

12 Ett fiskefritt område för skydd av torsk i Kattegatt – Delrapport 3

Författare:

Andreas Wikström, Håkan Wennhage, Johan Lövgren, Filip Svensson, Patrik Börjesson och Mattias Sköld



Omslagsfoton: Magnus Andersson & Baldvin Thorvaldsson

Referera till denna rapport:

Wikström A, Wennhage H, Lövgren J, Svensson F, Börjesson P, & Sköld M 2016. Ett fiskefritt område för skydd av torsk i Kattegatt. I: Bergström m fl 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports 2016:20.

12	Ett fiskefritt område för skydd av torsk i Kattegatt – Delrapport 3	95
12.1	Bakgrund	97
12.2	Metodik	101
	12.2.1 Använda fiskeredskap	101
	12.2.2 Modellering av fiskets påverkan på torsk	102
	12.2.3 Beståndsanalys torsk	103
	12.2.4 Analys av bottenlevande fiskar och havskräfta	103
	Utvalda arter	105
	Avgränsning för stora individer	105
12.3	Resultat	106
	12.3.1 Omfördelning av fiskeansträngning från Kattegattorskens lekområde	107
	Osäkerheter i uppskattningarna av fiskets påverkan	109
	12.3.2 Beståndsanalys torsk	111
	Återhämtning av torskbeståndet i Kattegatt	112
	Minskad fiskemortalitet	113
	Större lekbestånd i Kattegatt	113
	Diversifierad åldersfördelning	114
	12.3.3 Analys av bottenlevande fiskar och havskräfta	116
	Beståndstäthet av torsk i FFO	116
	Diversifierad storleksfördelning	117
	Spillover (juvenil och vuxen fisk)	118
	Beståndstäthet av havskräfta i FFO	119
	Diversifierad storleksfördelning	120
	Fisksamhällets utveckling	121
	Beståndstäthet för utvalda arter	123
	Diversifierad storleksfördelning för utvalda arter	125
12.4	Diskussion	126
	12.4.1 Havskräfta	130
	12.4.2 Fisksamhälle	131
	12.4.3 Övriga utvalda arter	131
12.5	Referenser	132

Sammanfattning

I Kattegatt infördes ett fiskefritt område år 2009, där ett kärnområde med omgivande buffertzoner har varit helt respektive delvis stängda för fiske sedan dess. Området består av ett 647 km² stort havsområde som är helt fiskefritt samt nästan 2500 km² buffertzoner och var när det inrättades norra Europas största i sitt slag. Syftet med inrättandet av fredningsområden var att skydda Kattegattbeståndets stora torskindivider som ansamlas för lek i områdena under första kvartalet. I rumsliga analyser av skillnader i beståndstäthet, storlekssammansättning och rekrytering av torsk i Kattegatt mellan det fiskefria området, buffertzonen och referensområdet ses en generell ökning i beståndstäthet och förekomst av stora (äldre) individer. ICES beståndsuppskattningar som redovisas i rapporten indikerar också att torskbeståndet i Kattegatt genomgått återhämtning under perioden 2009 - 2015, både med avseende på beståndets storlek och åldersstruktur. Resultatet är således i enlighet med ICES beståndsuppskattningar men kan inte påvisa några rumsliga skillnader mellan de olika zonerna. Den huvudsakliga provtagningen av fisk i projektet (Fisherman survey) genomförs emellertid under fjärde kvartalet; en period på året när torsk kan förväntas vara mer utspridd i Kattegatt innan aggregering för lek sker. Sannolikt är detta en förklaring till att analyserna är bättre på att detektera den generella återhämtningen av beståndet jämfört med rumsliga skillnader mellan zonerna. Dynamiken i utbredning av olika storlekklasser av torsk över året indikerar även att man kan förvänta sig att se den största effekten på beståndsnivå snarare än på områdesnivå. Modellberäkningar baserade på rumslig fördelning av torsk och trålfiske indikerar emellertid att de stängda områdena signifikant bidragit till minskad fiskerimortalitet på stor (köns mogen) torsk och därmed till återhämtning av torskbeståndet.

Rumsliga skillnader mellan de olika zonerna noteras för havskräfta. Havskräfta är en art med ett mer stationärt leverne och förväntas inte ha omfattande lek- och födosöksvandringar under året på samma sätt som torsk. För havskräfta har en exkludering av fiske inneburit en god tillväxt som resulterat i större individer jämfört med omgivande havsbottnar där fiske bedrivs. Storleksökningen hos havskräfta inom det fiskefria området innebär dessutom en potentiell ökning av ägg- och larvproduktion per havskräftshona samt en återgång till mer naturlig storleksfördelning i beståndet av havskräfta.

Bestånd av piggvar och slätvar visade inga mätbara effekter av fredningen mellan zonerna. Även om det fiskefria områdets storlek ger förutsättningar för effekter på andra arter så har fredningen inte utformats med dessa båda arters behov och utbredning i fokus. Det är därför rimligt att de tar längre tid innan en eventuellt positiv respons av en fredning är mätbar.

12.1 Bakgrund

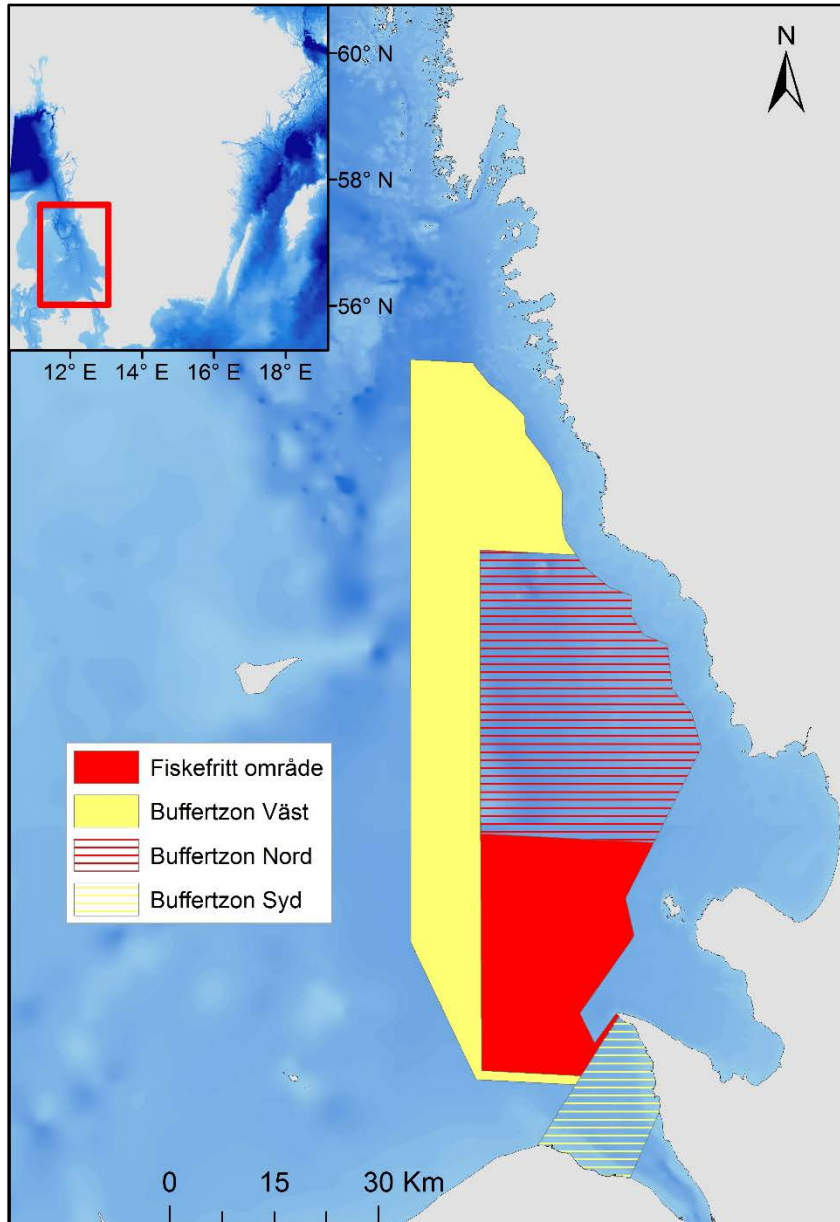
Beståndet av torsk i Kattegatt har under de senaste 25 åren uppvisat tydliga tecken på överfiske och lekbiomassan har varit alarmerande låg sedan början av 2000-talet. Det internationella havsforskningsrådet International Council for the Exploration of

the Seas (ICES) har, sedan år 2000, gjort bedömningen att beståndet av torsk i Kattegatt är under biologiskt säkra gränser och att fiskeridödligheten är allt för hög. Trots att torskkvoterna reducerades så var dödligheten för torsk fortfarande allt för stor och beståndet fortsatte minska. Anledningen till den fortsatt höga fiskeridödligheten var att torsk fångades såväl riktat som i bifångst i det omfattande blandfisket efter havskräfta. Den höga fiskeridödligheten på torsk i Kattegatt medförde att ICES gav råd, redan så tidigt som år 2002, om att fiskeridödligheten på torsk skall minimeras, i princip ett torskfiskeförbud innefattande även de fiskerier där torsk var bifångst. Trots ICES tydlighet i rådgivningen infördes inte tillräckliga begränsningar i fisket, istället fortsatte torskbeståndet att minska.

För att komplettera med mer verkningsfulla åtgärder med syfte att återuppbygga torskbeståndet föreslog svenska och danska forskare åtgärder om stängningar av lekområdena för torsk (Hjelm et al. 2008). Syftet med införandet av det fiskefria området (FFO) var att flytta fiskerier som fångade torsk som bifångst från områden där torsk i Kattegatt aggregerar för lek. Genom åtgärderna bedömdes fiskerier på andra arter som havskräfta och plattfisk kunna fortgå men på andra områden, och under perioder i buffertzoner då torsken inte är aggregerad för lek. De svenska och danska fiskeriministrarna kom överens om åtgärder som baserades på forskarnas förslag och det fiskefria området i Kattegatt inrättades den 1:a januari år 2009. Det består av ett kärnområde med angränsande buffertzoner som omfattas av begränsningar i fiske både med avseende på tid och fiskeredskap (Figur 1). Det södra området (Fiskefritt område) råder fiskeförbud året runt. I det norra området (Buffertzonen Nord) råder det fiskeförbud under första kvartalet (januari – mars), det vill säga perioden när torsk leker, och under resten av året tillåts fiske endast med selektiva redskap. I den tredje delen av det fiskefria området (Buffertzonen Väst) så är fiske tillåtligt året om med restriktionen att selektiva redskap skall användas första kvartalet. I den fjärde området (Buffertzonen Syd) råder samma premisser som i Buffertzonen Väst. FFO, Buffertzonen Nord samt Buffertzonen Syd utgör viktiga områden för torsk i Kattegatt (Vitale et al. 2008).

Tankarna om ett lekområdesskydd i Kattegatt under kvartal ett, hade länge varit ett förslag som diskuterats framförallt mot bakgrund av kunskap om torskens utbredning i Kattegatt (Vitale et al. 2008; Hjelm et al. 2013). Historiskt bedrevs ett torskfiske på lekaggregationer i sydöstra Kattegatt under det första kvartalet. Under ett flertal år fångades stora delar (upp till 70 %) av den årliga svenska torskkvoten i Kattegatt i det riktade fisket efter torsk under första kvartalet på lekplatserna. Med sjunkande kvoter och ransoner så minskade det svenska riktade fisket på lekande torsk från och med år 2005. Torsk fångades trots detta fortfarande i stor omfattning som bifångst i blandfisket efter andra arter, främst havskräfta och plattfisk.

Det inrättade FFO i Kattegatt innebar indirekt även ett lokalt skydd för livsmiljöer i området, samt för andra bifångstarter och kommersiella arter. Föreliggande utvärdering av FFO i Kattegatt analyserar därför i tillägg till effekterna på torsk också effekterna på fisksamhället i sin helhet och utvalda arter som till exempel havskräfta i området. Havskräfta är en art med stor kommersiell betydelse för svenskt yrkesfiske i Kattegatt. I FFO har trålning helt eller delvis upphört vilket också möjliggör analyser av effekter av fysisk påverkan på havsbottenarna. Utvärderingen innefattar därför även mjukbottenfaunans utveckling i det stängda området, samt bottenfaunans sammansättning utefter en gradient i trålningsintensitet. Utvärderingen av mjukbottenfaunan i relation till FFO görs emellertid i en separat delrapport.



Figur 1. Kartbild över fredningsområdet i södra Kattegatt. Det röda området är fiskefritt område (FFO) med permanent fiskeförbud. Inom det röstreckade området som kallas Buffertzon Nord får endast selektiva redskap (svensk rist eller SELTRA 300-trål) användas med undantag av torskens lekperiod 1 jan – 31 mars då all trålning är förbjuden. Inom det gula området som kallas för Buffertzon Väst är fiske tillåtligt utan särskilda restriktioner, undantaget är torskens lekperiod då endast fiske med selektiva redskap som inte fångar torsk är tillåtna. I det gulstreckade området, notera att detta område tillhör Västra Östersjön, är fiske tillåtet utan särskilda bestämmelser med undantag av inskränkningar under torskens lekperiod 1 feb – 31 april då endast selektiva redskap (svensk rist eller SELTRA 300-trål) är tillåtna. För mer detaljerad information om regleringar av fiske i Kattegatt se rådande föreskrifter (HVMS 2016, tidigare FIFS 2004:36).

12.2 Metodik

I samband med att FFO inrättades i södra Kattegatt definierades målsättningar, indikatorer och målkriterier (*Goals, Objectives, Indicators, Success criteria*) för torsk och havskräfta i området av Fiskeriverket, numera Havs- och Vattenmyndigheten (Tabell 1). Med de uppsatta målen som utgångspunkt har information från olika uppföljningsprogram använts för att svara på i vilken mån de uppnåtts. Eftersom det övergripande målet var att återskapa ett livskraftigt bestånd av torsk har även information från den av ICES årliga beståndsanalysen för torsk i Kattegatt sammanställts och inkluderats. För att utvärdera om inrättandet av de olika fredningsområdena haft en effekt på fiskeridödligheten för torsk har torskens rumsliga fördelning över året modellerats i relation till information om fiskets bedrivande och effekten av redskapsselektion.

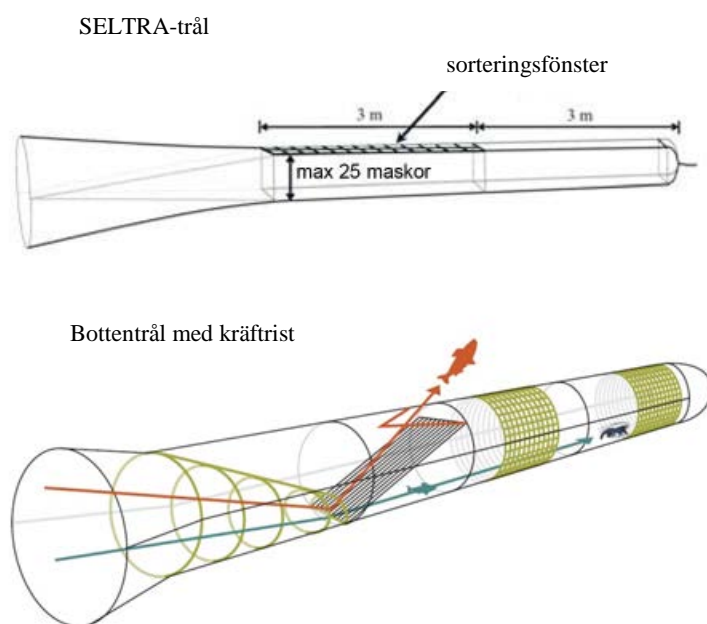
12.2.1 Använda fiskeredskap

Innan inrättning av FFO med buffertzoner i Kattegatt dominerade fångsten av torsk från bottentrålfiske (> 90 %). Det var därför, i huvudsak, inom detta flottsegment som olika redskapsbegränsningar införts. Det dominerande redskapet vid bottentrålning innan inrättandet av FFO år 2009 var bottentrål med 90 mm diagonalmaska i lyftet.

I samband med inrättandet av FFO beslutade svenska och danska myndigheter om att fiske med två olika fiskeredskap, den danska SELTRA-trålen (SElective TRAwl) försedd med extra stora maskor i takpanelen, och den svenska kräfttrålen med rist skulle tillåtas efter lekperioden i Buffertzon Nord samt under lekperioden i Buffertzon Väst respektive Syd (Figur 2). SELTRA trålen är i princip en bottentrål med stora maskor i taket på trålen genom vilka mindre torsk kan fly ut, och SELTRA trålen skall vara utformad i enlighet med rådande föreskrifter (HVMFS 2016, tidigare FIFS 2004:36).

Kräftrist introducerades i Sverige redan 2004 som ett artselektivt redskap. Kräftristen fungerar på så sätt att det bak i trålen har satts ett galler (rist) genom vilket stor fisk inte kommer igenom och fisken tillåts istället fly ut genom ett hål i taket på trålen. Vid fiske efter havskräfta får spaltavståndet i risten inte överstiga 35 mm och risten måste vara monterad snedställd i trålen, uppåt bakåt, med samtliga sidor fastsatta i trålen. I trålens överpanel ska det finnas ett oblockerat fiskutläpp i omedelbar anslutning till ristens överkant för att leda bort den utsorterade fisken från trålen. Mindre fisk som kan simma igenom gallret selekteras ut genom maskorna längre bak i trålen. Användning av rist möjliggör fångst av havskräftor med mycket små bifångster av liten torsk och 100 % utselektion av stor torsk. Kräftristen är ett av få redskap som i EU:s torskåterhämtningsplan (EC 1342/2008, undantag i enlighet

med artikel 11 2b¹) på grund av sina dokumenterat små fångster av stor torsk inte är begränsat i antalet dagar som fiskaren får använda redskapet.



Figur 2. Selektiva redskapen som är tillåtna i buffertzoner under delar av eller under hela året. SELTRA trålar (övre bild) med stora maskor i taket av trålen. Kräfrist med galler (nedre bild) som sorterar ut stor fisk genom ett hål i taket på trålen mindre fisk som går igenom risten selekteras ut genom maskorna längre bak i trålen.

12.2.2 Modellering av fiskets påverkan på torsk

För att utvärdera den relativa påverkan från fiske på torsk i relation till det fiskefria området och andra tekniska regleringar användes en modell för att förutsäga torskens rumsliga fördelning över året i kombination med information om fiskets geografiska fördelning (VMS-data) och selektivitet. Analyserna baserar sig på en metod som utvecklats av Vinther och Eero (2013) och kan i korthet sammanfattas som:

- (i) Tillgängliga trålexpeditioner (se nedan avsnitt 2.2 Beståndsanalys torsk) används för att konstruera GAM-modeller (Generalised additive model) baserad på relativ täthet av torsk kvartalsvis i relation till position, djup, år och trålfiskeundersökning. Baserat på resultatet av dessa modeller förutsägs därefter den rumsliga fördelningen av olika storleksklasser av torsk (12-24, 25-39 och ≥ 40 cm total kroppslängd).

¹http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2008.348.01.0020.01.ENG&toc=OJ:L:2008:348:TOC

- (ii) Positionsdata (VMS) från bottentrålfiske, där fiske definierades som aktivitet i 2-4 knops fart, i kombination med information om fartygens motorstyrka (kW) används sedan för att skatta fiskeansträngningens (tråltid * kW) fördelning i Kattegatt under året perioden 2008-2015. Till denna rumsliga information om fisket kopplades redskapstyp från loggboken och selektivitetens storleksberoende för torsk i olika redskap.
- (iii) Genom att kombinera kartan över torskens fördelning (i) med kartan över fiskeansträngningen (ii) beräknas sedan påverkan från fiske som en approximation av fiskeridödligheten per kvartal. I modellen antas därvid att den lokala påverkan från fisket är proportionell mot fisketrycket och torskförekomsten.
- (iv) Påverkan från fisket summeras per område (FFO, buffertzoner och referens), och sätts i relation till fiskets påverkan år 2008, det vill säga året innan FFO och dess nya redskapsregleringar inrättades. Därigenom erhålls ett relativt mått på förändringen i fiskeridödlighet sedan inrättandet av FFO per område och för hela Kattegatt.

12.2.3 Beståndsanalys torsk

Årligen genomförs beståndsanalyser för flera av de större fiskbestånden inom ICES. I analyserna av torskbeståndet i Kattegatt används data från det kommersiella fiskets landningar och utkast (icke-önskad bifångst) av fisk tillsammans med data från vetenskapliga trålexpeditioner i Kattegatt. I utvärderingen av betydelsen av FFO för torskbeståndets återetablering i Kattegatt har information från de årliga beståndsanalyserna av torsk sammanställts. Nedan följer en lista av årliga vetenskapliga trålexpeditioner vars data utnyttjas i beståndsanalyserna:

- (i) IBTS (International Bottom trawl Survey), trålfiske utförs under både kvartal 1 och kvartal 3 i Kattegatt då 19 olika stationer provfiskas.
- (ii) BITS (Baltic International Trawl Survey), trålfiske utförs under både kvartal 1 och kvartal 3 i de Danska Bälten då 22 olika stationer provfiskas.
- (iii) *Fisherman survey*, trålfiske utförs under kvartal 4 i Kattegatt då 80 olika stationer provfiskas.

12.2.4 Analys av bottenlevande fiskar och havskräfta

I Kattegatt genomförs årligen ett flertal olika trålexpeditioner med fokus på att samla in information om fiskbeståndens status. I samband med att FFO inrättades i södra Kattegatt initierades en särskild trålundersökning, benämnd *Fisherman survey*, för torsk i Kattegatt. Undersökningen startade år 2008 och har sedan dess, med undantag av år 2012, utförts årligen under kvartal fyra. Intressant med denna trålundersökning är att den har utvecklats i samarbete med svenskt och danskt yrkesfiske,

vilket skapat större delaktighet och acceptans för resultaten. Provtagningarna genomförs med hjälp av fyra kommersiella fiskefartyg, två svenska och två danska, utrustade med en standardiserad undersökningstrål försedd med 70 mm maska. Totalt fiskas 80 provfiskestationer årligen och den stora mängden trålfiskestationer innebär att informationen ger en bra rumslig beskrivning av torskförekomsten. Fisherman survey ger därigenom bra förutsättningar att bedöma torskens status när beståndet är litet jämfört med information från andra trålexpeditioner i Kattegatt som har lägre rumslig upplösning. Vid insamling av information om små bestånd med låg geografisk täckning finns risk för att erhålla ett bristande dataunderlag som inte kan användas för beståndsanalys.

I de statistiska analyser som gjorts för att utvärdera effekten av FFO har data från Fisherman survey använts på grund av denna expeditions överlägsna rumsliga täckning av det fiskefria området och representerar en period av året då fisken har en utspridd distribution i Kattegatt. I analyserna har data grupperats efter platsen där det samlats in; FFO, Buffertzonen Nord samt Referens (Figur 1). FFO utgör det helt stängda området där fiske är förbjudet. Buffertzonen Nord är säsongstängt för fiske under perioden januari – mars då torsken aggregeras för lek och under perioden april – december är fiske tillåtet men med selektiva trålar som inte fångar lika mycket torsk som konventionella trålar. Referensområdet har valts utifrån trålfiskestationer placerade (insamlade) utanför de stängda zonerna i Kattegatt, men med liknande miljöförhållanden som inom de stängda områdena.

För analyserna har ett urval av stickprov använts, då endast tråldrag inkluderats om hela den trålade sträckan legat innanför gränserna av det område som stickprovet ska representera. Totalt varierar antalet stickprov från 5 till 25 mellan område och år. Analys av data har utförts med ANCOVA (Analysis of Covariance) med faktorn Område och med År som kovariat. Hypotestestning av förändringar relaterat till inrättandet av det fiskefredade området bygger på att identifiera en interaktion mellan Område och År; det vill säga skillnader i utveckling över tid efter att FFO inrättats i områden med olika typer av fiskereglering. Storleksutveckling hos havskräfta studerades genom att analysera medianlängd (50:e percentilen av huvudsköldens längd) samt längden för de allra största havskräftorna (99:e percentilen av huvudsköldens längd) över tid. Percentilerna beräknades som ett värde för varje enskilt område och år, dessa resultat analyserades med Kendalls tau koefficient (Kendall rank korrelations koefficient), vilket är ett icke-parametriskt test som används för att studera om det finns en korrelation mellan två variabler. För varje område har en enskild analys gjorts och skillnader i utveckling över tid (år) mellan de olika områdena jämförs kvalitativt i de fall Kendalls korrelationer används.

Skillnader och förändringar i artsammansättningen hos fisksamhällen mellan områden och år har testats med en multivariat analys (PERMANOVA - Permutational

Analysis of Variance) med två faktorer, Område (FFO, Buffertzon Nord och Referens) och År (2008-2015). Analysen gjordes med två typer av responsvariabler, fångsterna av olika fiskarter angivna antingen som antal individer eller – som biomassa (kg).

Utvalda arter

Syftet med FFO var att minska dödligheten på lekbestånd av torsk i Kattegatt. I utvärderingen har även andra arter beaktats, särskilt arter med relativt stationära levnadssätt vilka kan förväntas uppvisa tydliga effekter av FFO. En av dessa arter utgörs av havskräfta. Havskräfta är dels intressant då arten har ett begränsat rörelsemönster (Chapman 1980) och dels för att havskräfta utgjorde en viktig fångst för yrkesfisket i det område som FFO inrättades. Utöver havskräfta har även effekter av FFO studerats för arterna piggvar och slätvar. Piggvar och slätvar är två närbesläktade fiskarter med liknande ekologi (Hammen et al. 2013). Märkningsstudier i Kattegatt visar att arterna migrerar mellan djupa och grunda områden under olika säsonger på året. Under höst och vinter rör sig fiskarna generellt mot djupare vatten och under vår och sommar återvänder de till grundare områden (Bagge 1987). Studier i Östersjön har dessutom visat att piggvar påverkades positivt när ett havsområde (Gotska Sandön, 360 km²) fredades. Beståndstätheten ökade, det blev fler äldre individer och jämnare könskvot (hane/hona) efter att fredningen inrättades (Florin et al. 2013).

Avgränsning för stora individer

I utvärderingen studerades förekomst av stora (äldre) individer då ett helt eller delvis reducerat fisketryck förväntades medföra att mängden stora individer ökar i ett område, eftersom fiske vanligtvis är selektivt för stora individer. Definition av kategorin ”stora individer” varierade mellan arter. Gränsen för stor torsk i utvärderingen sattes till individer med en totallängd motsvarande ≥ 40 cm, vilket utgör gränsen för könsmogen fisk och är i enlighet med tidigare utvärderingar av torsk i Kattegatt (Hjelm et al. 2013). Det sammanfaller dessutom med gränsen för definition av stor fisk (LFI, Large fish indicator) enligt Engelhard et al. (2015). Minimimåttet för havskräfta var fram till och med år 2015 ≥ 40 mm carapaxlängd, det vill säga mätt från ögonhålans bakkant till huvudsköldens (carapax) bakkant. Sedan år 2016 har regleringen gällande minimimått för havskräfta förändrats och numera är minimimåttet ≥ 32 mm carapaxlängd eller 10,5 cm totallängd (HVMFS 2016, tidigare FIFS 2004:36). Eftersom utvärderingen av FFO i Kattegatt gäller för den period som regleringen varit verksam år 2009-2015 används det gamla minimimåttet för havskräfta eftersom fisket under denna period selekterat mot individer större än minimimåttet. För piggvar har gränsen för stora individer satts till ≥ 35 cm totallängd och för slätvar ≥ 32 cm totallängd; gränserna för dessa båda arter har satts utifrån storlek

då de är könsmogna (Hammen et al. 2013). Honorna är längre jämfört med hanarna när de uppnår könsmognad och därför har deras gräns för könsmognad använts i utvärderingen för piggar och slätvar (Hammen et al. 2013).

12.3 Resultat

En sammanfattning av resultaten i relation till de mål som satts upp för fredningsområdet i Kattegatt ses i Tabell 1. Tabellen innehåller även referenser till figurer och tabeller där resultaten redovisas.

Tabell 1. GOIS (Goals, Objectives, Indicators och Success Criteria) tabell för FFO i södra Kattegatt med information om resultatet utifrån utvärderingen och hänvisning till referens för presentation av dataunderlag och analys.

Goals	Objectives	Indicators	Success Criteria	Mätmetod	Resultat	Referens
Återhämtning av torskbeståndet i Kattegatt	Omfördelning av fiskeansträngning (effort) bort från Kattegattorskens lek område	Rumslig fördelning av effort	Effortförflyttning som leder till minskad fiskerimortalitet (F) för Kattegattbeståndet	Analys baserad på Loggbok och VMS-data samt modellerad rumslig utbredning av torsk	Effortförflyttningen har medfört att påverkan från fiske i FFO minskat till 2 % av 2008 års nivå vilket bidragit till minskat F på stor torsk i Kattegatt	Kap. 12.3.1 Tab. 2 Fig. 3a-c
	Minskad fiskemortalitet	Landningsstatistik och bifångstdata (discard) för att skatta fiskerimortalitet (F)	CPUE ökar över tid, abundans ökar över tid, $F < F_{pa}$	Provfiske botten-trålning, Akustik, Landningsstatistik	Relativ fiskerimortalitet har gått ned sedan år 2008 i Kattegatt. Absoluta nivåerna är okända, men trenden visar på en kraftig minskning	Kap. 12.3.2 Fig. 6
	Minskad fiskemortalitet	Total mortalitet (z)	Z minskar över tid	Provfiske	Relativ fiskerimortalitet har gått ned sedan år 2008 i Kattegatt. Absoluta nivåerna är okända, men trenden visar på en kraftig minskning	Kap. 12.3.2 Fig. 6
	Större lekbestånd i Kattegatt	Lekbiomassa från CPUE	Lekbiomassa ökar över tid, $SSB > Blim$	Provfisken med botten-trål	Relativ SSB har ökat från 2012 och är nu på nivåer jämförbara med nivåer i slutet av 1990 talet	Kap. 12.3.2 Fig. 7
	Diversifierad storleksfördelning	Storleksstruktur (medellängd per fångst el survey)	Antal stora individer ökar över tid	Provfiske botten-trålning	Andelen stora individer av Torsk i Kattegatt visar på en positiv utveckling och har ökat sedan år 2014. Mängden stor torsk i Kattegatt år 2016 var den största sedan slutet av 90-talet	Kap. 12.3.3 Fig. 10
	Diversifierad åldersfördelning	Åldersstruktur	Ökande andel gamla individer	Åldersanalyser från provfiske och kommersiella fångster	Andelen äldre individer av Torsk i Kattegatt (4 år och äldre) har ökat sedan 2014 och andelen/mängden äldre torsk 2016 var den största sedan 1990 talets slut	Kap. 12.3.2 Fig. 8a-e
	Spillover dvs nettomigration av fisk, juvenila- respektive vuxna individer, från FFO till omkringliggande havsområde där fiske är tillåtet	CPUE per åldersgrupp	CPUE ökar över tid utanför FFO	Provfiske i referensområden (ryssjefisken och botten-trål), landningar	Sammantaget har FFO bidragit till den eftersträvade återetableringen av torsk i Kattegatt med en ökad lekbiomassa och på så vis medfört en ökad mängd fiskbar torsk.	Kap. 12.3.2

Effekter på havskräftbeståndets struktur	Ökande populationsstorlek	Beståndstäthet för havskräfta	Antal och kg havskräfta ökar över tid.	Provfiske botten-träning, UW-TV	Data från UW-TV undersökning var inte representativ för områdena inom FFO i Kattegatt och därför utgick dessa ur utvärdering av fiskefria område i Kattegatt. Data från botten-träning visade på en generell minskning av havskräfta, abundans och biomassa, över tid (år) men ingen effekt av FFO.	Kap. 12.3.3 Fig. 11a-b
	Minskad fiskemortalitet	Total mortalitet	Z minskar över tid	Provfiske	Har inte beräknats på grund av avsaknad av relevant dataunderlag för FFO	
	Diversifierad storleksfördelning	Storleksstruktur	Andel stora individer ökar över tid	Provfiske	Data visar på en signifikant positiv ökning av medianstorlek (50:e percentilen) hos havskräfta, både inom FFO och i referensområde som representerar övriga Kattegatt. Inom FFO ökade medianen från 38 mm till 54 mm, en ökning som var 5 mm längre jämfört med referensområde. Vidare ökade även 99:e percentilen inom FFO med 15 mm, från 56 mm till 71 mm.	Kap. 12.3.3 Fig. 12 & 13a-b

12.3.1 Omfördelning av fiskeansträngning från Kattegattorskens lekområde

De fiskeridata (botten-trålfisket) som använts i modellen visar att fiskeansträngningen i Kattegatt fram till 2015 som helhet minskat till 75 % av 2008 års nivå (Tabell 2). Fisket ökade initialt i de fiskade och säsongreglerade buffertzoner efter införandet av FFO, men hade till 2015 minskat till en nivå under den som rapporterades för 2008 som en del i den generellt vikande trenden i fiskeansträngning för Kattegatt. Buffertzoner skiljer sig såtillvida att fiskeansträngningen ökat 2009-2014 i den västra delen, där selektiva redskap bara krävs första kvartalet, medan en måttlig minskning undantaget 2010 observerats i Buffertzonen Nord där selektiva redskap krävs och där fiske är förbjudet första kvartalet (Tabell 2). Fiskeaktiviteten i FFO har sedan införandet varit låg (2-9 % jämfört med 2008 års nivå), med undantag av 2010 då en fiskeansträngning motsvarande 31 % av 2008 års nivåer konstaterades. Fiskets efterlevnad av fiskeregleringarna i FFO har således blivit bättre över tid. Ett visst fiske har emellertid även skett av tyska fiskefartyg som har tillträde till den del av FFO som ligger i den ekonomiska zonen, vilket inte redovisats här på grund av avsaknad av data. Förändringen av den totala fiskeansträngningen i Kattegatt är av potentiell betydelse för återhämtningen av torsk och utvecklingen av övriga arter med avseende på abundans, biomassa och storleksfördelning, även om fiskeansträngningen inte nödvändigtvis behöver vara direkt relaterat till införandet av det fiskefria området. Resultaten visar att förvaltningsåtgärderna

haft den avsedda effekten det vill säga att reducera fiskeansträngningen i FFO och flytta fiskeansträngningen från området där torsk från Kattegatt aggregerar för lek. Samtidigt har, som kan förväntas, fiskeansträngningen i omkringliggande områden initialt ökat. Denna ökning har dock motverkats av den generellt minskade fiskeansträngningen i Kattegatt.

Tabell 2. Förändring av fiskeansträngning per område och för hela Kattegatt under perioden med fiskefritt område i förhållande till år 2008 års värden.

År	Referens	Buffert V	Buffert N	FFO	Totalt
2008	1	1	1	1	1
2009	1,15	1,95	0,62	0,09	1,07
2010	0,99	1,91	1,76	0,31	1,13
2011	1,07	1,71	0,64	0,07	0,99
2012	1,04	1,62	0,92	0,03	1
2013	1	1,73	0,71	0,05	0,96
2014	0,84	1,39	0,49	0,02	0,78
2015	0,9	0,9	0,33	0,02	0,75

Införandet av mer selektiva redskap har enligt modellen haft en stor effekt på fiskets påverkan på alla tre storleksklasser av torsk (Figur 3a-c). Initialt syns en begränsad effekt i detta modellscenario då de selektiva redskapen endast tillämpades i buffertzonerna, men över tid ökade effekten när användningen av selektiva redskap ökar i Kattegatt som helhet till följd av regelverket (Figur 4). I det scenario som även tar hänsyn till det fiskefria området, genom att relatera fiskets utbredning till torskens rumsliga fördelning, skilde sig resultaten för de olika storleksklasserna av torsk. För stor torsk ses en ytterligare minskning i påverkan av fisket relaterat till införandet av det fiskefria området (Figur 3c), för mellanstorleken noterades en mindre motsvarande minskning medan effekten för de små torskarna istället var en något ökad påverkan från fisket. Sammantaget indikerade modellen att fiskeripåverkan på stor torsk 2015 minskat till 31 % av 2008 års nivåer vid beaktande av effekter från de selektiva redskapen, de fiskefria områdena och den generella minskningen i fiskeansträngningen. De fiskefria områdena har därmed bidragit till en minskad fiskeridödlighet på stor torsk; men eftersom effekter av de fiskefria områdena, den minskande fiskeansträngning totalt i Kattegatt och tekniska regleringar i form av selektiva redskap interagerar i att skapa senare års fiskemönster (VMS data) går det inte direkt att separera de olika faktorernas bidrag till den minskade påverkan av fisket. Även om detta är ett modellresultat och ska ställas i relation till den generella minsk-

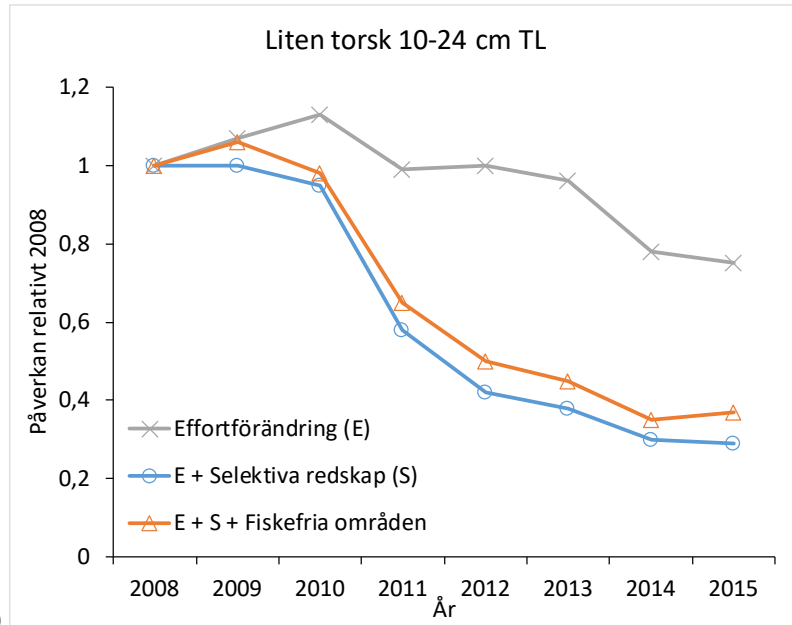
ningen i fiskeansträngning, som i sig gav en reducerad påverkan från fisket, så indikerade resultaten att både selektiva redskap och skyddade områden varit av signifikant betydelse för att minska påverkan från fisket på torskbeståndet i Kattegatt.

Osäkerheter i uppskattningarna av fiskets påverkan

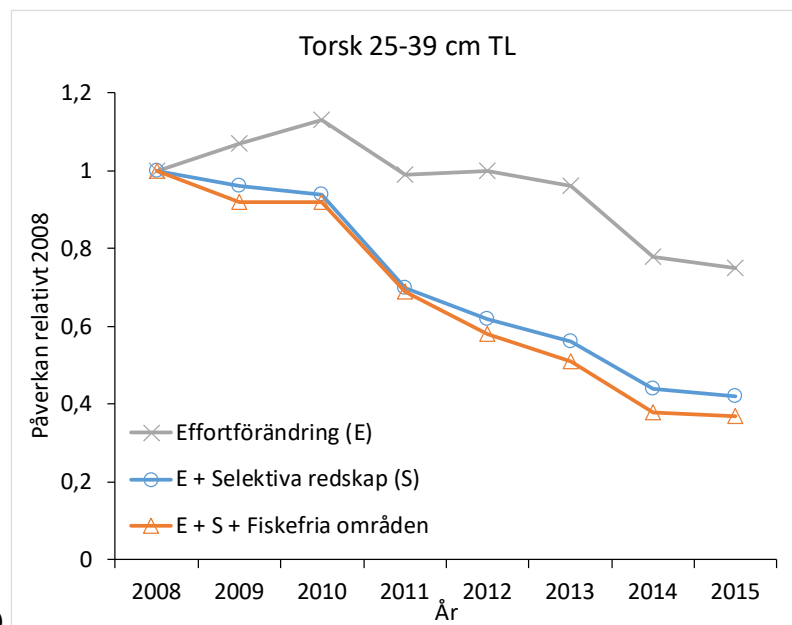
Den relativa påverkan från fiske på torsk i relation till det fiskefria området och andra tekniska regleringar är beräknade uppskattningar utifrån en modell som förutsäger torskens rumsliga fördelning över året i kombination med information om fiskets geografiska fördelning och fångstkapacitet beroende på vilka redskap som används. Modellen är baserad på ett antal biologiska som tekniska antaganden vilka alla är förknippade med viss osäkerhet (se diskussion i Vinther och Eero 2013). De tekniska antagandena om fiskets bedrivande är dock av särskild betydelse då de direkt styr den relativa påverkan som modelleras och jämförs.

Gällande omfördelningen i fiskeansträngning till följd av FFO och buffertzoner tas viss hänsyn till efterlevnad av regelverket genom att kontrollinformation i form av satellitspårningen (VMS) av fiskefartygen är grunden för modellberäkningarna. För mindre fartyg som saknar VMS (<15 m och efter 2012 <12 m) har antagits att dessa fartyg följer samma fiskemönster som de fartyg som har VMS, och fiskeansträngningen har räknats upp med denna del av fiskeflottan; men eventuella skillnader i efterlevnad tas alltså inte hänsyn till för mindre fartyg vilket följaktligen introducerar osäkerhet i beräkningarna. Omkring 40 % av fiskeansträngningen i Kattegatt fram till 2012 var från mindre fartyg (Sköld et al 2012, appendix 4). Med den sjunkande totala fiskeansträngningen och sedan gränsen för VMS ändrades till 12 m har dock andelen av fiskeflottan som saknar VMS dock sjunkit betydligt.

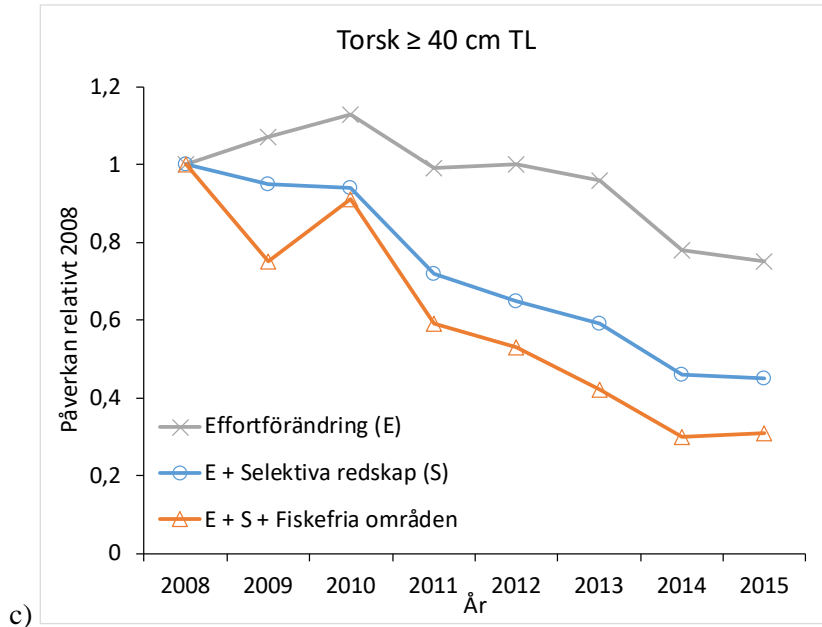
Gällande användning av selektiva redskap är antagandet att regelverket följs fullt ut då loggboksinformation är källan till beräkningarna. Havs- och vattenmyndigheten har under de senaste åren mottagit ett flertal anmälningar från Kustbevakningen om att fiskeredskap manipulerats för att minska selektionen i bottenrålur. Konsekvenserna av bristande efterlevnad med avseende på redskapen innebär ökad osäkerhet i beräkningarna av fiskets påverkan, samt generellt en överskattning av effekterna av åtgärderna på grund av minskad selektivitet.



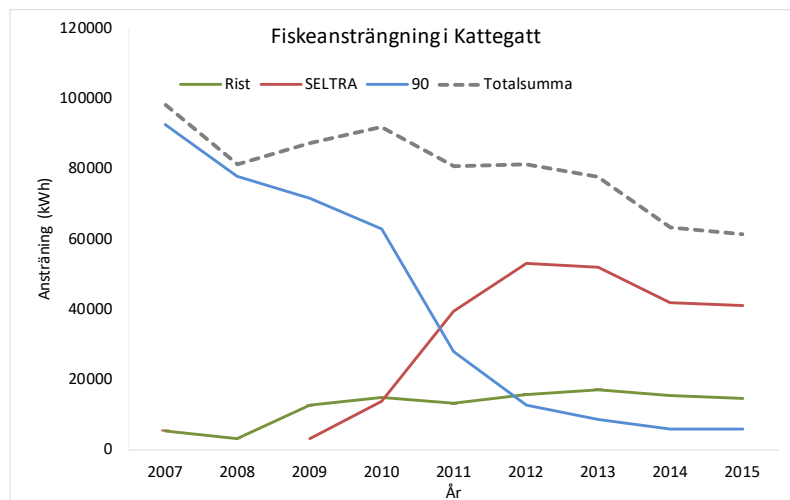
a)



b)



Figur 3a-c. Modellerad påverkan av fiske på (a) torsk 10-24 cm, (b) torsk 25- 39 cm, och (c) torsk ≥ 40 cm TL (Totallängd) relativt påverkan 2008 innan FFO infördes. Den totala effortförändringen speglar utvecklingen i fiskeansträngningen över tid (grå). Till effekten av effortförändringen läggs effekten av selektiva redskap (blå) samt slutligen dessutom effekten av fiskefria områden (orange). Det bör noteras att effekterna inte är strikt additiva i modellen (se resultattext för information).



Figur 4. Ansträngning mätt som kilowattimmar (Kwh) per fiskeredskap (Bottentrål med kräfttrist, SELTRA-trål och bottentrål med 90 mm diagonalmaska) respektive den sammanlagda ansträngningen från år 2007 till år 2015 i Kattegatt.

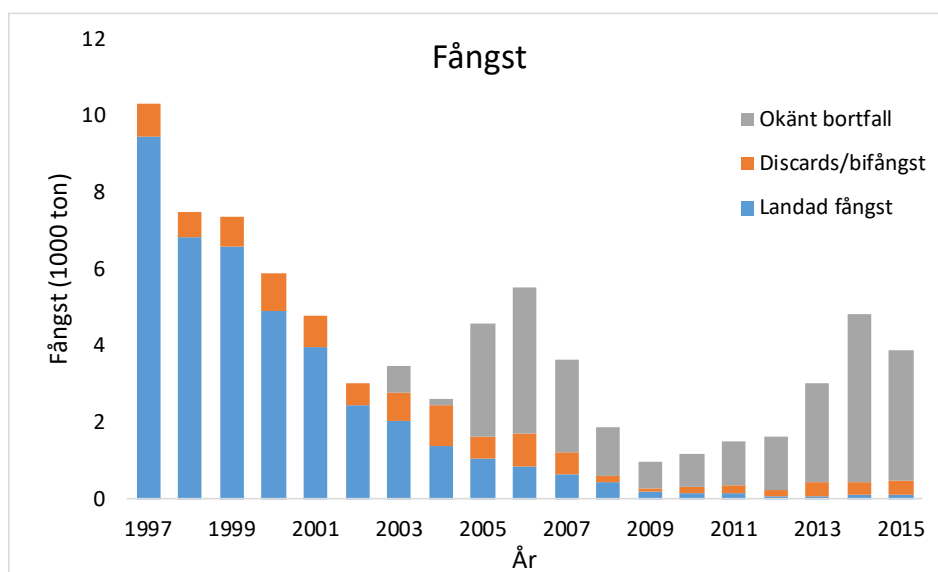
12.3.2 Beståndsanalys torsk

Syftet med FFO var att öka lekbiomassan genom reducerad fiskerimortalitet på grund av omförflyttad fiskeansträngning (se avsnitt 12.3.1; Figur 3c). På så vis

skapas bättre förutsättningar för återhämtning av torskbeståndet i Kattegatt. Nedan presenteras resultat för ICES senaste beståndsanalys av torsk i Kattegatt.

Återhämtning av torskbeståndet i Kattegatt

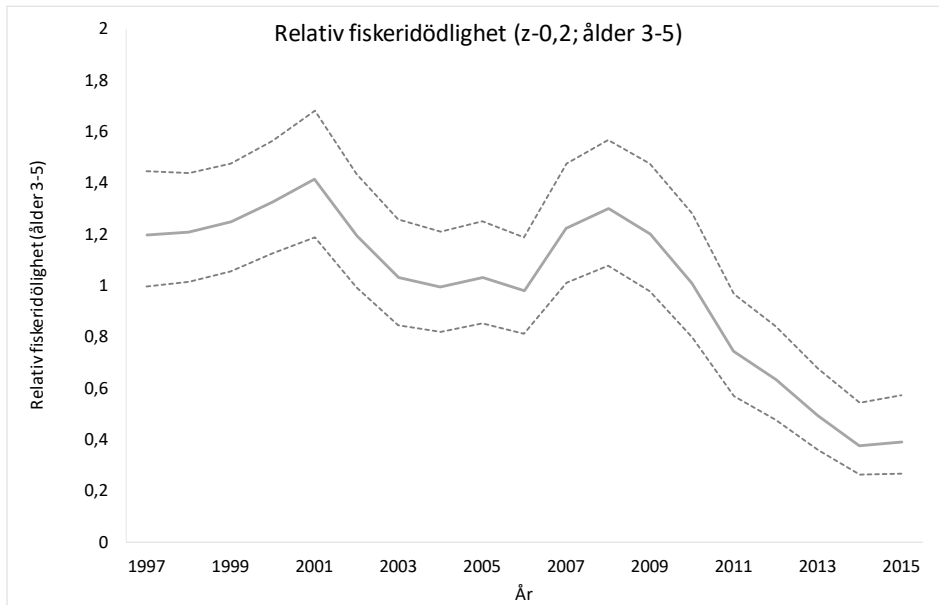
Beståndsanalysen av torsk i Kattegatt kategoriseras enligt ICES som ”Kategori 3” vilket innebär att underlaget för beståndsanalys är begränsat. I detta fall görs en full analytisk bedömning baserat på en populationsmodell, men det efterföljande biologiska rådet baserar sig endast på trender som kan utläsas ur analyserna. Detta med anledning av att de absoluta nivåerna av den beräknade fiskerimortaliteten (F) och biomassan av den del av populationen som reproducerar sig (SSB) anses vara osäkra och därför bör betraktas som relativa värden. Den huvudsakliga anledningen till osäkerheten var att mängden fisk som beräknas försvinna varje år i populationsmodellen är betydligt högre än vad som rapporteras som fångster tillsammans med vad som förväntas tillkomma i form av naturlig dödlighet (Figur 5, okänt bortfall). Den förmodade huvudorsaken till denna brist på överrensstämmelse är att Nordsjötorsken använder Kattegatt som uppväxtområde för att sedan vandra tillbaka till Nordsjön som vuxna för att leka. Det har dock inte varit möjligt att skilja effekter av denna migration från brister i fiskets rapporter av fångster. Under 2017 kommer därför genetiska analyser att genomföras med syfte att kvantifiera proportionen av torsk i Kattegatt som tillhör Nordsjö- respektive Kattegattbeståndet. Information från de genetiska analyserna har förutsättningar att förbättra beståndsanalysen framöver.



Figur 5. Resultat hämtat från beståndsanalysen för torsk i Kattegatt år 2016. Landningar och utkast (discard) från fiskeridata samt differensen mellan fiskeridata och den fångst som modellen förutsäger (Okänt bortfall) ger den totala fångsten som redovisas. Källa: ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.2 Cod (*Gadus morhua*) in subdivision 3.a.21 (Kattegat).

Minskad fiskemortalitet

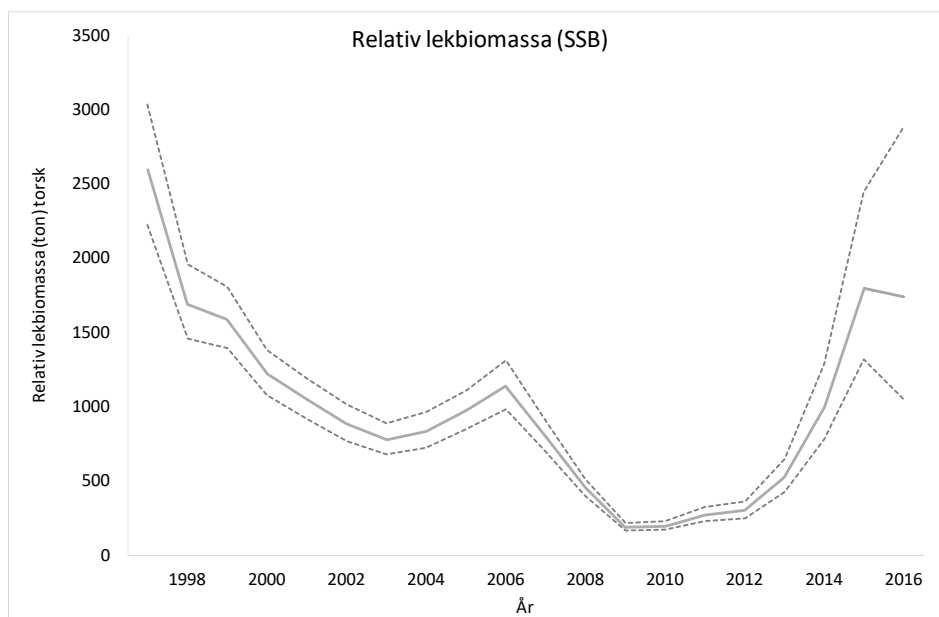
Sedan inrättandet av FFO år 2009 har relativ fiskerimortalitet i Kattegatt gått ned avsevärt, till de lägsta nivåerna under hela tidsserien, det vill säga från år 1997 till 2015 (Figur 6).



Figur 6. Resultat hämtat från beståndsanalysen för torsk i Kattegatt år 2016. Resultaten representerar relativ fiskeridödlighet för åldrarna 3-5 år i förhållande till medelvärdet för tidsserien. Helledragen linje utgör medelvärde och streckade linjer motsvarar 95 % konfidensintervall. Källa: *ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.2 Cod (Gadus morhua) in subdivision 3.a.21 (Kattegat)*.

Större lekbestånd i Kattegatt

Lekbiomassan (SSB) av torsk i Kattegatt har uppvisat en kraftig nedgång från 1998 till och med 2010. Under åren 2009 och 2010 noterades historiskt låga nivåer av SSB och beståndet bedömdes vara utanför biologiskt säkra gränser. Efter år 2010 följde en återhämtning av SSB fram till och med år 2016 (Figur 7).



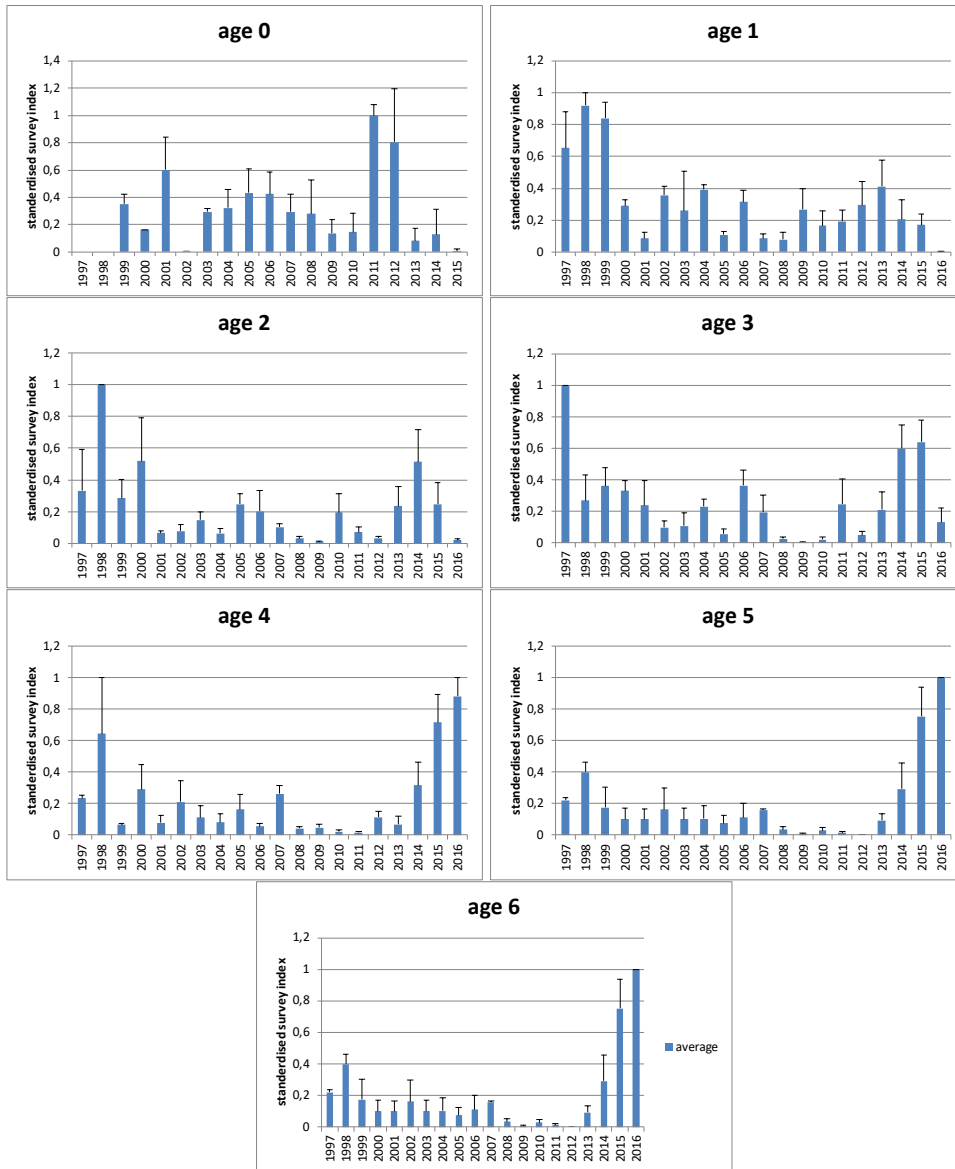
Figur 7. Resultat hämtat från beståndsanalysen för Kattegattorsk 2016. Figuren visar relativ lekbiomassa (SSB) av torsk i relation till ett medelvärde för tidsserien. Helledragen linje utgör medelvärde och streckade linjer motsvarar 95 % konfidensintervall. Källa: ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.2 Cod (*Gadus morhua*) in subdivision 3.a.21 (Kattegat).

Diversifierad åldersfördelning

För att på ett överskådligt sätt illustrera åldersfördelningen av torsk baserat på flera olika övervakningsprogram har ett så kallat survey-index beräknats (Figur 8a-e). Indexet beräknas genom att standardisera data över tid per årsklass; detta genom att plocka ut det, för varje övervakningsprogram, högsta värdet under hela tidsserien (1997-2016) per årsklass (0-6 år) och därefter dividera övriga värden per åldersklass inom övervakningsprogrammet med detta värde. Därefter beräknas medelvärde och standard fel (SE) per årsklass och år baserat på de standardiserade värdena från de olika övervakningsprogrammen. Ett resultat med ett högt värde (1) och med en liten variation betyder att antalet torskar/individer av en specifik årsklass det året var stort och föll ut som en stark årsklass i samtliga övervakningsprogram. Ett resultat med ett högt värde (1) men samtidigt med hög variation betyder istället att antal torskar/individer från övervakningsprogrammen för den årsklassen ett specifikt år skiljde sig åt. På motsvarande sätt ger spridningen (SE) information om överensstämmelsen i identifieringen av svaga årsklasser mellan olika övervakningsprogram.

Mängden torsk i Kattegatt var väldigt låg, för alla åldrar, under perioden 2008-2010 (Figur 8a-e). År 2011 och 2012 ses däremot starka (stora) årsklasser (0-åringar), vilka senare syns som en ökande mängd äldre fiskar under 2014-2016. An-

märkningsvärt var att mängden 4- till 6-åringar aldrig har varit större under tidsserien (1997-2015) än under de två senaste åren 2015 och 2016. Bekymmersamt var emellertid att rekryteringen de senare åren 2015 och 2016 tillhörde de lägsta under tidsserien.



Figur 8a-e. Resultat hämtat från beståndsanalysen för Kattegatt torsk år 2016. Figuren visar hur ett standardiserat survey-index för årsklasstyrka (0-6 åringar) varierar över tid (år). Osäkerhetslinjer visar standard fel (+SE). Källa: ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.2 Cod (*Gadus morhua*) in subdivision 3.a.21 (Kattegat).

12.3.3 Analys av bottenlevande fiskar och havskräfta

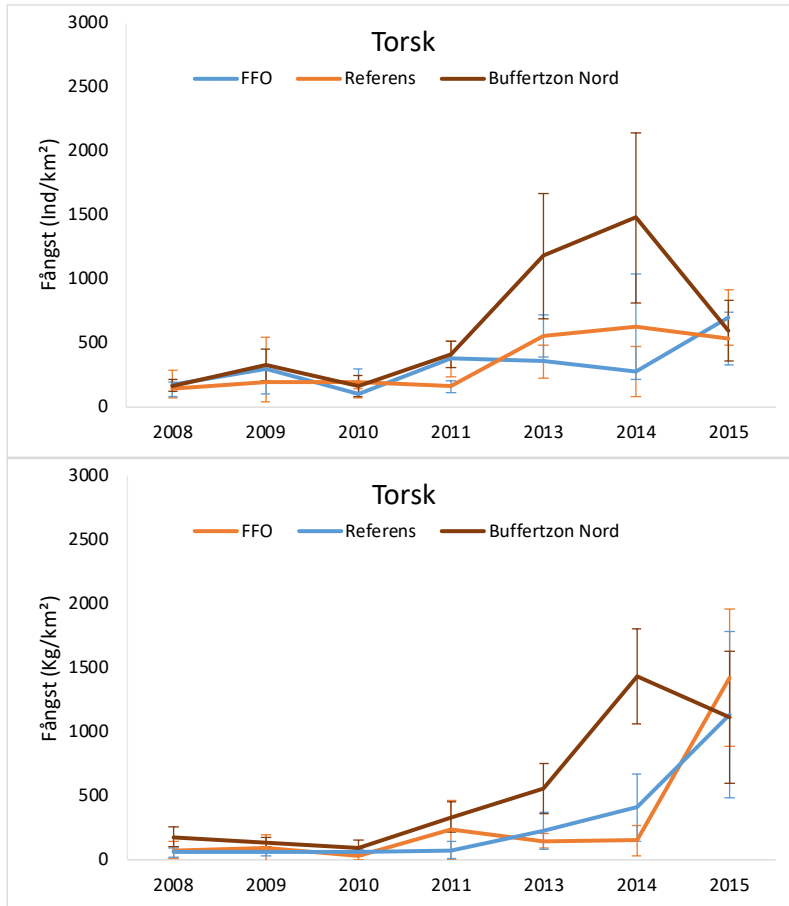
För att undersöka om etableringen av det stängda området påverkat enskilda arter och fisksamhällets struktur har utvecklingen över tid i det stängda området jämförts med utvecklingen i omkringliggande områden där fisket fortgått. Fångstinformation från de vetenskapliga provfiskena insamlade i och utanför FFO och Buffertzonen Nord under perioden 2008 – 2015 har använts. Data härstammar från trålexpeditionen *Fisherman survey* som tidigare beskrivits (se avsnitt 12.2.4 under Metodik).

Beståndstäthet av torsk i FFO

Resultatet från provfiske under kvartal fyra visade inte på någon skillnad i fångstutveckling av antal torskar mellan FFO och Referens över tid (ANCOVA; *Område*År*, $t = 0,034$, $p = 0,608$), inte heller mellan Buffertzonen Nord och Referens över tid (*Område*År*, $t = 1,186$, $p = 0,321$) (Figur 9a). Antal torskar var fler inom Buffertzonen Nord jämfört med Referens (*Område*, $t = 2,900$, $p = 0,029$). Det fanns också en generell positiv trend i antal torskar över tid inom samtliga studerade områden (*År*, $t = 2,288$, $p = 0,045$).

Analys av fångstutveckling för mängden (kg) torsk över tid visade ett liknande resultat som för antal torskar. Det fanns ingen skillnad i fångstutveckling av mängden torsk mellan FFO och Referens över tid (*Område*År*, $t = 0,760$; $p = 0,450$), inte heller mellan Buffertzonen Nord och Referens över tid (*Område*År*, $t = 0,923$, $p = 0,3979$) (Figur 9b). Mängden torsk var högre inom Buffertzonen Nord jämfört med både FFO (*Område*, $t = 3,155$, $p = 0,006$) och Referens (*Område*, $t = 4,389$, $p = 0,001$). Det fanns också en generell positiv utveckling av biomassa torsk över tid inom de studerade områdena (*År*, $t = 6,839$, $p < 0,001$).

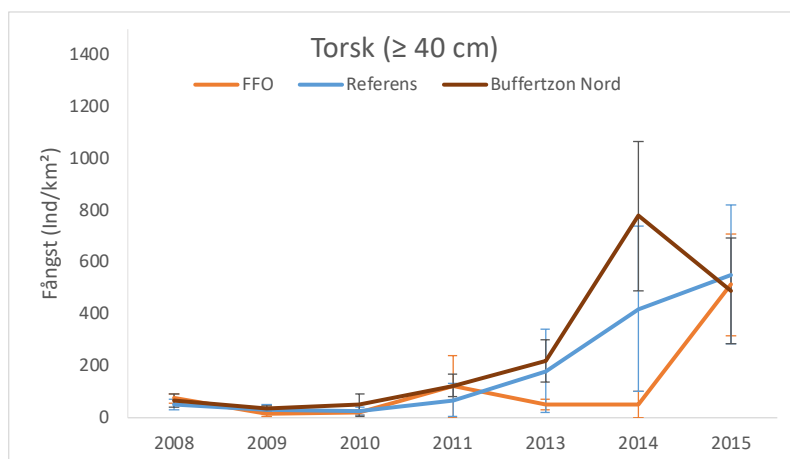
Sammanfattningsvis visade de statistiska analyserna att det fanns en generell positiv utveckling i antal och biomassa av torsk sedan inrättandet av FFO, men att utvecklingen i FFO jämfört med de fiskade områdena inte skiljde sig åt. Anmärkningsvärt var magnituden i ökningen. De genomsnittliga fångsterna av torsk var år 2008 mellan ca 60 och 180 kg/km² motsvarande fångster för år 2015 var mellan 1100 och 1400 kg/km², motsvarande en genomsnittlig ökning i fångst per ansträngning med 7 – 18 gånger.



Figur 9a-b. (a) Abundans (individer per km²) och (b) biomassa (kg per km²) i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetlinjer anger 95 % konfidensintervall.

Diversifierad storleksfördelning

Resultatet från trålfiske under kvartal fyra visade inte på någon skillnad i fångstutveckling över tid för stor torsk (≥ 40 cm) mellan FFO och Referens (ANCOVA; $Område \cdot \text{År}$, $t = 1,048$, $p = 0,367$), inte heller mellan Buffertzon Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,846$, $p = 0,419$) (Figur 10). Analysen visade att antalet stora torskar utvecklats positivt över tid i samtliga av de studerade områdena (År , $t = 5,863$, $p < 0,001$).



Figur 10. Abundans av stor torsk (individer per km²) i det fiskefria området, Buffertzonen Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Spillover (juvenil och vuxen fisk)

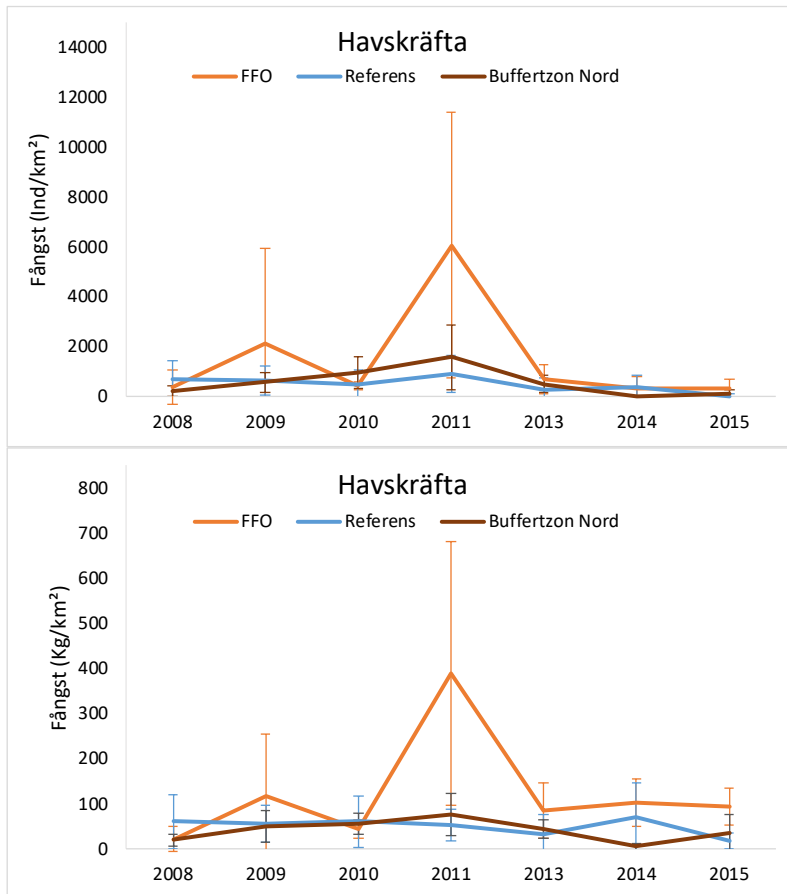
Torsk har generellt uppvisat en positiv utveckling i hela Kattegatt, sedan inrättningen av FFO och övriga fiskereglerade områden. Återhämtning ses bland annat genom ökad lekbiomassa (Figur 7), ökad beståndstäthet (Figur 9a-b) och ökad förekomst av stora (äldre) torskar (Figur 8). De rumsliga analyserna där skillnader mellan zonerna FFO, Buffertområde Nord och referens analyserats, visade emellertid inte på någon signifikant interaktion, det vill säga skillnader i utveckling över tid. Den exakta mängden så kallad ”spillover” av torsk och konsekvenserna på omkringliggande områden kan dock ofta vara svår att beräkna.

Syftet med FFO i Kattegatt var att minska fiskeridödligheten och på så vis ge förutsättningar för att lekbiomassan av det lokala beståndet på sikt skulle kunna öka, samt att rekrytering av torsk i Kattegatt därmed skulle ges förutsättningar för att förbättras. Härigenom skulle åtgärderna kunna minska risk för beståndskollaps. Således infördes FFO, redskapsregleringar och de periodvisa områdesskydden med fokus att skydda stor torsk under första kvartalet på dess lekplatser i södra Kattegatt eftersom det lokala beståndet då aggregeras i dessa områden. Sammantaget har FFO bidragit till den eftersträlvade återetableringen av torsk i Kattegatt med ökad lekbiomassa (Figur 7), ökad beståndstäthet (Figur 9a-b) och ökad förekomst av stora (äldre) torskindivider (Figur 8). FFO har alltså på så vis medfört en ökad mängd fiskbar torsk i de områden där fiske är tillåtet genom s.k. spillover eftersom torskens distribution varierar över året och den bara är aggregerad i FFO under lekperioden.

Beståndstäthet av havskräfta i FFO

Resultatet från trålfiske under kvartal fyra visade inte på någon skillnad i fångstutveckling av antal havskräftor mellan FFO och Referens över tid (ANCOVA; $Område \cdot \text{År}$, $t = 0,104$, $p = 0,629$), inte heller mellan Buffertzon Nord och Referens över tid ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,740$, $p = 0,466$) (Figur 11a). Antal havskräftor var fler inom FFO jämfört med Referens ($Område$, $t = 2,968$, $p = 0,017$). Antal havskräftor varierade också över tid inom de studerade områdena (År , $t = 2,667$, $p = 0,025$).

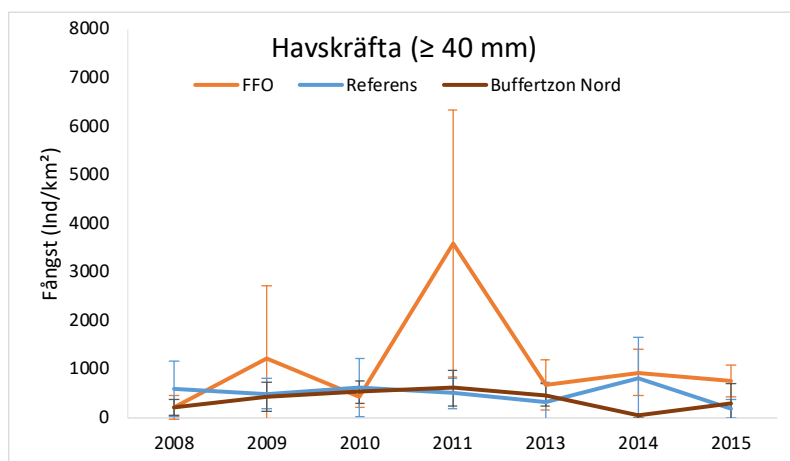
Fångstutveckling för biomassa (kg) havskräfta visade inte på någon skillnad mellan FFO och Referens över tid ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,0920$, $p = 0,638$), inte heller mellan Buffertzon Nord och Referens över tid ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,871$, $p = 0,424$) (Figur 11b). Däremot ses att mängden havskräftor var högre i FFO jämfört med Referens ($Område$, $t = 3,694$, $p = 0,003$). Biomassa havskräfta varierade också över tid inom de studerade områdena (År , $t = 2,463$, $p = 0,037$).



Figur 11a-b. (a) Abundans (individer per km²) och (b) biomassa (kg per km²) havskräfta i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetlinjer anger 95 % konfidensintervall.

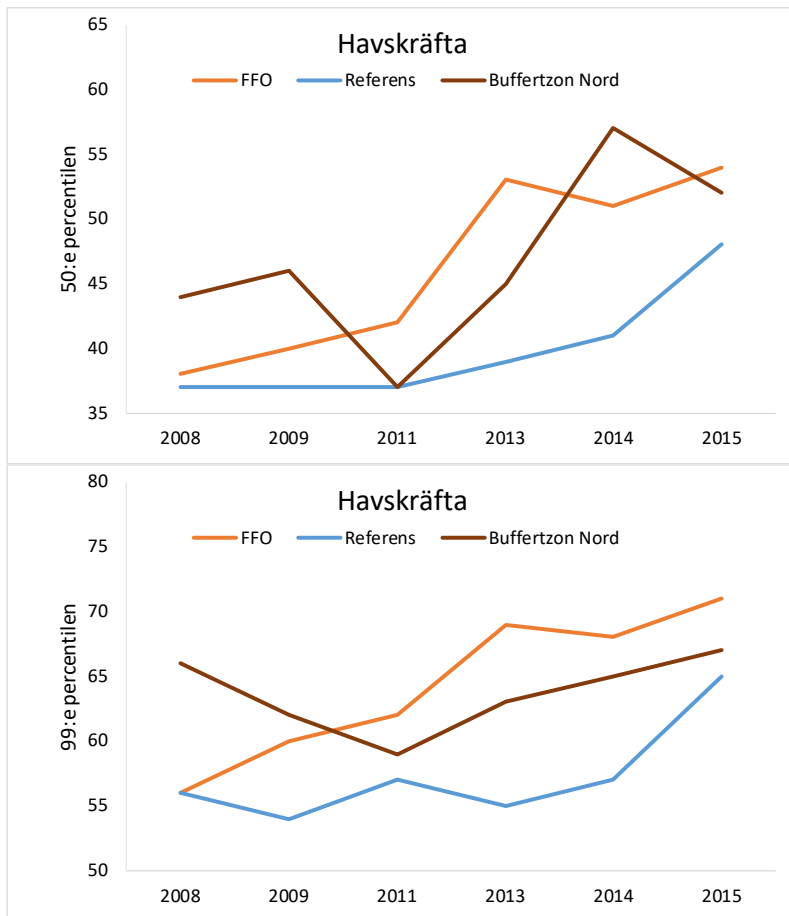
Diversifierad storleksfördelning

Fångstutveckling av antal stora havskräftor (≥ 40 mm) visade inte på någon skillnad mellan FFO och Referens (ANCOVA; $Område \cdot \text{År}$, $t = 0,145$, $p = 0,636$), inte heller mellan Buffertzonen Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,145$, $p = 0,835$) (Figur 12). Det fanns emellertid fler stora havskräftor inom FFO jämfört med Referens (Område, $t = 3,541$, $p = 0,004$) samt att antal stora havskräftor också varierade över tid (År, $t = 2,568$, $p = 0,031$).



Figur 12. Abundans av stor havskräfta (individer per km²) i det fiskefria området (FFO), Buffertzonen Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

I figur 13a-b presenteras havskräftornas medianlängd (50:e percentilen av huvudsköldens längd) samt gränsen (längd) för de 1 % största individerna (99:e percentilen). Den statistiska analysen visade att havskräftor inom FFO hade en signifikant positiv ökning av både medianlängden ($\tau = 0,81$, $p = 0,016$) och 99:e percentilen ($\tau = 0,81$, $p = 0,016$). I FFO noterades en ökning av medianlängden från 38 till 54 mm och för 99:e percentilen från 56 till 71 mm sett över hela den studerade perioden 2008-2015 (Figur 13a-b). Inom referensområdet noterades en signifikant ökning av medianlängden ($\tau = 0,72$, $p = 0,041$), men inte för 99:e percentilen ($\tau = 0,55$, $p = 0,124$). Medianlängden i referensområdet ökade från 37 till 48 mm under perioden 2008-2015 (Figur 13a-b). Inom Buffertområdet Nord, där fiskeredskap som fångar havskräfta är tillåtna 9 månader per år, noterades inga signifikanta förändringar i medianlängd ($\tau = 0,333$, $p = 0,368$) eller för 99:e percentilen ($\tau = 0,29$, $p = 0,448$). Sammanfattningsvis förelåg en förändring som var specifik för FFO genom att de stora havskräftorna ökade i storlek. Mönstret kan förklaras med att havskräfta är en betydelsefull art för yrkesfiske och det fiskas selektivt på individer ≥ 40 mm.



Figur 13a-b. Utveckling av medianlängd (50:e percentilen) och 99:e percentilen av huvudsköldens längd hos havskräfta i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012.

Fisksamhällets utveckling

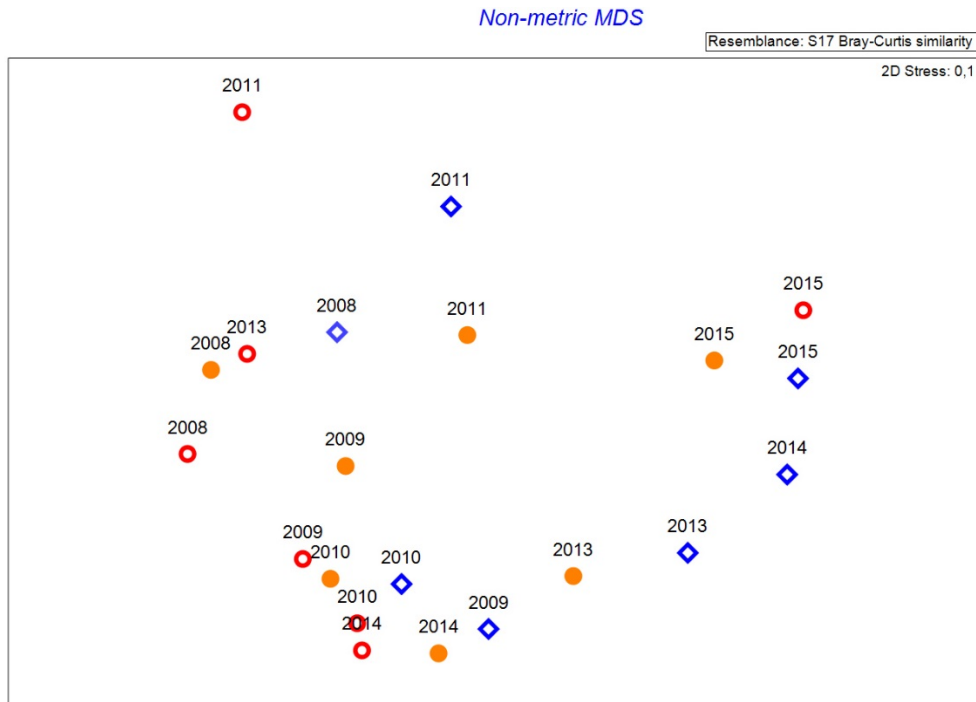
Analysen visade att fisksamhället baserat som biomassa (kg) som helhet utvecklats på olika sätt i de olika områdena: FFO, Buffertzon Nord och Referens (PERMANOVA; $Område \cdot \text{År}$; Pseudo-F = 1,33; $p = 0,046$). Skillnaderna mellan områdena tycks ha utvecklats över tid. Parvisa analyser av datamaterialet visade att under de tre första åren (2008, 2009 och 2010) fanns ingen skillnad mellan de tre områdena ($p > 0,05$) (Figur 14). Åren 2011 och 2013 fanns dock signifikanta skillnader i fisksamhällets sammansättning mellan FFO och referensområdet ($p < 0,05$) (Figur 14). I Buffertzon Nord fanns skillnad under hela perioden 2011 – 2014 i förhållande till referensområdet ($p < 0,05$) (Figur 14). Under det sista året i tidsserien, år 2015,

noterades ingen skillnad i fisksamhällets struktur mellan de tre analyserade områdena, FFO, Buffertzon Nord och referens ($p > 0,05$). Utifrån en Similarity Percentage analys (SIMPER) framgår att de observerade skillnaderna som noterades, i huvudsak förklarades av hur fångst av rödspätta, torsk och sandskädda varierade mellan område och år. Noterbart är att medelfångsterna av dessa arter var generellt lägre inom referensområdet jämfört med FFO och Buffertzon Nord.

Parvisa analyser över tid (år) visade att fisksamhället inom de olika områdena förändrades på olika sätt i förhållande till år 2008, det vill säga tiden innan FFO inrättats, under hela den studerade tidsserien (2008-2015). Inom Referens skilde sig fisksamhället åt under år 2011 och år 2015 i jämfört med år 2008 ($p < 0,05$). Utifrån SIMPER analys framgår att variationer i fångst av sandskädda, kolja, rödspätta, skrubbskädda och torsk förklarade de huvudsakliga skillnaderna i fisksamhället mellan år 2008 jämfört med 2011. År 2015 förklarades skillnader i fisksamhället jämfört med år 2008 främst av torsk, rödspätta och kolja. Inom FFO ses en tydligare effekt över tid där fisksamhället under hela perioden 2011-2015 är signifikant skiljt från år 2008 ($p < 0,05$). Under perioden år 2011-2014 förklarades de observerade skillnaderna jämfört med år 2008 i huvudsak av variationer i fångst av sandskädda, rödspätta, skrubbskädda och torsk. Skillnader i fisksamhället år 2015 jämfört med år 2008 förklarades främst av arterna torsk, rödspätta och kolja. Inom Buffertzon Nord var fisksamhället de två sista åren i tidsserien år 2014 och år 2015 signifikant skiljt från år 2008 ($p < 0,05$). Skillnaderna som noterades förklarades i huvudsak av variationer i fångst av torsk, rödspätta och sandskädda.

Sammanfattningsvis ses att fisksamhället förändras över tid; en förändring som var specifik för FFO och som påverkades av fångstvariation hos fiskarter som sandskädda, rödspätta, skrubbskädda, torsk och kolja. Framförallt drevs förändringen av biomassa hos de mest dominerande arterna torsk, rödspätta och sandskädda.

Baserat på individantal uppvisade inte fisksamhället i Referensen, Buffertzon Nord och FFO någon signifikant skillnad i utveckling över tiden (PERMANOVA, *Område*År*, Pseudo-F = 1,26; $p > 0,05$). Däremot var både faktorn *År* (Pseudo-F = 3,67; $p = 0,001$) respektive *Område* (Pseudo-F = 2,54; $p = 0,01$) signifikant. I en parvis analys mellan år ses att fisksamhället år 2008, innan FFO inrättats, inte visade på några skillnader jämfört med perioden 2010-2011 ($p > 0,05$) men avvek från den senare perioden i tidsserien 2013-2015 ($p < 0,05$). Vidare noterades att fisksamhället inom område Buffertzon Nord skilde sig från Referens ($p < 0,05$).

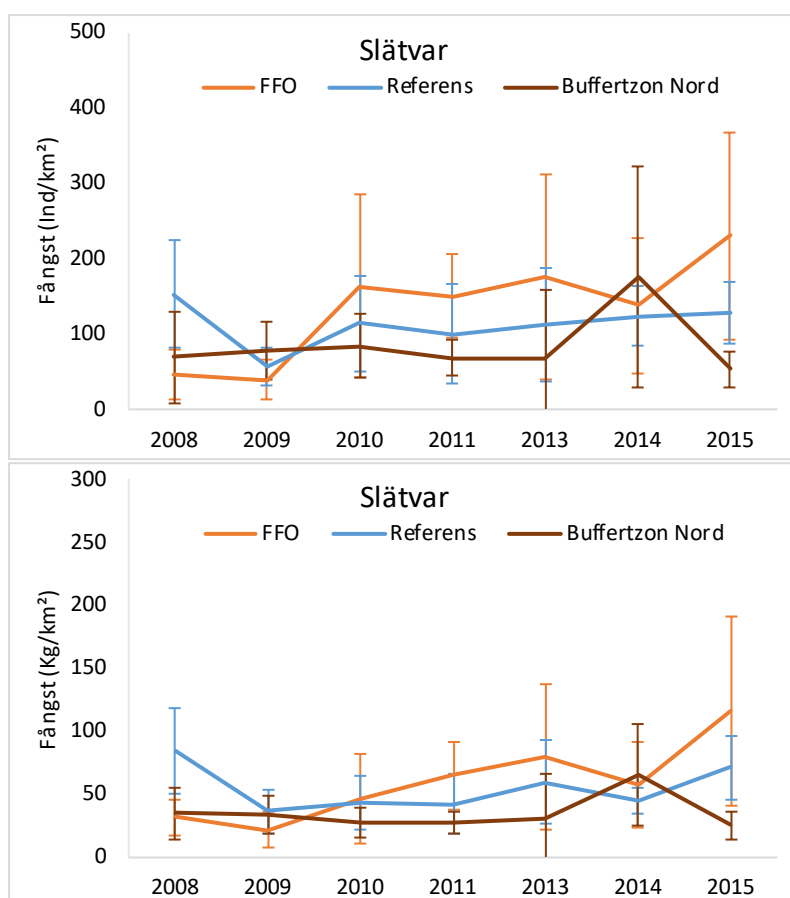


Figur 14. Grafisk presentation av samhällsanalysen från PERMANOVA (kg) genom så kallad MDS-ordinerering (Multidimensional scaling) av fisksammansättning (kg). Tråldata presenteras som ett sammanslaget årsmedelvärde per område (blå fyrkanter representerar Buffertzonen Nord, röda cirklar representerar Referensområde och orangea fyllda cirklar representerar FFO) och år. Genom MDS återges likheter mellan prov ("fisksamhällen") grafiskt, där det relativa avståndet mellan proverna återspeglar dess likhet. Likhet avser samhällsstruktur, i figuren ovan såsom kg per art. Med ökat avstånd mellan två punkter minskar dess likhet. Om prov grupperas i en MDS-graf innebär detta att proverna inom samma "grupp" är mer lika (artsammansättning) varandra men mindre lika prover utanför gruppen.

Beståndstäthet för utvalda arter

Resultatet från trålfiske under kvartal fyra visade inte på någon skillnad i fångstutveckling över tid av antal slätvaror mellan FFO och Referens (ANCOVA; $Område \cdot \text{År}$, $t = 0,072$, $p = 0,527$), inte heller för Buffertzonen Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 1,243$, $p = 0,311$) (Figur 15a). Däremot var mängden slätvaror högre inom Referens jämfört med Buffertzonen Nord ($Område$, $t = 2,907$, $p = 0,041$). I analysen fanns ingen förändring av antal slätvaror över tid inom de studerade områdena.

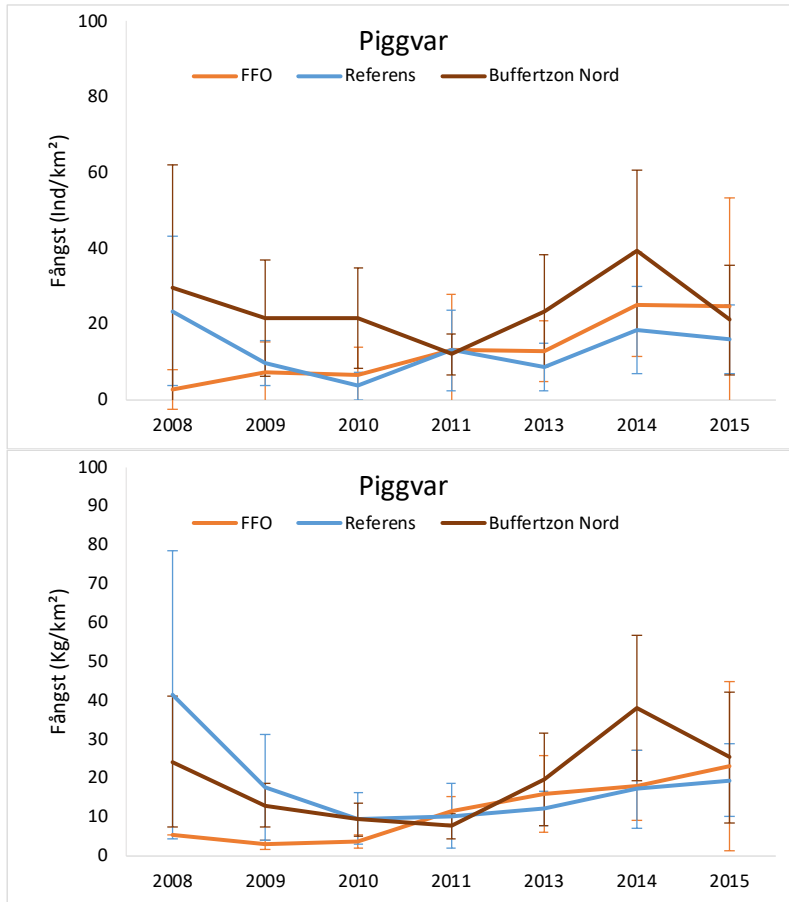
Analyserna av fångstutveckling av biomassa (kg) slätvaror över tid visade samma resultat som för antal slätvaror. Det fanns ingen skillnad i fångstutveckling mellan FFO och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 1,546$, $p = 0,207$), inte heller mellan Buffertzonen Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,897$, $p = 0,401$) (Figur 15b). Däremot fanns mer biomassa slätvaror inom FFO jämfört med Buffertzonen Nord ($Område$, $t = 2,541$, $p = 0,032$). I analysen noterades ingen förändring av mängden slätvaror över tid inom de studerade områdena.



Figur 15a-b. (a) abundans (Individer per km²) och (b) biomassa (kg per km²) för plattfiskarten slätvar i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på trälprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Analyserna visade inte på någon skillnad i fångstutveckling över tid av antal piggvarar mellan FFO och Referens (ANCOVA; *Område*År*, $t = 1,242$, $p = 0,314$), inte heller för Buffertzon Nord och Referens (*Område*År*, $t = 0,093$, $p = 0,471$) (Figur 16a). I analysen fanns ingen skillnad av antal piggvarar mellan de studerade områdena eller över tid.

Analysen över biomassa piggvar inom de studerade områdena visade inte på någon skillnad i fångst över tid mellan FFO och Referens (*Område*År*, $t = 1,379$, $p = 0,259$), inte heller för Buffertzon Nord och Referens (*Område*År*, $t = 0,399$, $p = 0,488$) (Figur 16b). I analysen fanns ingen skillnad av biomassa piggvar mellan de studerade områdena eller över tid.

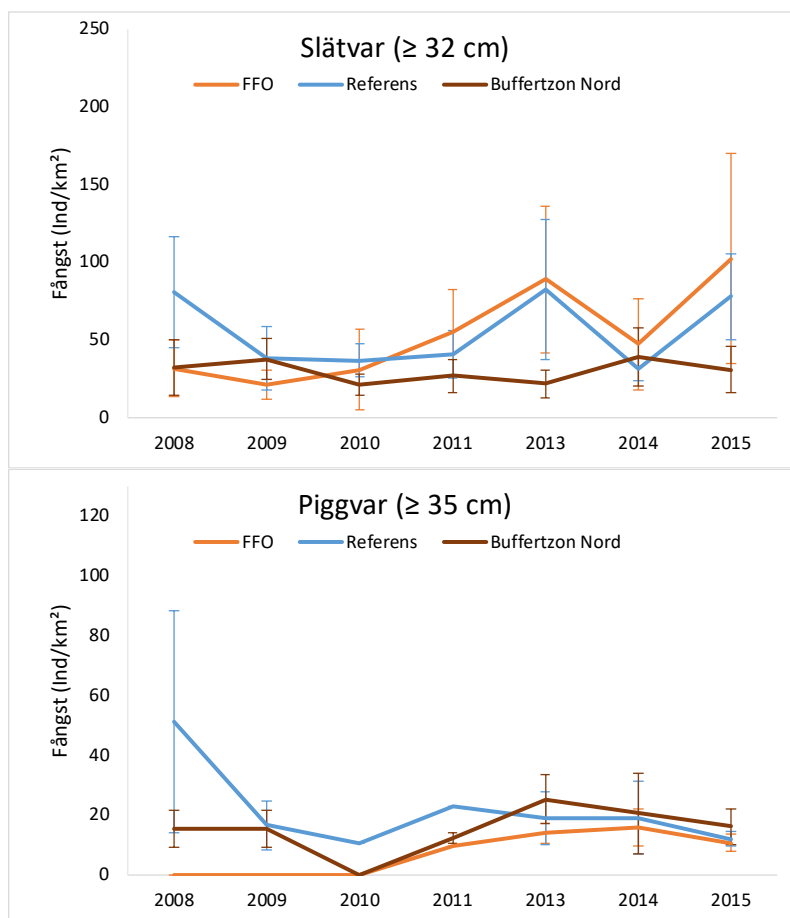


Figur 16a-b. (a) abundans (individer per km²) och (b) biomassa (kg per km²) för plattfiskarten piggyback i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på trålprovtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes 2012. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Diversifierad storleksfördelning för utvalda arter

Fångstutveckling för antal stora slätvarar (≥ 32 cm) inom de studerade områdena visade inte på någon skillnad mellan FFO och Referens (ANCOVA, $Område \cdot \text{År}$, $t = 0,850$, $p = 0,434$), inte heller för Buffertzon Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,523$, $p = 0,482$) (Figur 17a). Det fanns ingen signifikant skillnad i antal stora slätvarar mellan de studerade områdena eller förändring över tid.

Fångstutveckling för antal stora piggybackar (≥ 35 cm) inom de studerade områdena visade inte heller på någon skillnad mellan FFO och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,950$, $p = 0,384$), inte heller för Buffertzon Nord och Referens ($Område \cdot \text{År}$, $t = 0,072$, $p = 0,480$) (Figur 17b). Det fanns ingen signifikant skillnad i antal stora piggybackar mellan de studerade områdena eller förändring över tid.



Figur 17a-b. Utveckling över tid av stora individer av (a) slätvar (≥ 32 cm) och (b) piggvar (≥ 35 cm) i det fiskefria området (FFO), Buffertzon Nord samt Referens baserat på provtagning under kvartal fyra perioden 2008-2015. Det fiskefria området inrättades januari 2009; ingen provtagning genomfördes år 2012. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

12.4 Diskussion

I Kattegatt infördes fiskefria områden år 2009 och dessa har nu varit helt eller delvis stängda för fiske i nästan åtta år. Det fiskefria området med buffertzoner är framförallt inrättat för att skydda Kattegattbeståndets stora torskindivider som samlas för lek främst i områdena FFO, Buffertzon Nord och Buffertzon Syd under första kvartalet. ICES beståndsuppskattningar som redovisats här indikerar att torskbeståndet i Kattegatt genomgått en återhämtning under perioden 2008-2015, både med avseende på beståndets numerär och åldersstruktur.

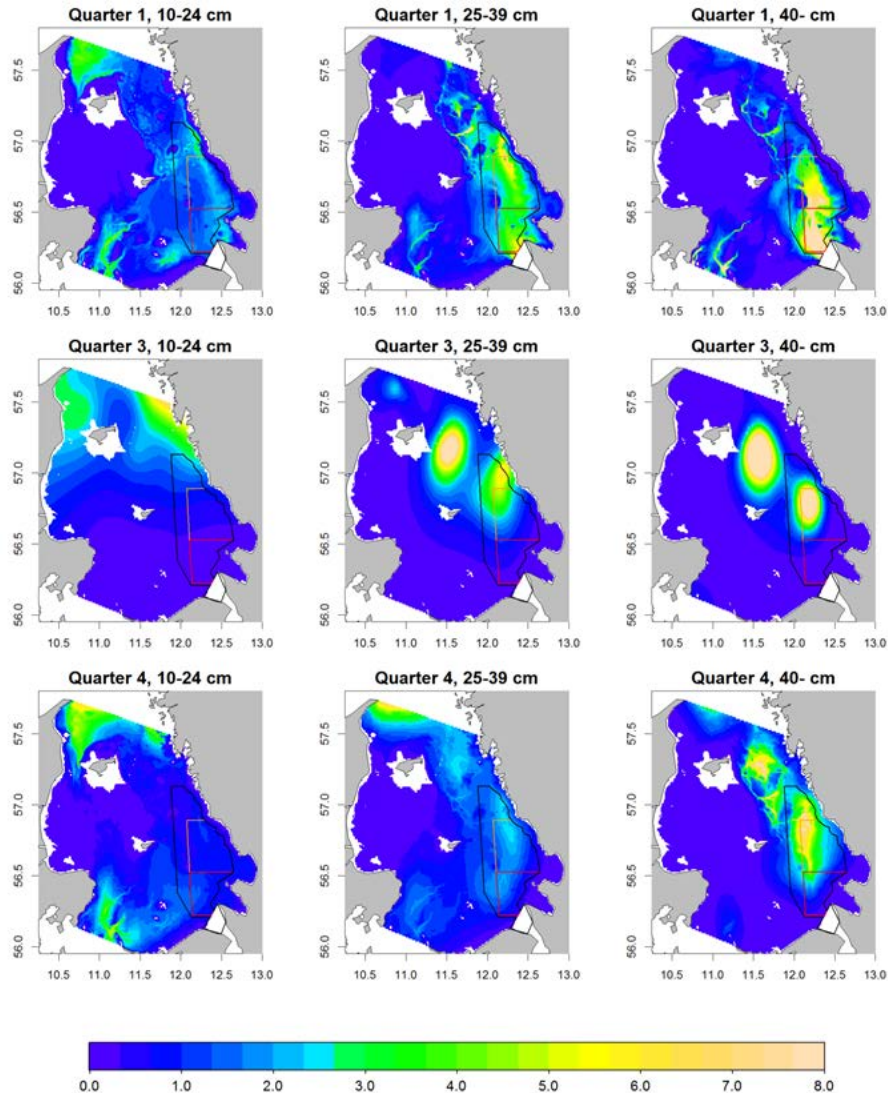
Beståndet av torsk i Kattegatt har under en längre tid minskat och befunnit sig på nivåer under biologiskt säkra gränser (ICES 2016a). De kraftigt reducerade kvoterna på torsk i början av 2000-talet hade inte haft avsedd effekt eftersom arten fortsatt fångats i det icke-selektiva bottentrålfisket i Kattegatt. Behovet var därför akut i att

finna kompletterande effektiva åtgärder till skydd av torskbeståndet med reglering av fångstuttaget via nationella fångstkvoter. Efter förslag från svenska och danska forskare om skydd av torskens lekområde i sydöstra Kattegatt kom ländernas fiskeriministrar överens om att kombinera inrättandet av fiskefria områden med reglering av fisket med selektiva redskap. Analyser av rumslig fördelning av torsk över tid baserad på fiskövervakning i Kattegatt visade att fördelningen av liten och stor torsk skiljer sig åt och att fördelningen förändras över året (Vitale et al. 2008). Dessa fördelningar och dynamiken i dem skapar förutsättningar för en rumslig förvaltning med hel- och säsongstängda områden i kombination med selektiva redskap. Avsikten med de stängda områdena har i första hand varit att minska dödligheten på stor köns mogen torsk för att därigenom ge möjlighet för att återuppbygga beståndet. Samtidigt har förvaltningen mål varit att minimera påverkan på andra fiskerier av främst havskräfta och plattfisk så att dessa skulle kunna fortgå i andra områden och under annan tid på året. Resultaten visar att inrättandet av FFO, periodvisa fredningar och selektiva redskap i Kattegatt varit en fungerande förvaltningsmetod och resulterat i en reduktion av fiskets påverkan på torskbeståndet. Stängning av tidigare fiskeplatser har som förväntat också lett till att fisket flyttat till andra områden. Denna förflyttning har enligt modellberäkningarna resulterat i att påverkan från fisket på stor torsk totalt sett minskat i Kattegatt. För liten torsk, totallängd 12-24 cm, har istället införandet av åtgärderna medfört en ökad påverkan från fiske bland annat eftersom de små torskindividerna förekommer i högre tätheter i havsområdet utanför de reglerade zonerna. I kombination med införandet av selektiva redskap och en minskande fiskeansträngning har dock även påverkan på liten torsk av fisket minskat avsevärt sedan införandet av FFO och uppgick år 2015 till 37 % av 2008 års nivå.

Sedan fredningsområdet inrättades har rekryteringen av torsk framförallt varit god år 2011 och 2012, och analyserna visar att dessa årsklasser starkt bidragit till en återhämtning av lekbeståndet. Årsklassen född 2015 är dock den svagaste som noterats, inte bara under fredningstiden utan i hela den tillgängliga dataserien från 1997 och framåt. Torsken i Kattegatt uppvisar likt många andra fiskbestånd en betydande mellanårsvariation i rekrytering. Varje hona hos dessa fiskarter lägger tusentals till miljoner ägg varje år och även små skillnader i överlevnad under de tidiga livsstadierna leder till en betydande variation i rekryteringsframgång (Chambers och Trippel, 1997). Ett enskilt år med dålig rekrytering behöver därför inte betyda att beståndet inte förvaltas uthålligt. För ett reducerat bestånd som har varit utsatt för överfiske kan dock en svag årsklass ha en betydande negativ inverkan på storleken av den fiskbara delen av beståndet några år senare.

Inblandning av Nordsjötorsk som använder Kattegatt som uppväxtområde och hur denna inblandning varierar mellan år är dock stora frågetecken som behöver

utredas innan rekryteringen kan användas som en säker indikator för Kattegattbeståndets status².



Figur 18. Uppskattad fördelning av torskbeståndet i Kattegatt utifrån storlek och kvartal (kvartal 2 finns inga provfisken). Data om torskens utbredning är hämtad från provtrålningar mellan år 1996 – 2013. Blå färg i figuren indikerar låg täthet av torsk, grön färg indikerar på intermediär täthet av torsk och orange färg indikerar på hög densitet av torsk. Vita zoner i figuren representerar havsområden med vattendjup understigande 5 m och havsområden utanför Kattegatt. Källa: Hjelm et al. (2013)

² Genetiska analyser från fiskövervakningen i Kattegatt pågår med syfte att kartlägga inblandning av Nordsjötorsk i Kattegatt, men resultaten är inte färdiga att användas i denna utvärdering

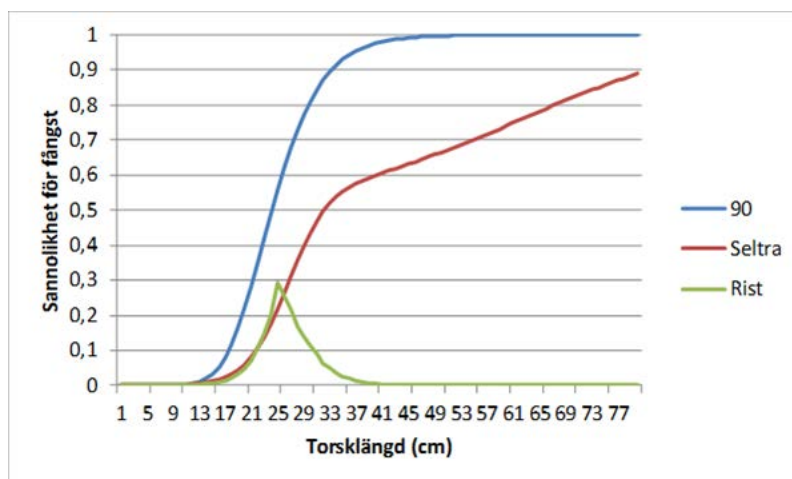
Analyserna av torsk under kvartal fyra visade att det finns en generell positiv utveckling i antal och biomassa av torsk sedan inrättandet av FFO, vilket överensstämmer med bilden från beståndsuppskattningen för Kattegattorsk. Utvecklingen i antal och biomassa av torsk över tid skiljde sig dock inte åt mellan FFO och fiskade områden. Rörligheten hos torsk mellan fiskade områden och FFO förefaller vara så stor att skillnader i förekomst orsakade av skillnader i fiskeridödlighet inte tydligt kan utläsas mellan områden. Den huvudsakliga provtagningen av torsk som användes för analyserna genomförs på hösten under kvartal fyra innan torsken ansamlats för lek, vilket minskar kontrasten i fiskförekomst mellan områden. Effekten av det fiskefria området på förekomsten av torsk generellt behöver alltså utvärderas på beståndsnivå, vilket för torskens del innebär en analys på en rumslig skala som innefattar hela Kattegatt.

Fredningsområdena för torsk inklusive det fiskefria området i Kattegatt har vid ett flertal tillfällen utvärderats med hänsyn till effekten av omfördelning av fiskeansträngningen³. I dessa utvärderingar har olika scenarier med stängningar i tid och områden samt olika regleringar av fiskeredskap analyserats. Scenarierna har genomförts som svar på frågor från förvaltningen för att ge anvisningar om vilka regleringar som bäst bidrar till skyddet av torsken, och skillnaden i effektivitet mellan olika regleringar. Påverkan från fiske har i dessa analyser jämförts med situationen innan fredningen kom till stånd; sammantaget har 11 olika scenarier analyserats (Hjelm et al. 2013; Hjelm et al. 2014).

I senaste utvärderingen (Hjelm et al. 2014) studerades och jämfördes på uppdrag av Sveriges och Danmarks regeringar ett flertal olika scenarier med utgångspunkt i att det fiskefria området öppnas för kräftfiske efter lekperioden, och alternativa regleringar med de selektiva redskapen. Effektivast skydd för lekbiomassa av torsk i Kattegatt erhöles då genom utökat krav på användning av kräfttrål med rist och minskad användning av SELTRA-trål under perioder när fisket är öppet det vill säga efter kvartal ett.

I figur 19 visas olika selektionskurvorna för torsk för trålar som används i Kattegatt. Notera dels att SELTRA-trålen *de facto* selektivt fångar stor torsk och dels det begränsade storleksintervallet där liten torsk löper risk att fångas i kräfttrål med rist (Frandsen et al. 2013).

³ <http://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/sok-publikation/underlag-till-radgivning/?si=A760994E4BBAC7B8373E21C24DC08B73&rid=1019305995&sn=sluEPi6-prodSearchIndex>



Figur 19. Sannolikhet för fångst för torsk av olika storlek i de olika trålredskapen som används i Kattegatt: traditionell bottentrål med 90 mm maskstorlek, SELTRA-trål och kräftrål med rist.

12.4.1 Havskräfta

Havskräfta är en kommersiellt betydelsefull art för yrkesfisket i Kattegatt. I samband med införandet av fiskefria områden kan det förväntas att arter som är attraktiva för fisket och med begränsat rörelsemönster, i förhållande till det stängda områdets yta, är de arter som det fås tydligast effekter av åtgärden. Efter larvernas bottenfällning är havskräfta är en art med förhållandevis begränsat rörelsemönster, vilket styrks av märkningsförsök där de märkta havskräftorna som regel återfångades nära (≤ 9 km) utsättningsplatsen (Chapman 1980). FFO i Kattegatt motsvarar en yta om 647 km² vilket innebär att en stor del av de havskräftor som finns inom FFO permanent uppehåller sig där.

Medianlängden (50:e percentilen) hos havskräfta ökade över tid både i det stängda området och i referensområdet. I den Norra Buffertzonen, där ett selektivt kräftfiske är tillåtet under nio månader om året, var medianlängden högre än övriga områden 2008 innan det fiskefria området inrättades och 2009 i samband med inrättandet. Analyser av storleksfördelningen i fångsterna från Västerhavet (Kattegatt och Skagerrak) visar att förekomsten av liten havskräfta (rekryter) minskat under perioden 2010 till 2015, medan förekomsten av större havskräftor är relativt konstant (Nephrops Benchmark, ICES november 2016). Dessa förutsättningar innebär att medianen för havskräfta i Kattegatt naturligt ökar, en effekt som ses i både FFO och i referens. Intressant är däremot att ökningen av medianlängden är större i FFO med 16 mm jämfört med referens där medianlängden ökat med 11 mm. Skillnaden områdena emellan tolkas som en effekt av FFO. Vidare ses även att de stora havskräftorna blivit ännu större i och med att största delen (99:e percentilen) av havskräftorna ökar inom FFO men inte inom de övriga områdena. Storleksökningen hos

havskräfta inom FFO innebär bland annat att den potentiella ägg- och larvproduktionen ökar per havskräftshona (Mcquaid et al. 2009) samt en återgång till mer naturlig storleksfördelning i beståndet av havskräfta. Noterbart är att beståndet av havskräfta i Kattegatt och Skagerrak utgör ett enskilt bestånd. Beståndet av havskräfta fiskas dessutom under det maximalt hållbara uttaget (MSY), det vill säga fisket fångar mindre havskräfta jämfört med den maximala avkastning som kan tas ur ett bestånd år från år (ICES 2016b). Detta innebär att havskräftor sannolikt inte begränsas av rekrytering och en eventuell tillförsel av mer ägg och larver inte medför någon effekt på beståndsnivå.

12.4.2 Fisksamhälle

Sammantaget visar resultatet att fisksamhällets artsammansättning förändras olika över tid i fiskade områden jämfört med FFO. Att det uppstått sådana skillnader över tid tolkas som en effekt av att det fiskefria området inrättats. Inom FFO ses tydligast förändringar i artsammansättning inom det bottennära fisksamhället under tidsserien 2009 – 2015 jämfört med år 2008, det vill säga perioden innan FFO inrättades. De arter som i huvudsak bidragit till de observerade skillnaderna är rödspätta, torsk, sandskädda, skrubbskädda och kolja. Medelfångsterna av rödspätta, sandskädda, kolja och torsk ökade medan medelfångsterna av skrubbskädda sjönk efter att FFO inrättades. Inom referensområdet ses också skillnader orsakade av samma arter, men skillnaderna är inte lika inom referensområdet som inom FFO. Inom referensområdet sjönk medelfångsterna för samtliga arter utom torsk som istället ökade år 2011 jämfört med år 2008. Under 2015 var emellertid även medelfångsterna av rödspätta högre jämfört med år 2008.

Det finns även en generell förändring av fisksamhället i Kattegatt under perioden, vilket var särskilt tydligt i analysen som baserade sig på individantal per art. Skillnaderna i utveckling av fisksamhället baserat på antal över tid i de olika områdena förklarades främst av variationer i fångst av arterna som torsk, rödspotta och sandskädda. Kattegattbestånden av torsk och rödspätta uppvisar även en generell positiv utveckling för perioden enligt rådgivningens senaste beståndsuppskattningar (ICES 2016a; ICES 2016c).

12.4.3 Övriga utvalda arter

Piggvar och slätvar utgör två plattfiskarter med kommersiell betydelse för yrkesfisket i Kattegatt. Piggvarsbestånden befinner sig på låga nivåer i Kattegatt och Skagerrak och är troligen fortsatt minskande (Havs- och Vattenmyndigheten, 2015). Historiska data visar att nivåerna i dag är mycket låga jämfört med början av förra århundrandet (Cardinale et al. 2009). Både piggvar och slätvar förekommer regelbundet i fångsterna i provfiskena, men ingen effekt på dessa arter av fredningsområdet kan utläsas ur analyserna. Piggvar har däremot en annan studie visats reagera

positivt på införande av ett fredningsområde (360 km²) med bland annat ökad täthet, detta efter endast fem års fredning (Florin et al. 2013). I Kattegatt har däremot inte piggvar och slätvar varit målarter för FFO, det vill säga utformningen av FFO har inte gjorts med dessa båda arters biologiska behov i fokus, en förutsättning som kan göra att det kan ta längre tid (> 5 år) innan effekter mätbara fås efter en fredning (Babcock et al. 2010).

Sammantaget kan det konstateras att införandet av FFO, buffertzoner och selektiva redskap i Kattegatt fungerat som förvaltningsåtgärder och bidragit till uppsatta mål med ökad lekbiomassa hos torsk samt förutsättningar för förbättrad rekrytering. Effekter ses på beståndsnivå men är på grund av torskens rörelsemönster inte lika tydliga för FFO och buffertzoner. Rumsliga- och tidsmässiga skillnader i storleksammansättning noteras emellertid för havskräfta; en art som inte förväntas ha omfattande lek- och födosöksvandringar över året. Resultatet visar att för havskräfta inom FFO har regleringen, det vill säga exkludering av fiske, inneburit en större individstorlek hos havskräftor jämfört med omgivande fiskade områden. För vidare förvaltning rekommenderas att nuvarande FFO och tillhörande regleringar i Kattegatt bibehålls, vilket sannolikt kommer att medföra att torskens beståndssituation i Kattegatt förbättras.

12.5 Referenser

- Babcock, R.C., Shears, N.T., Alcala, A.C., Barret N.S., Edgar, G.J., Lafferty, K.D., Mcclanahan, T.R., Russ, G.R. (2010) Decadal trends in marine reserves reveal different rates of change in direct and indirect effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Vol 107(43), pp. 18256-61.
- Bagge, O. (1987) Tagging of turbot and brill in the Kattegat 1965-1970. *C.M.*, 1987/G: 10,27 pp
- Cardinale, M., Linder, M., Bartolino, V., maiorano, L., Casini, M. (2009) Conservation value of historical data: reconstruction stock dynamics of turbot during the last century in Kattegatt-Skagerrak. *Marine Ecology Progress Series* 386: 197-206.
- Chapman, C.J. (1980) Ecology of Juvenile and Adult Nephrops. IV Cobb, J.S. & Phillips, B.F. (red). *The Biology and Management of Lobsters. Volume II, Ecology and Management.* Academic press, 143-175.
- Engelhard, G. H., Lynam, C. P., Garcí'a-Carreras, B., Dolder, P. J., Mackinson, S. (2015) Effort reduction and the large fish indicator: Spatial trends reveal positive impacts of recent European fleet reduction schemes. *Environmental Conservation*, 42: 227–236.
- Florin, A-B., Bergström, U., Ustuprs, D., Lundström, K., Jonsson, P.R. (2013) Effects of large northern European no-take area on flatfish populations. *Journal of Fish Biology*, 2013, Vol.83(4), pp.939-962
- Frandsen, R.P Lövgren J, Valentinsson , D., Krag, L.A Madsen, N., Storr-Paulsen, M . 2013 Fishing gears used in Kattegat. Report to the Swedish Ministry for Rural Affairs and the Danish Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, August 2013, 13 sid.
- <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/publikationer/pm-rapporter/gears-in-kattegat.pdf>

- Havs- och Vattenmyndigheten 2015. Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2015. Resursöversikt. Havs- och Vattenmyndigheten, 209 sid.
- Hjelm, J., Lövgren, J., Sköld, M. Storr-Paulsen, M., Vinther, M. (2014). Evaluation of additional scenarios for closed areas in Kattegat, February 2014. Report to the Swedish Ministry for Rural Affairs and the Danish Ministry of Food, February 2014, 7 sid.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/pm/kattegat_cod_extra_scenario_feb_2014_final.pdf
- Hjelm, J., Lövgren, J., Sköld, M. Storr-Paulsen, M., Vinther, M. (2013). Evaluation of the effect of effort redistribution and gear changes in relation to the closed areas in Kattegat. Report to the Swedish Ministry for Rural Affairs and the Danish Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, September 2013, 24 sid.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/publikationer/pm-rapporter/kattegat_cod_2013-evaluation.pdf
- Hjelm, J., Ringdahl, K., Sköld, M. Svedäng, H., Valentinsson, D., Vinther, M., Kirkegaard, E., Storr-Paulsen, M. (2008) Proposal for Marine Protected Areas in the Kattegat to promote the rebuilding of the cod stock. Institute of Marine Research, Swedish Board of Fisheries & DTU Aqua, September 2008, 18 sid.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/publikationer/pm-rapporter/mpa_kattegatcod080925.pdf
- HVMFS (2016). Havs- och Vattenmyndighetens författningssamling. Tidigare Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2004:36) om fiske i Skagerrak, Kattegatt och Östersjön. Havs- och vattenmyndigheten, 2016-06-08.
- ICES. 2016a. ICES Advice, Book 6: 6.3.2 Cod (*Gadus morhua*) in subdivision 3.a.21 (Kattegat).
- ICES. 2016b. ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.23 Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in Division 3.a (Skagerrak and Kattegat).
- ICES. 2016c. ICES Advice 2016, Book 6: 6.3.36 Plaice (*Pleuronectes platessa*) in Subarea 4 (North Sea) and Subdivision 3.a.20 (Skagerrak).
- McQuaid, N., Briggs, R.P., Roberts, D. (2009) Fecundity of *Nephrops norvegicus* from the Irish Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89(6), pp. 1181-1188
- Trippel, E. A., Kjesbu, O. S., Solemial, P. 1997. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. Chambers, R. C. & Trippel, E. A. (red). *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*. Chapman and hall, 31-163.
- van der Hammen, T., Jaap Poos, J., van Overzee, H.M.J., Heessen, H.J.L., Magnusson, A., Rijnsdorp, A.D. (2013) Population ecology of turbot and brill: What can we learn from two rare flatfish species? *Journal of Sea research*, 84 96-108.
- Sköld, M., M. Vinther et al. 2012. Evaluation of closed areas in Kattegat to promote the rebuilding of the cod stock. Report to Swedish Ministry for Rural Affairs and the Danish Ministry of Food, Agriculture and Fisheries June 2012. 44 sid.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/publikationer/pm-rapporter/summary_evaluation_of_closed_areas_in_kattegat.pdf
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/publikationer/pm-rapporter/appendix_evaluation_of_closed_areas_in_kattegat.pdf
- Vitale, F., Börjesson, P., Svedäng, H., Casini, M. (2008) The spatial distribution of cod (*Gadus morhua* L.) spawning grounds in the Kattegat, eastern North Sea. *Fisheries Research* 90: 36-44.
- Vinther, M. Eero, M. (2013) Quantifying relative fishing impact on fish populations based on spatio-temporal overlap of fishing effort and stock density. *Ices Journal of Marine Science.*, pp 618-627.