Foto: Staffan Persson

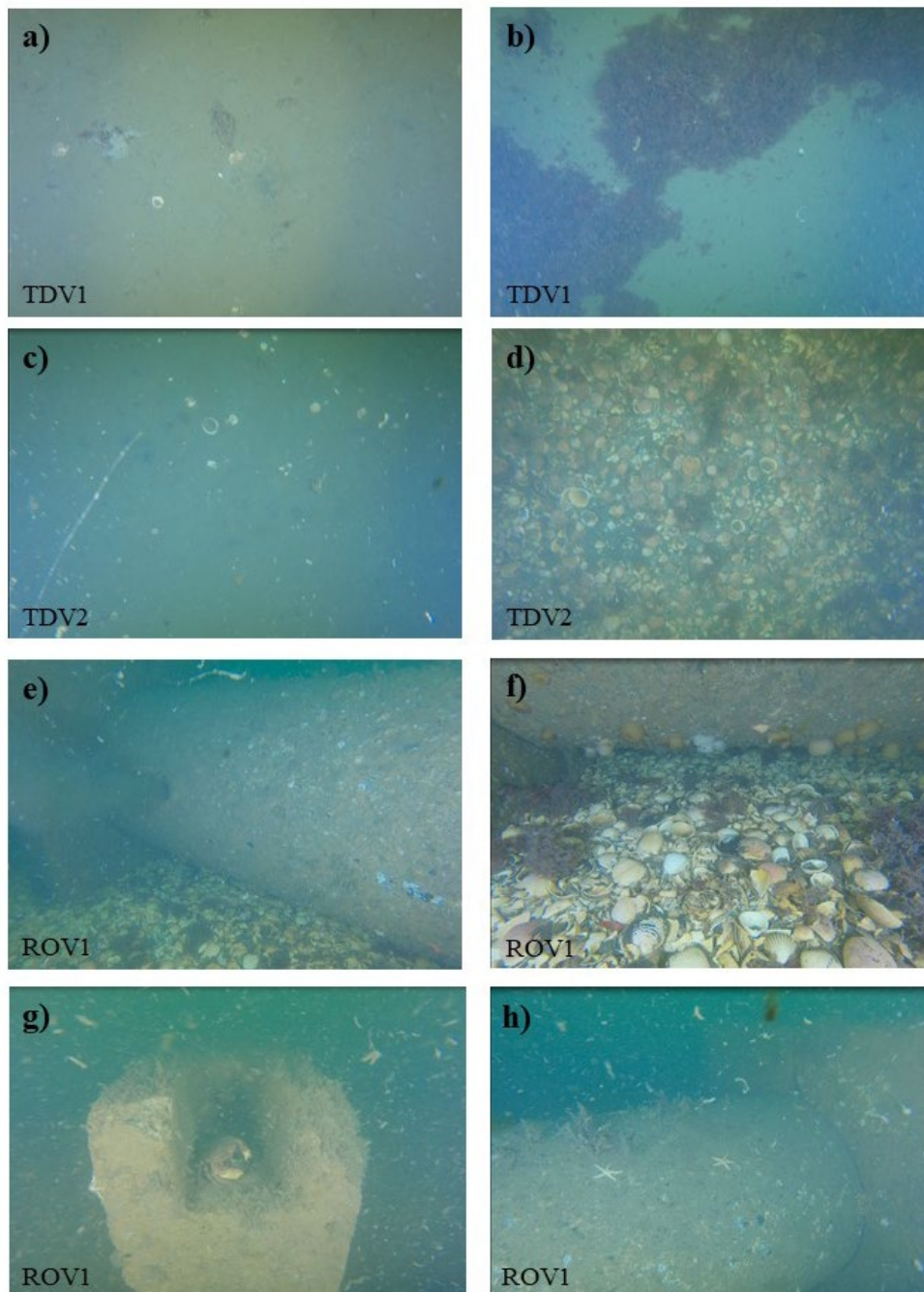
3.3 Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Filmningen 2020 innefattade dokumentation av utsläppstuben, närområdet och omgivande botten. Botten i det filmade området består främst av sandig transportbotten med inslag av löst drivande alger, organiskt material och skalgrus. Mängden skalgrus och löst organiskt material minskade med ökat avstånd från tuben.

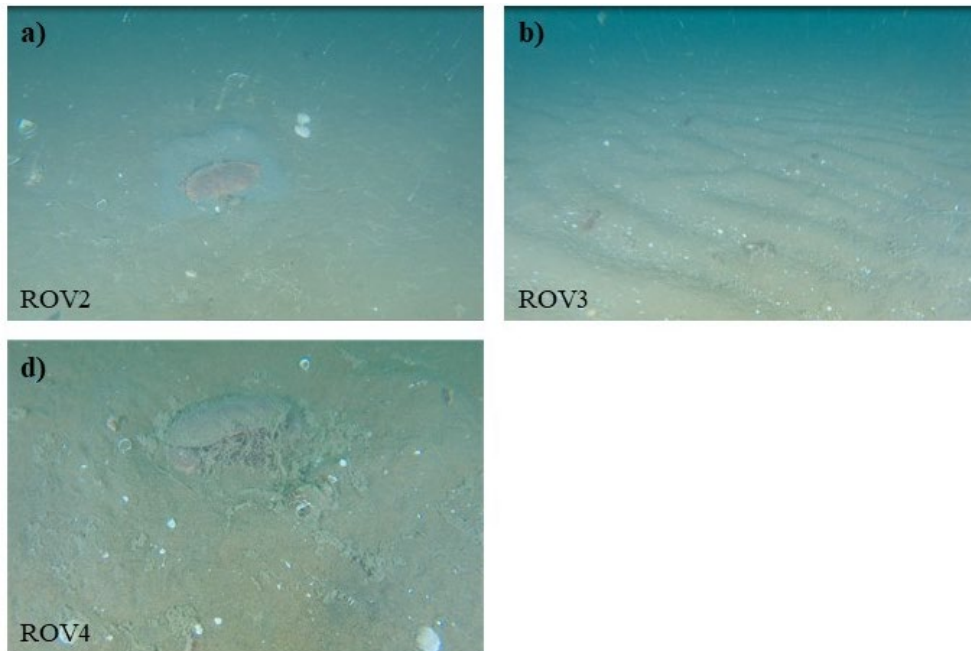
I Figur 15 visas bilder från de två videotranskterna, TDV1 och TDV2, samt dokumentation av tuben, ROV1. Figur 15 a) och b) visar bottenförhållandet ca 200 meter norr- respektive söder om tuben. Här påträffades lösdrivande makroalger, något enstaka skal samt löst drivande organiskt material i både vattenmassan och på botten. Figur 15 c) och d) visar bottenförhållandet ca 20 meter från tuben, mängden skalgrus är större samt ökad förekomst av löst drivande organiskt material vilket påverkar sikten negativt. Vid filmningen av tuben (Figur 15 e, f, g och h) var sikten kraftigt nedsatt på grund av mörka plymer och mycket löst material från utsläppet från tubens mynning och sidodysor (Figur 15 e). Filmningen på och i anslutning till tuben 2020 är jämförbar med dokumentationen 2019 (Ceder & Thompson-Svanfeldt, 2020) då endast få marina organismer påträffades på tuben. Vid filmningen 2020 påträffades endast fastsittande organismer i underkant av tuben vilket var en liknande situation 2019 (Figur 15 f). Vid videodokumentationen dessförinnan, 2017, var tubens alla sidor fulla av fastsittande marina organismer, bland annat havsnejlikor (*Metridium senile*) och havstulpaner (*Cirripedia sp.*).

I Figur 16 visas omgivande bottenförhållanden. Figur 16 a) avser station ROV2, belägen ca 450 meter söder om tuben. På botten och i vattenmassan påträffades löst organiskt material vilket påverkade sikten negativt. Botten var täckt av ett tunt lager av brunfärgade partiklar. Vid station ROV3 (Figur 16 b), ca 750 meter söder om tuben, var mängden löst organiskt material relativt låg och sikten god. Botten bestod av sand med inslag av skalgrus och var vågformad (ripples) vilket tyder på rörelser i vattenmassan. Vid station ROV4 (Figur 16 c), ca 680 meter norr om tuben, sågs en liknande situation som vid station ROV2. Mycket löst organiskt material, tunn pålagring av bruna partiklar samt nedsatt sikt.

Vid videofilmningen 2020 påträffades inga tecken på syrefria botten.



Figur 15. Bilder från videodokumentation 2020. Bild a) och b) avser transekt TDV1, ca 200 meter norr- respektive söder om tuben. Bild c) och d) avser transekt TDV2, ca 20 meter norr- respektive söder om tuben. Bild e), f), g) och h) visar bilder från filmning med ROV längs tuben (ROV1). Bild e) visar utsläpp från sidodysa. Bild f) visar påväxt av havsnejlikor på tubens undersida. Bild g) visar en krabtaska på toppen av tubens fundament, sikten är kraftigt försämrad på grund av lösa partiklar från utsläppet. Bild h) visar tubens översida. Enstaka sjöstjärnor men annars var både mobila och fastsittande organismer fåtaliga.



Figur 16. Dokumentation av omgivande botten kring utsläppstuben. Bild a) visar en krabtaska vid station ROV2, ca 450 meter söder om tuben. Löst organiskt material i både vattenmassan och på botten, nedsatt sikt. Bild b) avser station ROV3 belägen ca 750 meter söder om tuben. Mängden löst material är lägre och sikten bättre än vid station ROV2. Bild d) visar en krabtaska vid station ROV4, ca 680 meter norr om tuben. Löst organiskt material i både vattenmassan och på botten, nedsatt sikt.

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 1970-talet har antalet yngel drastiskt minskat, och nästan inga ålyngel fångades från 1990-talet till första decenniet på 2000-talet. Sedan 2013 har en markant vändning i trenden av uppvandrande ålyngel observerats i provtagningarna. Under 2016 och 2017 har fångstvikten av ålyngel nära dubblerats från år till år, dock minskade fångstvikten något under 2018 och 2019. 2020 minskade fångsten ytterligare något i jämförelse mot 2019.

Den totala fångstvikten 2017 var den högsta sedan 1986 och insamlingen av ålyngel var det året den högsta som registrerats på 31 år.

Den största andelen fångade ålyngel i Viskan under 2020 fångades in under mitten av maj till slutet av juni.

Utvecklingen i Viskan speglar den generella rekryteringsnedgång för ål, som observerats i hela Europa, där rekryteringen av glasål har upphört att minska sedan 2011 (ICES, 2020a och Dekker m.fl., 2018).

4.2 Provfiske med bottentrål

I slutet av 1980-talet och under 1990-talet var mängden fisk som fångades 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 fisksamhällen (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 slutade använda klorblekning 1993 och fram till 1993 har resultaten från provfisket visat att Ustö haft ett betydligt högre fångstantal per ansträngning jämfört med Värö. I

slutet av 1990-talet var fångsterna från de två områdena lika i antal fisk per ansträngning, vilket troligen var en effekt av avslutad användning av klorblekning. Sedan början av 2000-talet och fram till och med 2020 kan man se årliga fluktuationer i fångsten, dock visar årsvariationen samstämmighet mellan områdena, vilket troligen speglar generell rekryteringsvariation och fisktillgång i Kattegatt. I kommande års undersökningar kan det vara aktuellt att jämföra fångstvärden i recipientområdet Värö mot referensområdet Ustö och även mot hela Kattegatt.

Likt förgående år visade resultaten av trålfisket 2020 att antalet arter av både fisk och evertebrater har ökat över tid i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Sett till recipientområdet Värö och referensområdet Ustö över tid och under trålningsperioden 1983–2020, syns ingen direkt skillnad på abundansen av arter som skulle kunna härledas till effekter av brukets processer. Den trofiska medelnivån i fisksamhället skiljer sig inte mellan recipient- och referensområdet, och inga trender över tid kan skönjas. Till skillnad från Ustö har artdiversiteten över tid ökat och är högre i Värö under trålningsperioden 1983–2020 och totala artdiversiteten var något Högre i Värö jämfört med Ustö under 2020. Botten vid referensområdet Ustö är täckt av ett fint sandlager, vilket gynnar bottenlevande fiskarter så som sandskädda (Frimodt, 1995). Å andra sidan, är 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 mångsidiga botten vid Värö tillåter mer variation i artsammansättningen. Ökad diversitet i Värö skulle även kunna bero på effekterna av avslutad klorblekning och att fisksamhället återhämtat sig i området.

Ett flertal fiskarter har både ökat och minskat i antal över trålningsperioden (1983–2020) i både Värö och i Ustö. Ett tredubbelt antal arter har ökat i abundans över tid i Värö (sex arter) jämfört med i Ustö (två arter), medan tre arter har minskat i respektive område under samma period. Under den senaste tioårsperioden har en fiskart minskat i antal respektive område och inga fiskarter har ökat. Individantalet av den dominerande arten sandskädda ligger på en oförändrad nivå och skiljer sig inte över tid och/eller mellan områdena.

Antalet evertebrater har också ökat över tid i båda områden, sedan de började registreras 1990. Framför allt har abundansen av simkrabba, strandkrabba och krabba ökat. Den låga förekomsten av större rovfisk som torsk, lyrtorsk och gråsej kan ha bidragit till ökningen, eftersom deras diet till stor del består av tiofotade kräftdjur (Decapoda, en ordning inom klassen storkräftor; Du Buit, 1995). Den låga torskfångsten i provfisket speglar Kattegattbeståndets långvarigt prekära tillstånd, som råder trots att inget riktat torskfiske pågår i Kattegatt sedan flera år tillbaka. Torsk är däremot bifångst i fisket på havskräfta (ICES, 2020b).

Sjukdomsförekomsten under provfisket 2020 var något högre än tidigare år men skiljde sig inte statistiskt signifikant från tidigare år eller mellan Värö och Ustö. Den högre sjukdomsförekomsten kan förklaras av en stor andel skarpsill med ögonparasit. Detta är något som troligtvis har förekommit men inte registrerats vid tidigare fisken. Förekomsten av ögonparasit hos skarpsill är troligtvis inte kopplad till Södra cell Värös verksamhet.

Givet de historiska skillnaderna i fångster mellan recipient och kontrollområde till följd av den dåtida klorblekningen, torde det ligga i Södra Cell Värös och kontrollmyndigheters intresse att fortsätta provfisket med trål för att övervaka utvecklingen i recipienten och referensområde.

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 vita fläckar i området kring utsläppstuben (se Lingman, 2015; Lingman och Sundqvist, 2016). 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 öka om ytterligare organiskt material tillförs, eller i områden med låg vattenomsättning. Vid videofilmning 2020 noterades inga tecken på syrebrist; dock var mängden partikulärt organiskt material hög i både omgivande vatten samt på botten vilket kan leda till syrebrist om vattenomsättningen stannar av under en tid.

Vid filmningen 2020 utökades det undersökta området i nord- och sydlig riktning från tuben. Vid den nordligaste stationen, ROV4 ca 680 meter från tuben, noterades mängder av partikulärt organiskt material, medan den sydligaste stationen, ROV3 ca 750 meter från tuben uppvisade lägre halt partikulärt organiskt material samt god sikt. Hur stort område som påverkas av tuben är svårt att fastslå utifrån gjorda undersökningar.

För en bättre förståelse av tubens inverkan, skulle de visuella analyserna av det marina bottenmiljöet kunna kompletteras med sedimentprov och bottenfaunaprovtagning för att undersöka syrehalt och förekomst av bottenlevande organismer.

4.4 Effekter av Södra Cell på närområdet

Även om den totala mängden uppvandrande ålyngel i Viskan kraftigt har minskat över tid (1971–2019), är de senaste årens försiktiga ökning i antal ålyngel i

provtagningen ett försiktigt positivt tecken för nyrekryteringen av ål. Det bör dock understrykas att rekryteringen till hela utbredningsområdet har varit stationär (varken ökande eller minskande) sedan 2011 (ICES, 2020a). Sett till hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och västra Asien utgör Viskan och dess tillrinningsområde ett av många påverkade ålhabitat (ICES, 2020a).

Inga synliga negativa effekter av Södra Cell Värös aktiviteter kan heller ses på fisksamhället i recipienten sedan klorblekningen upphörde 1993. 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). Framförallt har det visats att utsläppen från dessa typer av bruk är hormonstörande för fisk (Scott m.fl., 2011, Costigan m.fl., 2012, Orrego m.fl., 2019). 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 kan inte fastställas med dagens undersökningsmetodik.

Det är likaså svårt att uppskatta 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

- Andersen, J. H., Carstensen, J., Holmer, M., Krause-Jensen, D., & Richardson, K. (2019). *Editorial: Research and Management of Eutrophication in Coastal Systems*. *Frontiers in Marine Science*, 6, [768]. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00768>
- Ceder, P., & Thompson-Svanfeldt, K. (2020). Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö, Årsrapport för 2019. *Aqua reports 2020:4*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 37s.
- Chiang, Gustavo, et al. "Estrogenicity and intersex in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to Pine/Eucalyptus pulp and paper production effluent in Chile." *Aquatic Toxicology* 164 (2015): 126-134.
- Costigan, Shannon L., et al. "Expression profiling and gene ontology analysis in fathead minnow (*Pimephales promelas*) liver following exposure to pulp and paper mill effluents." *Aquatic toxicology* 122 (2012): 44-55.
- Dekker, W., Bryhn, A., Magnusson, K., Sjöberg, N., Wickström, H. (2018). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2018. Third post-evaluation of the Swedish Eel Management Plan* Swedish University of Agricultural Sciences, Drottningholm Lysekil Öregrund. 113 pp.
- Du Buit, M. H. (1995). *Food and feeding of cod (Gadus morhua L.) in the Celtic Sea*. *Fisheries Research* 22, 227–241.
- 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.
- Frimodt, C. (1995). *Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish*: Fishing News Books Ltd. ICES. 2018. *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*, 5–12 September 2018, Gdansk, Poland. ICES CM 2018/ACOM:15. 150 pp
- Froese, R. & D. Pauly (editors). (2020). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2020).
- Froese, R. Pauly, D. (2000) *FishBase 2000 Concepts, design and data sources*, Edited by R. Froese and D. Pauly 2000. Published by the International Center for Living Aquatic Resources Management, MCPO Box 2631, 0718
- Gunnarsson, M. 2021. *Miljörapport 2020*, ej publicerat. Södra cell Värö processteknik.
- ICES. 2020. Cod (*Gadus morhua*) in Subdivision 21 (Kattegat). In Report of the ICES Advisory Committee, 2020. ICES Advice 2020, cod.27.21. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5903>.
- ICES. 2020. Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). *ICES Scientific Reports*. 2:85. 223 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5982>
- 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 lacustrisL.)*. *Ecotoxicology and environmental safety* 42, 40–49.
- Lingman, A. & Sundqvist, F. (2016). *Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö. Årsrapport för 2015*. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 33 s.
- Lingman, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2014. Aqua reports 2015:3*. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 35 s.
- Milestone, C. B., Orrego, R., Scott, P. D., Wayne, A., Kohli, J., O'Connor, B. I., Smith, B., Engelhardt, H., Servos, M. R. & MacLachy, 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.
- 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*. (2008), Fiskeriverket..
- Orrego L. R. Hewitt, M. McMaster, M. Chiang, G. Quiroz, M. Munkittrick, K. Gavilán, F. J. Barra, R. *Assessing wild fish exposure to ligands for sex steroid receptors from pulp and paper mill effluents in the Biobio River Basin, Central Chile*. Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 171, 2019, Pages 256-263, ISSN 0147-6513
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). *Fishing down marine food webs*. Science **279**, 860–863.
- Pennington, M. (1983). *Efficient Estimators of Abundance, for Fish and Plankton Surveys*. Biometrics, 39(1), 281-286. doi:10.2307/2530830
- 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.
- 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.
- Scott, Philip D., et al. "Isolation and identification of ligands for the goldfish testis androgen receptor in chemical recovery condensates from a Canadian bleached kraft pulp and paper mill." *Environmental science & technology* 45.23 (2011): 10226-10234.
- Shannon, C. E. (1949). *Communication theory of secrecy systems*. Bell Labs Technical Journal 28, 656–715.
- 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)*.
- Thoreson, 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), Almänna Förlaget, Solna (126 pp.).

