

## Effekter av oljespill från Marco Polo på fiskesamhällen i ålgräsängar i Karlshamn, Blekinge

Örjan Östman<sup>1</sup> & Charlotte Axén<sup>2</sup>

1. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. Akvatiska resurser, Box 7018, 750 07 Uppsala
2. Statens veterinärmedicinska anstalt, 751 89 Uppsala

### Sammanfattning

Efter passagerarfärjan Marco Polos grundstötning i Hanöbukten oktober 2023 flöt ca 150 ton bunkerolja iland längs stränderna i Blekinge, framför allt mellan Pukavik och Karlshamn. Denna studie följer upp hur individuell fiskhälsa och fiskpopulationer påverkats av detta utsläpp runt Karlshamn. Dels har vi studerat individuell hälsostatus genom histopatologisk analys av tånglakar från lokaler med olika grad av oljepåverkan, dels har vi följt upp förändringar i populationstätheter av olika fiskarter i ålgräsängar mellan 2022 (före utsläpp) och 2024 (efter utsläpp) mellan lokaler som påverkats av oljeutsläppet olika mycket. Resultaten visar på att alla undersökta tånglakar, även i referensområde, uppvisade mindre skador på gälar och lever, men eftersom dessa var synliga även i referensområdet går det inte att säga att dessa berodde på oljeutsläppet. En tänkbar orsak kan vara att tånglakar från drabbade områden har förflyttat sig till andra områden med mindre påverkan. Något som kan tyda på detta är observerade förändringar i täthet av olika fiskarter, då det var en minskning av tånglake i drabbade områden relativt referensområde. Istället var det mer storspigg, som spenderat vintern och våren ute till havs och inte påverkats direkt av utsläppet, i de påverkade områdena. Även torsk saknades i påverkade områden 2024 men eftersom torsk saknades i alla områden 2022 är det svårt att säga om det kan vara kopplat till oljeutsläpp eller andra faktorer. Generellt var skillnaden mellan år större än skillnaden mellan lokaler, vilket indikerar en relativt låg påverkan av oljeutsläpp på förekomst av fiskarter. Det ska påpekas att stora mängder olja sanerades i området under vintern 2023–2024 vilket troligen minskade påverkan av utsläppet på fisk. Sammanfattningsvis var de skillnader vi kunde se mellan områden med olika oljepåverkan relativt små och andra mer regionala faktorer tycks påverka fiskars (här tånglake) hälsa och täthet.

### Bakgrund

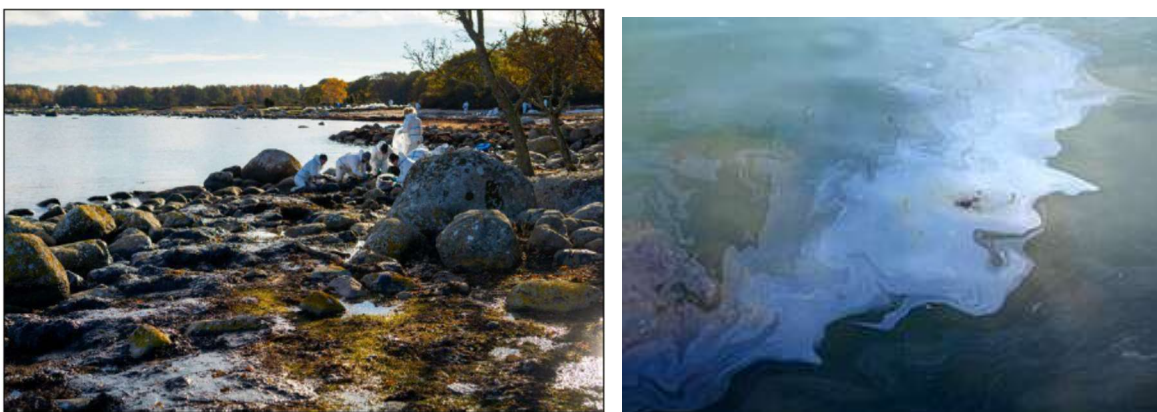
I samband med grundstötningen av fartyget Marco Polo i Hanöbukten i oktober 2023 läckte det ut ca 150 ton bunkerolja (Granberg 2024) som flöt iland längs kusten mellan Pukavik och Karlshamn i Blekinge län. Förutom att oljeutsläpp generellt medför stora skador och lidande för fåglar och andra djur som uppehåller sig längs kusten, kan oljeutsläpp också innebära en betydande lokal belastning av giftiga ämnen, främst olika kolväten (Allen et al. 2012; Granberg 2024) som kan påverka vegetation och vattendjur. På grund av kallt vatten sjönk dessutom delar av oljan till botten där den kan skada eller förgifta vegetation och bottenlevande organismer (Hatch et al. 2013, Turner et al. 2014; Granberg 2024).

Den mesta vetenskapliga datan om oljeutsläpps påverkan på fisk kommer från studier efter Exxon Valdez förlisning utanför Alaska 1989 och oljeriggen Deepwater Horizons förlisning i

## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

Mexikanska golfen 2010 (litteratursammanställning Beyer et al. 2016). Varken efter Exxon Valdez eller Deepwater Horizon kunde man inte se någon tydlig effekt på kustfisksamhällen inom ett år (Barber et al. 1995; Frodrie & Heck 2011), även om Shelton et al. (2018) kunde se lägre fiskbiomassa i oljeskadade områden i Alaska 20 år efter olyckan. Efter Deepwater Horizon såg man för kommersiellt nyttjade arter dock snarare en ökning i täthet efter olyckan, förmodligen på grund av minskat fiske (Frodrie & Heck 2011; Schaefer et al. 2016). På individnivå studerade Xia et al. (2012) polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i fisk och skaldjur direkt efter Deepwater Horizon-olyckan och fann högre nivåer av PAH direkt efter olyckan jämfört med ett år senare, men alla testade prover låg under nivåer för att anses som hälsofarliga för människor att konsumera. Sol et al. (2000) kunde också visa en reproduktionsnedsättning i bottenlevande fisk efter Exxon Valdez. Flera studier visar också på tydliga regulatoriska, fysiologiska och immunologiska effekter på individnivå av oljeutsläppet i Mexikanska golfen (Garcia et al. 2012; Ali et al. 2014; Murawski et al. 2014). Också upp till 10 år efter Exxon Valdez-olyckan utanför Alaska 1989 kunde man se fysiologiska effekter hos individuella fiskar på grund av långtidsexponering (Kocan et al. 1996; Jewett et al. 2002; Short 2003). Erfarenheter från oljeutsläpp visar att speciellt yngre fiskstadier som embryo och larver kan vara känsliga för utsläpp av olja (Heintz et al. 1999; Incardona et al. 2012; Muhling et al. 2012). Även om det förekommit oljeutsläpp i Östersjön tidigare är omfattningen av Marco Polos grundstötning en av de större. och effekter på fisk efter oljeutsläpp är dåligt kända för Östersjön.

I denna rapport har vi studerat effekter på fisksamhället vid Blekingekusten i samband med Marco Polos förlisning och oljeutsläpp i oktober 2023. Mer specifikt har vi studerat effekter på fisk i ålgräsängar i området mellan Stårnö-Sandvik och Kollevik utanför Karlshamn (Fig. 1). Redan sommaren 2022 genomfördes ett fiske med syfte att undersöka förekomst av storspigg i ålgräsängar vid Ortholmen och Kollevik. Dessa data fungerar som 'före' data. Efter Marco Polos förlisning upprepades detta fiske (sommaren 2024), då Ortholmen hade drabbats indrivande olja, medan Kollevik i skydd av yttre öar inte alls hade blivit direkt drabbat av oljeutsläppet, det vill säga att Kollevik fungerade som kontrollområde till Ortholmen i en BACI-studie (Befor-After-Control-Impact). Dessutom fiskade vi sommaren 2024 också utanför Stårnö-Sandvik som drabbades mest av oljeutsläppet, och kan jämföra framför allt påverkan på individnivå i en gradient från Stårnö till Kollevik.



*Bild 1: Vänster sanering av olja längs strand i Blekinge (foto Sölvesborgs kommun). Höger genrebild olja i vatten (Wikimedia commons Brocken Inaglory CC 4.0)*

# PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

## Metod

### *Histopatologisk analys*

Gäle och lever från tio tånglakar formalinfixerade och sändes för histopatologisk kontroll enligt standardmetod för Hälsotillstånd hos kustfisk (Naturvårdsverket 1997). Alla tio tånglakar samlades in under första veckan av juli i redskapen för provfångst (se nedan). Fem tånglakar samlades in från Stärnö (hög påverkan), tre från Ortholmen (påverkan) och två från referensområdet Kollevik. Proverna har lästs blint och efter att resultat förelåg fördes lokaler in.

### *Provfiske*

Två stycken (hopparade) räkryssjor och fem åltinor sattes ut i varje ålgräsäng 2022 (före utsläpp) och 2024 (efter utsläpp) utanför Karlshamn (Fig. 1). Under sommaren 2022 var redskapen ute 3 juli - 8 augusti och vittjades var 1-4:e dag totalt nio gånger. Ett längre uppehåll gjordes mellan 16 juli och 1 augusti. Sommaren 2024 var redskapen ute 1 juli till 10 aug och vittjades varannan dag under hela perioden. Under 2022 fiskades endast Ortholmen och Kollevik. Vid varje vittjning räknades alla fiskar till antal. Alla arter förutom storspigg släpptes omedelbart tillbaka igen 2022 medan under 2024 samlade vi även in tånglake för histologisk analys och analys av miljögifter (PAH). För varje vittjningstillfälle och plats mättes vattentemperatur, vindriktning och medelvind.



**Figur 1:** Illustration av redskapen räkryssja (över till vänster) och åltina (över till höger), och karta av studieområdet, A) Kollevik, B) Ortholmen och C) Stjärnö-Sandvik utanför Karlshamn i Blekinge län. Mörkgrå områden visar var det flöt iland olja efter Marco Polos grundstötning. Data på oljeutsläpp från Blekinge länsstyrelse.

### *Statistik*

## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

För varje vittjning beräknade vi fångst för alla fiskarter per två räkryssjor. För att testa om det fanns signifikanta skillnader i fångst använde vi generella linjära modeller med en Poisson-fördelning av FpA för art i som beroende variabel och år och område som förklarande variabler och vattentemperatur och dag på året (1 Jan = 1) som ko-variater. För att kompensera för skillnader i ansträngning mellan vittjningar använde vi antalet nätter innan vittjning som en 'offset'. En signifikant interaktion mellan år och område  $p < 0.05$  tolkades som att det skett ändringar i FpA mellan områden och år som skulle kunna vara relaterad till oljeutsläppet.

För 2024 testade vi också om det fanns en signifikant skillnad mellan de tre ålgräsängarna där vi tolkade skillnader i en gradient mellan Störnö-Kollevik (med Ortholmen mellan) som att skillnader skulle kunna vara relaterade till påverkan av oljeutsläppet. Alla statistiska analyser gjordes med 'glm' modeller i R 4.0.4.

### Resultat

#### *Histologisk analys - individnivå*

SVA gjorde en histopatologisk kontroll av gälar och lever på tio tånglakar. Denna visade inga tecken på att utsläppen påverkat tånglakarna. Det fanns indikationer på gälarna (S-kurvning och förekomst av slemceller) att det varit suboptimala syrenivåer, men dessa indikationer förekom i lika hög grad på tånglake från alla tre lokalerna.

Levrarnas utseende varierade mellan individer, framför allt med avseende på vakuoliseringsgrad. Vakuolisering är normalt förekommande, då vakuoler bildas vid näringsinlagring. Inlagringen kan påverkas av olika abiotiska eller biotiska faktorer, och till exempel kan fettlever uppstå. Generellt var vakuoliseringsgraden hög (god närlingsinlagring) och det förekom områden med förfettnings i lever från alla tre lokalerna, och det bedömdes inte föreligga tydliga skillnader mellan lokalerna. Ingen vakuolisering av gallgångarna noterades, vilket indikerar lågpåverkan av polyaromatiska kolväten (PAH) som förekommer i dieselolja. Från Störnö, som var mest påverkat av utsläppet, fanns fiskar med regeneration av levervävnaden, vilket kan tyda på genomgången påverkan av toxisk eller infektiös orsak, där enskilda celler dött. Dock var all celldöd som noterades i akut stadium och kan inte ha orsakats av förlisningen flera månader tidigare.

Sammanfattningsvis noterades inget som på histopatologisk nivå tydligt talar för att fiskarna i Störnö/Sandvik (hög påverkan) eller Ortholmen (påverkan) varit mer exponerade för utsläpp från Marco Polo än fiskarna från Kollevik (referens).

#### *Provfiske - populationsnivå*

Fångst per ansträngning (FpA) av storspigg och tånglake i räkryssjor vid Ortholmen och Kollevik visade signifikant interaktion mellan år och område (Tabell 1), men de två arterna uppvisade lite olika mönster (Fig. 2). För storspigg hade FpA minskat kraftigt mellan 2022 och 2024 vid Kollevik men minskningen var mer inte så stor vid Ortholmen, det vill säga storspigg hade minskat mycket mer vid Kollevik (referens) än Ortholmen (påverkat, Fig 2A). Liknande mönster sågs även för FpA av storspigg i åltinor (Tabell 1). För tånglake var FpA vid Kollevik ungefär på samma nivå 2022 och 2024 men hade minskat betydligt vid det

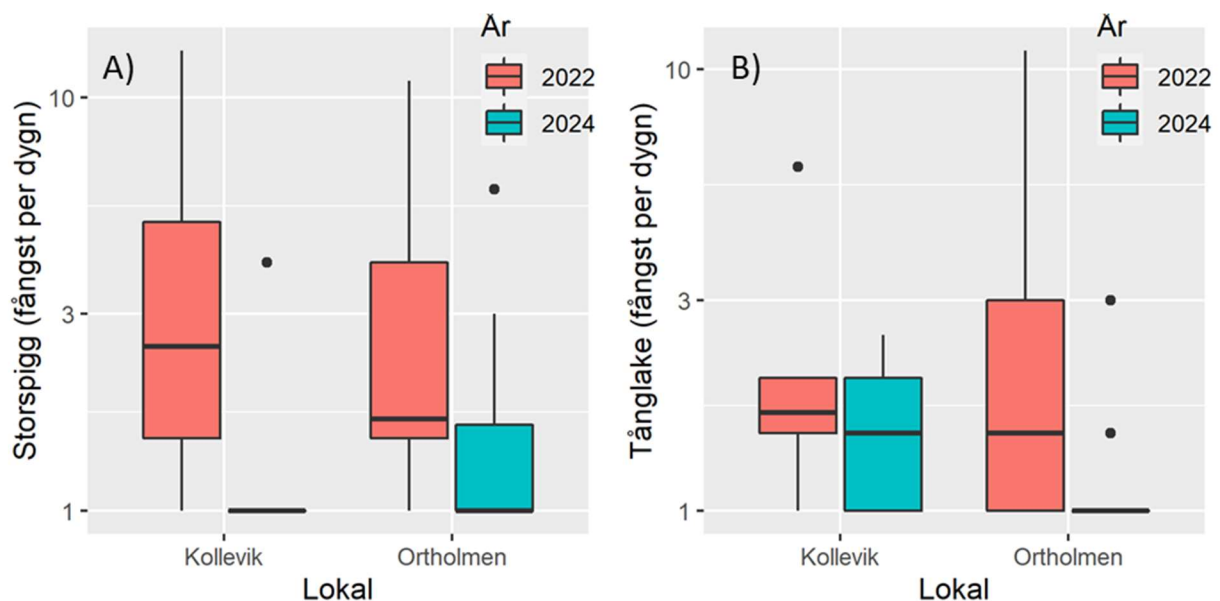
## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

påverkade området Ortholmen (Fig. 2B). För svartmunnad smörbult och tångräka fanns tydliga skillnader i FpA mellan år, och för tångräka var det också skillnader mellan områden, men ingen signifikant interaktion (Tabell 1).

*Tabell 1: Resultat från generaliserade linjära modeller med Poissonfördelning av abundans av olika fiskarter vid Kollevik (kontroll) och Ortholmen (oljepåverkat) 2022 (före oljepåverkan) och 2024 (efter oljepåverkan). För storspigg och svartmunnad smörbult (Sv smörbult) har vi använt data både från räksryssjor (Ry) och åltinor (ÅT). Siffror i fet stil indikerar signifikant skillnad.*

Art/redskap	År	Område	År×Område	Temperatur	Dag
Storspigg Ry	<b>27***</b>	1.9	<b>9.8**</b>	3.8 <sup>^</sup>	<b>85***</b>
Storspigg ÅT	<b>33***</b>	1.8	<b>7.6**</b>	2.3	<b>65***</b>
Tånglake Ry	2.8	0.3	<b>5.2*</b>	0.1	<b>29***</b>
Tångräka ÅT	<b>9.4**</b>	<b>6.3*</b>	0.2	<b>5.6*</b>	<b>83***</b>
Sv smörbult Ry	<b>70***</b>	2.5	0.1	0.8	<b>24***</b>
Sv smörbult ÅT	<b>21***</b>	0.8	0.8	0.8	<b>19***</b>

<sup>^</sup>P<0.1; \*P<0.05, \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001;



**Fig. 2:** Abundans mätt som fångst per dygn av A) storspigg och B) tånglake vid Kollevik (referens) och Ortholmen (oljepåverkat) 2022 (före oljepåverkan) och 2024 (efter oljepåverkan).

Sammanfattningsvis hade FpA av tånglake minskat i det mer påverkade Ortholmen relativt det mer opåverkade Kollevik. För storspigg var det dock en större nedgång i FpA i referensområdet Kollevik än det mer påverkade Ortholmen. Dessa samband skulle indikera att oljeutsläppet från Marco Polo har påverkat täthet av dessa två arter. Det kan dock noteras att

## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

tid, både år och fångstdatum, är det som förklarar absolut mest variation i FpA, med generellt färre storspigg och mer svartmunnad smörbult 2024 än 2022 (Tabell 1, Fig. 2).

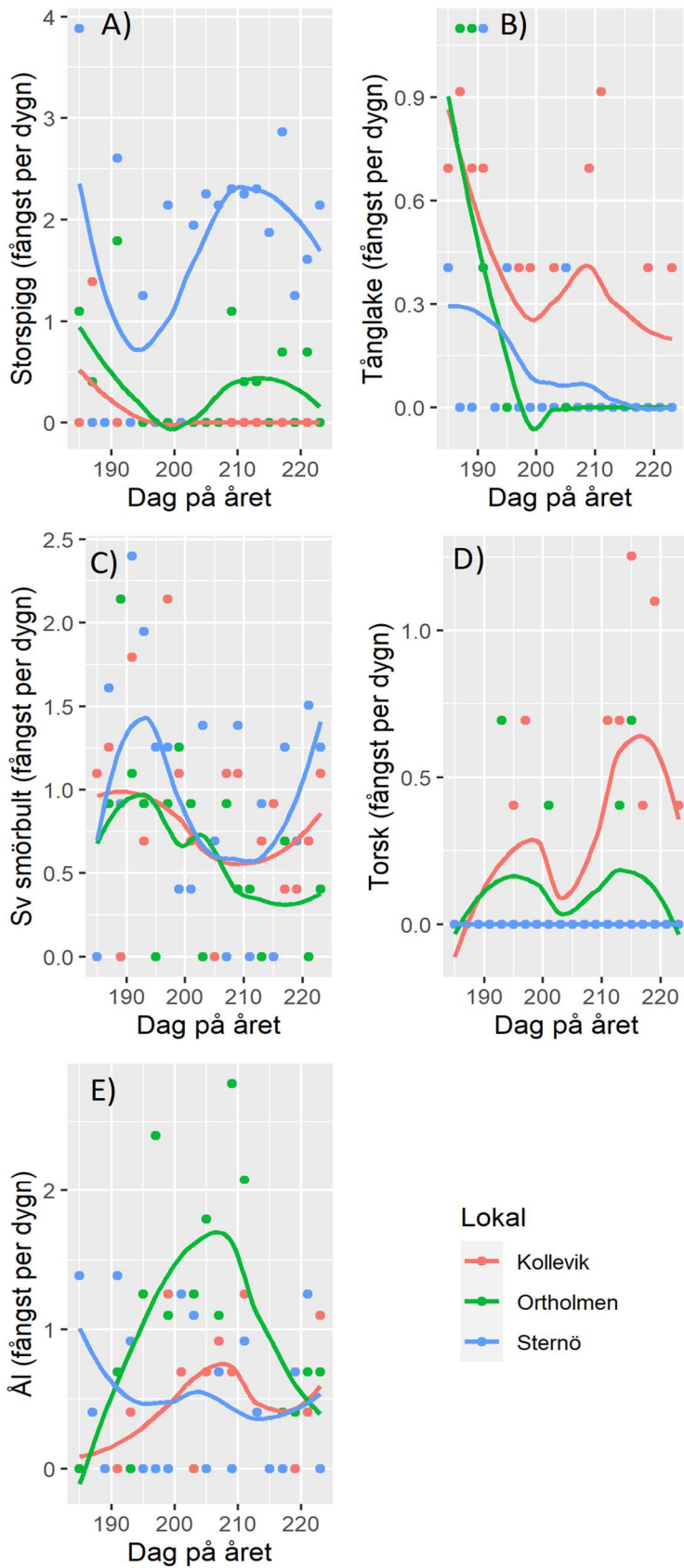
Liknade resultaten för storspigg och tånglake observerades också när endast data från 2024 inkluderas och Stårnö som var mest påverkat av oljeutsläppet från Marco Polo inkluderas (Tabell 2; Fig. 3). Storspigg är vanligast i det mest påverkade Stårnö och minst förekommande i referenslokalen Kollevik (Fig. 3), medan det motsatta sambandet syns för tånglake (Fig. 3). Torsk, som inte alls fångades 2022, visade också signifikant skillnad i förekomst mellan fångstlokaler, med klart mest i referenslokalen Kollevik och ingen torsk alls vid Stårnö. Även för svartmunnad smörbult och ål var det signifikant skillnad mellan fångstlokaler där fångsten var lägst för svartmunnad smörbult i Ortholmen (Fig. 3) och högst för ål, och inte i enlighet med hypotesen att oljeutsläppet från Marco Polo påverkat förekomsten.

*Tabell 2: Resultat från generaliserade linjära modeller med Poissonfördelning av abundans av olika fiskarter vid Kollevik (referens), Ortholmen (oljepåverkat) och Stårna (hög oljepåverkan) 2024 (data endast efter oljepåverkan). För storspigg och svartmunnad smörbult (Sv smörbult) har vi använt data både från räksryssjor (Ry) och åltinor (Åt). Siffror i fet stil indikerar signifikant skillnad.*

<b>Art/Redskap</b>	<b>Område</b>	<b>Temp</b>	<b>Dag</b>
<b>Storspigg Ry</b>	<b>487***</b>	0.1	22***
<b>Storspigg ÅT</b>	<b>54***</b>	0.1	24***
<b>Tånglake Ry</b>	<b>8.7*</b>	2.8 <sup>^</sup>	25***
<b>Tångräka ÅT</b>	0.5	0.1	4.3*
<b>Sv smörbult Ry</b>	<b>18***</b>	6.9**	26***
<b>Sv smörbult ÅT</b>	1.5	0.2	24***
<b>Torsk Ry</b>	25***	3.4*	5.1*
<b>Ål Ry</b>	79***	62***	0.1

<sup>^</sup>P<0.1; \*P<0.05, \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001

# PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo



**Figur 3:** Abundans mätt som fångst per dygn över säsongen av A) storspigg, B) tånglake, C) svartmunnad smörbult, D) torsk och E) ål vid Kollevik (referens), Ortholmen (oljepåverkat) och Starnö (hög oljepåverkan) 2024 (efter oljeutsläpp).

# PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

## Sammanfattning och diskussion

Resultaten från den histopatologiska analysen visar inte på någon tydlig effekt av oljeutsläppet från Marco Polo på enskilda individer av tånglake. Tidigare studier efter större oljeutsläpp (Exxon Valdez, Deepwater Horizon) har visat på tydligt negativa effekter på fiskars hälsa (Garcia et al. 2012; Ali et al. 2014; Murawski et al. 2014). Visserligen kunde det konstateras att gälar hade retningar som skulle kunna visa på att de uppehållit sig i syrefattiga miljöer, men detta kunde också observeras på tånglake från referensområdet och kan därmed inte kopplas till oljeutsläppet. Just indikationer på syrebrist var oväntad eftersom området är exponerat mot vågor och strömmar med generellt högt vattenutbyte. Eventuellt kan oljerester som sjunkit till botten konsumerat stora mängder syre vid nedbrytning så att det uppstått syrebrist. Vidare fanns det skador på levern hos några tånglaker från påverkade områden men var av akut karaktär och kan inte härledas till oljeutsläppet drygt åtta månader tidigare. Vi valde tånglake för denna analys eftersom de är relativt stationära och vanliga i ålgräsängar, och den art vi förväntade oss se störst inverkan på. Sammanfattningsvis fanns alltså ingen tydlig påverkan av oljeutsläppet på tånglakens hälsa på individnivå.

Det var tydliga skillnader på tätheter av olika fiskarter. Framför allt fanns det relativt mer storspigg och relativt färre tånglaker i område med oljepåverkan än i referensområdet. Det ska noteras att även om vi använt flera redskap och insamlingstillfällen så har vi bara kunnat göra en jämförelse mellan områden. Hur generellt detta resultat är går inte att säga, men detta var enda område vari vi bedömde det möjligt att kunna göra en jämförelse mellan lokaler, eftersom andra områden som påverkades av oljeutsläppet saknade provfisken inom ett par år före oljeutsläppet.

Det kan dock noteras att den mesta variationen generellt förklarades av år. Det var i genomsnitt färre storspigg och tånglake men mer svartmunnad smörbult, torsk, och ål 2024 än 2022. Det ska understrykas att det inte finns någon tydlig koppling mellan ökad förekomst av åtminstone svartmunnad smörbult och ål 2024 och påverkan av oljeutsläpp mellan lokaler. Så även om oljeutsläppet påverkat fiskarter och fisksamhället har den regionala årsvariationen varit viktigare. Torsk saknades helt i Stjärnö 2024 men till vilken grad det beror på den abiotiska miljön (inkl. eventuellt oljeutsläpp) eller biotisk miljö (förekomst av byten, konkurrenter) går inte att avgöra.

En tänkbar hypotes som kan förklara både indikationer på syrebrist i alla fångstlokaler och en tydlig minskning av tånglake i exponerade lokaler är att många tånglaker i drabbade områden har dött eller förflyttat sig till andra områden efter oljeutsläppet, så att även skadade, sjuka tånglaker hittas i områden opåverkade av utsläppet. En ökad förekomst av spigg i påverkade områden skulle kunna vara en indirekt effekt av färre tånglaker om de konkurrerar om samma föda och storspiggen simmar in från utsjö-områden runt sen vår-tidig sommar. För att testa denna hypotes skulle vi behövt märka tånglake redan i samband med oljeutsläppet och följa rörelsemönster, vilket inte gjordes på grund av att det är dyrt och svårt denna tid på året med blåsig och kallt vatten.

Istället återstår att studera om tånglake skulle kunna återhämta sig i de påverkade områdena. Dock visar en del tidigare långtidsuppföljningar studier från tidigare oljeutsläpp, tex Exxon Valdez i Alaska, att fisksamhällen kan ta lång tid på sig att återgå till ursprungsstadium efter omfattande utsläpp (Kocan et al. 1996; Jewett et al. 2002; Short 2003).



## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

Sammanfattningsvis är bevisen på de direkta effekterna av oljeutsläppet på fisk och fisksamhället små vid denna del av kusten. Vi kan inte se någon tydlig påverkan på tånglakars hälsa relativt referensområdet, vilket dock kan bero på att de som skadades har dött. Den tydligaste observerade skillnaden mellan lokaler är relativt sett mer storspigg och färre tånglakar i områden som påverkades av oljeutsläppet, vilket inte är en helt orimlig effekt då tånglaken är stationär och bottenlevande medan spigg spenderat vintern och våren ute till havs och kommer in för att leka, och kan dessutom växla mellan födosöka på botten och högre upp i vattenmassan. Dock så tycks den regionala skillnaden mellan år vara större än lokal variation i påverkan av oljeutsläppet från Marco Polo.

### **Tack**

Först och främst vill vi tacka Mikael Nordh som genomfört allt fiske och insamling 2022 och 2024. Utan hans medverkan, engagemang och stora lokalkännedom hade denna studie inte kunnat genomföras. Denna studie har finansierats av Havs – och vattenmyndigheten enligt avtal HaV dnr: 2024-001975 till Örjan Östman och HaV dnr: 741-21 till Charlotte Axén. Provfisket 2022 finansierades av Jordbruksverket avtal 2021-1792 från Europeiska Havs- och fiskeriprogrammet.

## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

### Referenser

- Ali, A. O., Hohn, C., Allen, P. J., Ford, L., Dail, M. B., Pruett, S., & Petrie-Hanson, L. (2014). The effects of oil exposure on peripheral blood leukocytes and splenic melano-macrophage centers of Gulf of Mexico fishes. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 87-93.
- Allan, S. E., Smith, B. W., & Anderson, K. A. (2012). Impact of the Deepwater Horizon oil spill on bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons in Gulf of Mexico coastal waters. *Environmental science & technology*, 46(4), 2033-2039.
- Barber, W. E., McDonald, L. L., Erickson, W. P., & Vallarino, M. (1995). Effect of the Exxon Valdez oil spill on intertidal fish: a field study. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(4), 461-476.
- Fodrie, F. J., & Heck Jr, K. L. (2011). Response of coastal fishes to the Gulf of Mexico oil disaster. *PloS one*, 6(7), e21609.
- Garcia, T. I., Shen, Y., Crawford, D., Oleksiak, M. F., Whitehead, A., & Walter, R. B. (2012). RNA-Seq reveals complex genetic response to deepwater horizon oil release in *Fundulus grandis*. *BMC genomics*, 13, 1-9.
- Hatch, R. S. (2013). Distribution and impacts of petroleum hydrocarbons in Louisiana tidal marsh sediments following the Deepwater Horizon oil spill. College of Arts and Sciences. University of Kentucky (2013), p. 195.
- Heintz, R. A., Short, J. W., & Rice, S. D. (1999). Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: Part II. Increased mortality of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) embryos incubating downstream from weathered Exxon Valdez crude oil. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 18(3), 494-503.
- Incardona, J. P., Vines, C. A., Anulacion, B. F., Baldwin, D. H., Day, H. L., French, B. L., ... & Scholz, N. L. (2012). Unexpectedly high mortality in Pacific herring embryos exposed to the 2007 Cosco Busan oil spill in San Francisco Bay. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(2), E51-E58.
- Jewett, S. C., Dean, T. A., Woodin, B. R., Hoberg, M. K., & Stegeman, J. J. (2002). Exposure to hydrocarbons 10 years after the Exxon Valdez oil spill: evidence from cytochrome P4501A expression and biliary FACs in nearshore demersal fishes. *Marine Environmental Research*, 54(1), 21-48.
- Kocan, R. M., Marty, G. D., Okihiro, M. S., Brown, E. D., & Baker, T. T. (1996). Reproductive success and histopathology of individual Prince William Sound Pacific herring 3 years after the (Exxon Valdez) oil spill. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(10), 2388-2393.
- Naturvårdsverket 1997. Hälsotillstånd hos fisk -biokemiska och fysiologiska biomarkörer i abborre och tånglake.  
<https://www.naturvardsverket.se/4ac486/globalassets/vagledning/miljoovervakning/handledning/undersokningstyper/fiskhalso-arb.pdf>
- Muhling, B. A., Roffer, M. A., Lamkin, J. T., Ingram Jr, G. W., Upton, M. A., Gawlikowski, G., ... & Richards, W. J. (2012). Overlap between Atlantic bluefin tuna spawning grounds and

## PM Uppföljning av oljeutsläpp från passagerarfärjan Marco Polo

observed Deepwater Horizon surface oil in the northern Gulf of Mexico. *Marine pollution bulletin*, 64(4), 679-687.

Murawski, S. A., Hogarth, W. T., Peebles, E. B., & Barbeiri, L. (2014). Prevalence of external skin lesions and polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in Gulf of Mexico fishes, post-Deepwater Horizon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143(4), 1084-1097.

Schaefer, J., Frazier, N., & Barr, J. (2016). Dynamics of near-coastal fish assemblages following the Deepwater Horizon oil spill in the northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 145(1), 108-119.

Shelton, A. O., Hunsicker, M. E., Ward, E. J., Feist, B. E., Blake, R., Ward, C. L., ... & Haynie, A. C. (2018). Spatio-temporal models reveal subtle changes to demersal communities following the Exxon Valdez oil spill. *ICES Journal of Marine Science*, 75(1), 287-297.

Short, J. (2003). Long-term effects of crude oil on developing fish: lessons from the Exxon Valdez oil spill. *Energy Sources*, 25(6), 509-517.

Sol, S. Y., Johnson, L. L., Horness, B. H., & Collier, T. K. (2000). Relationship between oil exposure and reproductive parameters in fish collected following the Exxon Valdez oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1139-1147.

Turner, R. E., Overton, E. B., Meyer, B. M., Miles, M. S., & Hooper-Bui, L. (2014). Changes in the concentration and relative abundance of alkanes and PAHs from the Deepwater Horizon oiling of coastal marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1-2), 291-297.

Xia, K., Hagood, G., Childers, C., Atkins, J., Rogers, B., Ware, L., ... & Folmer, H. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mississippi seafood from areas affected by the Deepwater Horizon oil spill. *Environmental Science & Technology*, 46(10), 5310-5318.