

DynamO

– Dynamisk förvaltning av stillahavsostron i Sverige

Åsa Strand, Pierre De Wit,
Linus Hasselström, Alice Hedensjö,
Svenja Heß, Ane T. Laugen

RAPPORT 7198 | OKTOBER 2025



DynamO – Dynamisk förvaltning av stillahavsostron i Sverige

av Åsa Strand, Pierre De Wit, Linus Hasselström, Alice Hedensjö,
Svenja Heß och Ane T. Laugen

Naturvårdsverket
Tel: 010-698 10 00
E-post: registrator@naturvardsverket.se
Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm
Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7198-1
ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2025

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2025
Omslagsfoto: Leon Green

Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet ”DynamO - Dynamisk förvaltning av det invasiva Stillahavsostronet i Sverige”. Projektet är ett av nio forskningsprojekt som genomförts inom forskningssatsningen Hantering av invasiva främmande arter.

Med de nio forskningsprojekten ville Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten, i samarbete med Formas och Trafikverket, ta fram kunskap om hantering av invasiva främmande arter och att utveckla och/eller identifiera nya eller förbättrade metoder att permanent utrota eller hindra införsel respektive vidare spridning av invasiva främmande arter i naturen. Med arter avsågs främmande växter i terrestra livsmiljöer samt invasiva främmande djur i akvatiska livsmiljöer.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag och från Formas.

Rapporten har skrivits av Åsa Strand, Alice Hedensjö, och Svenja Heß från IVL Svenska Miljöinstitutet, Pierre De Wit från Göteborgs Universitet, Linus Hasselström från Kungliga Tekniska Högskolan och av Ane T. Laugen från Universitetet i Agder.

Rapporten har granskats för vetenskaplig kvalitet av Annie Jonsson (Högskolan i Skövde) samt för praktisk relevans av Michael Diemer (Havs- och vattenmyndigheten).

Författarna svarar för rapportens innehåll.

Stockholm i oktober 2025

Marie Uhrwing
Avdelningschef, Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Sammanfattning	5
Summary	7
1. Var kan man hitta stillahavsostron och hur många finns det?	9
2. Hur stor är risken för ytterligare spridning av stillahavsostron söderut i Sverige?	15
3. Vilka effekter har stillahavsostron på miljö och samhälle?	20
4. Vad kan man göra åt ostronen?	27
5. Vad kan skördade ostron användas till?	34
6. Vilka kostnader och nyttor påverkar valet av förvaltningsstrategi för ostronen?	39
7. Hur kan en förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige se ut?	43
Tack till	56
Källhänvisning	57
Appendix 1: Hur invasionsmodellen används	64
Appendix 2: Inventeringsmanual för kartläggning av invasionsstadium för stillahavsostron	70
Appendix 3: Sammanställda kunskapsluckor och framtida forskningsbehov	72
Appendix 4: Om projektet	73
Leveranser och projektrapporter	77
Leveranser	78
Projektrapporter	79

Sammanfattning

Stillahavsostronet (*Magallana gigas*) är en invasiv art som etablerade sig längs den svenska västkusten år 2006. Arten introducerades i Europa under 1960-talet för vattenbruk och har sedan dess spridit sig snabbt. I Sverige finns arten nu från Strömstad i norr till Malmö i söder. Ostronet har visat sig tåligt mot extrema miljöförhållanden och har en hög anpassningsförmåga, vilket innebär att den potentiellt kan spridas vidare in i Östersjön.

Ostronens påverkan på ekosystemet är både positiv och negativ. De fungerar som ekosystemingenjörer genom att skapa livsmiljöer för andra organismer, förbättra vattenkvaliteten och stabilisera sediment. Samtidigt kan de påverka rekreation i kustområden negativt genom att orsaka skärskador, förändra ekosystem och bidra till att fler invasiva arter kan etablera sig.

Inom DynamO-projektet har kunskap kring ostronens förmåga att anpassa sig till låga salthalter, och deras spridningskapacitet till nya områden, utvärderats, och data har tagits fram för att modellera ostronens utbredning och populationsstorlek. Ostronen visade sig redan ha genomgått en betydande anpassning till lägre salthalter, där ostron vid Hallands Väderö kan föröka sig ända ner till 8 ‰ salthalt, och har en lägre optimal salthalt för befruktning av ägg än ostron från norra Bohuslän. Oceanografiska modelleringar visade också att det är sannolikt att ostronlarver kan transporteras med strömmar in i Östersjön under sommarmånaderna när ostronen har sin reproduktiva period, även om larverna med stor sannolikhet kommer att hamna på stora djup efter passagen genom Öresund. Dock är det inte omöjligt att larverna kan migrera genom salthaltsgradienter för att komma upp till grundare djup för bottenfällning.

Genom olika fältbaserade studier har ostronens sydligaste utbredningsgräns identifierats vara Malmö. Modellering visade att det finns ca 300 miljoner, eller cirka 23 000 ton, ostron mellan Varberg och Strömstad, och en möjlig framtida populationsstorlek på knappt 30 miljoner ostron mellan Varberg och Malmö. Föredragna habitat i den södra delen av kusten, där ostronen fortfarande finns i låga tätheter, är marinor och skyddat hårt substrat. Olika metoder för att rensa bort ostron i både högtäthets- och lågtäthetsområden har testats, och kostnadseffektiviteten för olika metoder har analyserats. Mekaniska skördemetoder som skrapning och sumpgrävmaskin visade sig vara effektiva i områden med höga ostrontätheter, medan handplockning var mer effektivt i lågtäthetsområden. Bortrensning av ostron på hårda substrat är utmanande, och den enda teknik som idag lämpar sig för detta är manuell destruktion av ostronen. Möjligheten att utnyttja bortrensade ostron till olika produkter har också undersökts i projektet. Ostron kan användas som livsmedel, djurfoder och i designprodukter, vilket kan öka de ekonomiska incitamenten för borttagning av ostron.

Slutligen kombinerades denna information i en analys av hur miljömässiga och socioekonomiska effekter av stillahavsostron kan integreras i förvaltningsstrategier för arten. För att uppnå en effektiv förvaltning krävs en holistisk och adaptiv modell som kontinuerligt kan anpassas till nya förhållanden. Målet är att balansera kostnader och nyttor för att optimera förvaltningsinsatser och minimera ostronens negativa effekter samtidigt som dess positiva egenskaper utnyttjas.

Förvaltningsstrategier bör kopplas till ostronens invasionsstadier och geografiska spridning. Söder om Malmö, där ostronen ännu inte etablerat sig, rekommenderas övervakning av föredragna habitat som marinor och skyddad hårbotten, övervakning av möjlig spridning av ostronlarver genom Öresundsområdet och framtagandet av en handlingsplan ifall ostron påträffas utanför det nuvarande utbredningsområdet. I områden där arten fortfarande finns i låga tätheter, mellan Malmö och Varberg, rekommenderas utrotning. I områden där arten är etablerad eller expanderar, norr om Varberg, föreslås strategiskt prioriterad bortrensning av ostron, till exempel ostron som växer i rev eller på badstränder, för att minska negativa effekter och begränsa spridningen. Ett sätt att öka kostnadseffektiviteten för de rensningsaktiviteter som föreslås är att kombinera förvaltningsmässig skörd av ostron med kommersiella intressen. Ett exempel på hur en nationell förvaltningsstrategi kan kombineras med lokal förvaltning har också tagits fram. Modellen är uppdelad i två delar, en för urval av lokaler för åtgärder och en för val av metod om åtgärd ska genomföras. Målet med modellen är att på ett konkret sätt guida genomförare av rensningsaktiviteter hela vägen från ankomst till en lokal till beslut om metod om åtgärd ska genomföras.

Flera kunskapsluckor och utmaningar relaterade till förvaltningen av arten identifierades också i projektet, bland annat finns behov av bättre metoder för att kvantifiera ostronens påverkan på ekosystemtjänster och väga motstående intressen, att utveckla värdekedjan baserad på skördade ostron, samt att ta fram ekonomiska modeller för kombination av förvaltning och kommersiella intressen. I tillägg utgör tillgången till ostronen en barriär som måste övervinnas, då ostronen enligt nuvarande lagstiftning tillhör markägaren.

Summary

The Pacific oyster (*Magallana gigas*) is an invasive species that established along the Swedish west coast in 2006. The species was introduced to Europe in the 1960s for aquaculture and has since spread rapidly. In Sweden, the species is now found from Strömstad in the north to Malmö in the south. The oyster is highly adaptable and has proven resilient to extreme environmental conditions, hence may have the potential to spread to the Baltic Sea.

The environmental impacts of the oysters are both positive and negative. They act as ecosystem engineers by creating habitats for other organisms, can improve water quality and may stabilise sediments. At the same time, they can negatively affect recreation in coastal areas by causing injuries, altering ecosystems and by enabling establishment of additional invasive species.

In the DynamO project, knowledge of the oysters' ability to adapt to low salinities and of their dispersal probability to new areas has been evaluated, and data has been produced to describe the oysters' distribution and population size in Sweden through modelling. The oysters were found to have already undergone significant adaptation to lower salinities, and oysters at Hallands Väderö were found to be able to reproduce down to 8‰ salinity, and to have a lower optimal salinity for fertilisation of eggs than oysters from northern Bohuslän. Oceanographic modelling also showed that it is likely that oyster larvae can be transported by currents into the Baltic Sea during the summer months during the oyster's reproductive period, although the larvae will most likely end up at great depths after passage through the Sound. However, it is not impossible that the larvae may migrate through salinity gradients to reach shallower depths for settlement.

Through various field-based studies, the southernmost distribution limit of oysters has been identified as Malmö, and modelling showed that there are about 300 million, or about 23 000 tonnes, of oysters between Varberg and Strömstad and a future possible population size of less than 30 million oysters between Varberg and Malmö. The preferred habitats in the southern part of the coast where oysters are still present in low densities are marinas and protected hard substrate. Different methods to remove oysters in both high- and low-density areas have been tested, and the cost effectiveness of different methods has been analysed. Mechanical harvesting methods, such as dredging and excavator, were found to be effective in areas with high oyster densities, while hand picking was more effective in low density areas. Removal of oysters on hard substrates is challenging and the only technique currently suitable for this is manual destruction of the oysters. The possibility of utilising oysters for various products has also been investigated in the project. Oysters can be used as food, animal feed and in design products, which can increase the economic incentives for oyster removal.

Finally, this information was combined in an analysis of how environmental and socio-economic impacts of Pacific oysters can be integrated into management strategies for the species. Effective management requires a holistic and adaptive model that can be continuously adjusted to new conditions. The aim is to balance costs and benefits to optimise management efforts and minimise the negative impacts of oysters while harnessing their positive attributes.

Management strategies should be linked to the invasion stages and geographical distribution of oysters. South of Malmö, where oysters are not yet established, monitoring of preferred habitats such as marinas and protected hard bottoms, monitoring of possible introduction of oyster larvae through the Öresund area, and development of an action plan if oysters are found outside their current distribution range, are recommended. In areas where the species is still present in low densities, between Malmö and Varberg, eradication is recommended. In areas where the species is established or expanding, north of Varberg, strategically prioritised removal of oysters, such as oysters growing in reefs or on beaches, is proposed to reduce negative impacts and limit dispersal. One way to increase the cost-effectiveness of the proposed clearing activities is to combine management harvesting of oysters with commercial interests. An example of how a national management strategy can be combined with local management has also been developed. The model is divided into two parts, one for the selection of sites for management actions and one for choice of method if action is to be taken. The aim of the model is to provide a concrete guide to implementers of management activities all the way from arrival at a site to deciding on the method of action to be taken.

Several knowledge gaps and challenges related to the management of the species are, however, also identified, including the need to develop better methods to quantify the impact of oysters on ecosystem services and analyse trade-offs, to develop the value chain based on harvested oysters, and to develop economic models for combining management and commercial interests. In addition, access to oysters is a barrier that needs to be overcome as, under current legislation, oysters belong to the landowner.

1. Var kan man hitta stillahavsostron och hur många finns det?

Stillahavsostronet, *Magallana* (tidigare *Crassostrea*) *gigas* (Thunberg 1793) kommer ursprungligen från Stillaahavet och är en av de mest spridda invasiva arterna globalt (Padilla 2010). Arten introducerades för vattenbruk i Europa på 1960-talet, till att börja med till Frankrike och Holland (Héral 1989, Drinkwaard 1999), men ostronen spred sig sedan snabbt och arten är nu väletablerad längs med stora delar av Europas kustlinje, inklusive i Skandinavien, med undantag för i Östersjön och i Nordnorge. I Sverige observerades arten i stort antal längs den svenska västkusten år 2006 (Wrange m.fl. 2009). Även om spridning av stillahavsostron kan ske med olika vektorer som till exempel påväxt på båtar och mänsklig förflyttning av ostron mellan olika områden så visar studier att transport av ostronlarver från Danmark via havsströmmar är den mest sannolika spridningsvägen för arten till Sverige och att havsströmmar kan bidra till ytterligare spridning av arten längs med västkusten (Laugen m.fl. 2015, Faust m.fl. 2017). Sedan den initiala etableringen har varken extrema vinterförhållanden (Strand m.fl. 2011, 2012) eller sommarödödlighet (Mortensen m.fl. 2016) lyckats utrota ostronbestånden i Sverige och både utbredning och populationsstorlek har ökat.

Stillahavsostronet skiljer sig i utseende från det inhemska europeiska platta ostronet (Figur 1). Stillahavsostron är oftast avlångt formade eller droppformade med ett ganska ”djupt” skal, det vill säga kraftigt skålformade på den kupiga sidan. Skalet har ofta lila/bruna ränder och stora vågor längs skalkanten. Det platta ostronet är vanligtvis mer cirkulärt och platt, med regelbundna fina åsar på skalet.



Figur 1. Stillahavsostron (*Magallana gigas*) bland blåmusslor (*Mytilus edulis*, övre bilden), och stillahavsostron intill ett platt ostron (*Ostrea edulis*) och en blåmussla (nedre bilden).

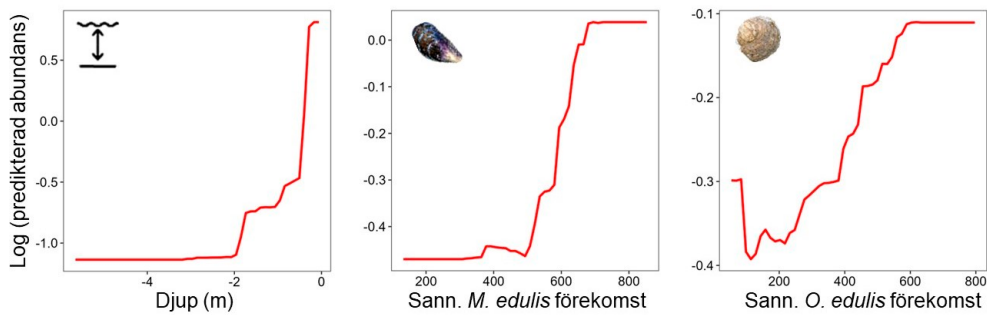
Bilder: Åsa Strand.

Inom DynamO har ostronens utbredning och habitatpreferenser i Sverige studerats genom filmning med undervattensvideo och transektinventeringar av slumpvis utvalda lokaler inom specifika djup- och exponeringskategorier i området Tjörn till södra Skåne (Hedensjö 2024, Hedensjö m.fl. 2024). Studierna genomfördes med samma metoder som inventeringar genomförda från Strömstad till Orust mellan 2018 och 2020 inom ett associerat projekt (Laugen m.fl. 2023). Det genomfördes också kompletterande inventeringar i södra Sverige för att fastställa ostronens sydligaste utbredningsgräns (Martini 2023, Roesch 2023).

För att analysera habitatpreferenser och uppskatta utbredningen och populationsstorlek av stillahavsostron längs hela den svenska västkusten kombinerades datat insamlat inom DynamO med det tidigare insamlade datat (Laugen m.fl. 2023) och modellerades med "Species Distribution Modeling" (SDM). Målet med SDM är att identifiera miljöförhållanden där en art kan leva baserat på observationer av förekomst och därigenom uppskatta artens utbredning. Det är dock utmanande att använda SDM för invasiva arter eftersom deras utbredning och tätheter förändras under invasionens gång. Efter introduktion till ett icke-inhemskt område börjar arten vanligtvis med att uppvisa lokala förekomster av låga tätheter innan den snabbt expanderar rumsligt och i populationsstorlek (Geburzi och McCarthy 2018). Endast när populationer är fullt etablerade är arten i jämvikt med sin miljö (Gallien m.fl. 2012), det vill säga, arten förekommer i alla habitat där den kan leva och upprätthålla livskraftiga populationer.

För att ta hänsyn till att ostronen förekommer sporadiskt och i låga tätheter söder om Varberg skapades därför två populationsmodeller för två separata regioner längst med västkusten. Syftet med den norra modellen, för regionen Strömstad till Varberg, var att undersöka ostronets nuvarande utbredning, habitatpreferenser och populationstätheter. Syftet med den södra modellen, för regionen Varberg till Malmö, var att identifiera habitat med förhöjd risk för invasion, det vill säga habitattyper och miljöförhållanden där ostronet i dagsläget förekommer, men nödvändigtvis ännu inte har etablerat sig fullständigt, och uppskatta framtida *möjliga* populationsstorlekar under scenariot att ostronet invaderar alla dessa habitat.

Inventeringarna visade sammantaget att det numera finns stillahavsostron längs med hela svenska västkusten. Mängden ostron varierar dock från fullt etablerade revbildningar i norra Bohuslän till lägre tätheter och solitära individer söder om Varberg ner till Malmö, som är den sydligaste utbredningsgränsen för ostronen (Martini 2023, Roesch 2023, Hedensjö 2024). Modellering visade att olika miljöfaktorer som djup, vågexponering, salthalt och tillgång till lämpligt substrat påverkar stillahavsostronens utbredning och tätheter. Stillahavsostron förekommer enligt modellerna framför allt på grunda djup (0-1 m) med minskande förekomster och tätheter med ökande djup (Hedensjö m.fl. 2024, Figur 2). Även biologiska faktorer kan påverka arters utbredning och stillahavsostron har ofta rapporterats förekomma tillsammans med inhemska blåmusslor (*Mytilus edulis*) och platta ostron (*Ostrea edulis*). I enlighet med detta visade vår modell att både förekomst och täthet av stillahavsostron sammanfaller med förekomst av blåmusslor och platta ostron (Figur 2).



Figur 2. Responskurvor som visar hur modellpredikterade log(tätheter) av stillahavsostron förändras inom det observerade intervallet av vattendjup och modellerad förekomstsannolikhet (Sann.) för blåmusslor och platta ostron mellan Strömstad och Varberg. Predikterad täthet av stillahavsostron ökar med ökande värden på respektive y-axel och sannolikheten att blåmusslor och platta ostron närvarar ($\times 10^3$) ökar med ökande värden på respektive x-axel. Notera att djupet går från djupt till grunt.

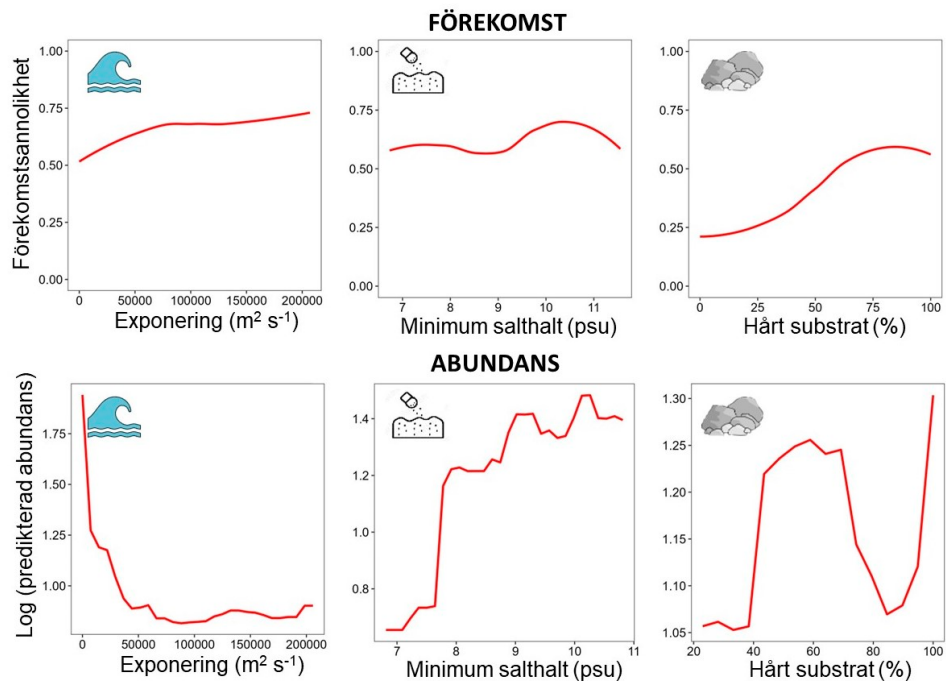
Våra analyser visar också att beroende på hur långt ostronen kommit i sin invasion skiljer sig habitatpreferenserna åt. Norr om Varberg finns ostronen på de flesta bottentyper. Vid höga tätheter av ostron bildas stabila rev (Figur 3) som primärt finns på grunda områden med mjukbotten.



Figur 3. Exempel på revbildning av stillahavsostron i ett grunt område i norra Bohuslän.
Bild: Åsa Strand.

Söder om Varberg visade modellerna att ostronen gynnas av marinor och hårda substrat (Hedensjö 2024). Marinor i området söder om Varberg observerades ha åtta gånger fler ostron per ytenhet än naturliga habitat och, på grund av generellt stora ostron, hela 21 gånger mer biomassa per ytenhet. Medelstorleken på ostronen indikerar att de representerar flera årsklasser av ostron som funnits i marinorna under en längre period, det vill säga det fanns förhållandevis få juvenila individer och många stora. Den totala biomassan av ostron i naturliga hårda substrat i området var dock ca 100 gånger högre än i marinor på grund av den avsevärt mycket högre tillgången till naturliga hårda substrat jämfört med arean av marinor.

Hårt substrat var viktigt för ostronens förekomst, men skydd från vågor och en minimum salthalt över 8 promille var viktigt för att främja höga tätheter (Figur 4). Detta stämmer med observationer inom DynamO av ostronens anpassning till lägre salthalter (Kinnby m.fl. 2023, se kapitel "Hur stor är risken för ytterligare spridning av stillahavsostron i Sverige?"), och kan förklara varför skyddade marinor utgör viktiga habitat för ostronen i södra Sverige. Hårt substrat hade, till skillnad från i förekomstmodellen, försumbart inflytande i abundansmodellen (Figur 4). Denna responskurva bör därför tolkas med försiktighet. En möjlig förklaring till den modellerade minskningen av ostron vid ca 80-90% hårt substrat kan vara en minskad heterogenitet på naturliga klippor eller släta pirar vilket minskar förekomsten av mikrohabitat som kan gynna ostronen i exponerade miljöer. Ökningen efter 90% är däremot relaterad till förekomsten av marinor där täckningen är 100% hårt substrat. Det är också möjligt att mönstret orsakas av en relativt begränsad mängd data i denna substratkategori och modellen skulle därför gynnas av ytterligare datainsamling.



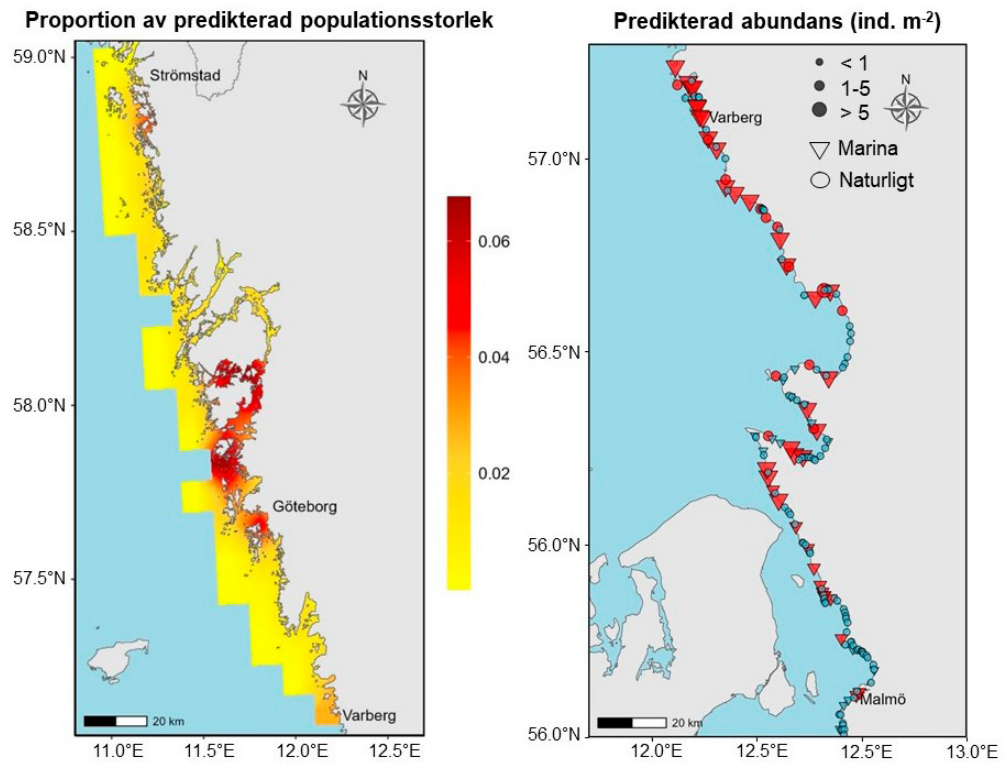
Figur 4. Responskurvor som visar hur modellpredikterade förekomstsannolikheter (övre raden) och log(tätheter) (nedre raden) av stillahavsostron förändras inom det observerade intervallet av vågexponering, salthalt och procent täckning hårt substrat mellan Varberg och Malmö. Abundansmodellen baseras på observerade miljöförhållanden där ostronet förekom (dvs. abundans > 0 individer/ m^2). Predikterad förekomst och täthet av stillahavsostron ökar med ökande värden på respektive y-axel. Notera att skalan på y-axlarna skiljer sig åt för abundansprediktionerna. Skalorna är optimerade för att visa responskurvornas kvalitativa utseende.

Mellan Strömstad och Varberg har vi baserat på våra modeller beräknat att det i nuläget finns knappt 300 miljoner individer och 23 000 ton levande stillahavsostron (Hedensjö m.fl. 2024). Det uppskattade antalet individer är i linje med modeller som nyligen gjorts för stillahavsostron inom ett mer begränsat område (Strömstad till Orust, Greeve 2025). Som jämförelse visar populationsuppskattningar för inhemska vilda bivalver inom området Strömstad till Orust förekomst av ca 600 miljoner individer motsvarande 13 000 ton blåmusslor och 67 miljoner individer motsvarande 2 600 ton platta ostron (Greeve 2025). Stillahavsostronen utgör med andra ord en betydande del av de bivalver som finns i området. Våra analyser visar också att 60% av stillahavsostronen i Bohuslän och i norra Halland finns i tätheter över 10 individ/m² (Hedensjö m.fl. 2024). För 10 år sedan var motsvarande siffra 40% (Bergström m.fl. 2021).

Söder om Varberg uppskattade populationsmodellen en *möjlig* framtida populationsstorlek på drygt 28 miljoner individer och en biomassa på drygt 1 000 ton levande ostron (Hedensjö m.fl. 2024). Detta innebär inte att det redan i dagsläget existerar så många individer i området men visar på vikten av övervakning och åtgärder för att förhindra att populationsstorleken når denna nivå. Trots att den möjliga mängden ostron är hög så utgör den möjliga populationen (i antal individer) bara ca en tiondel av den redan existerande mängden ostron i området mellan Strömstad och Varberg. Det finns inga uppskattningar av populationsstorleken av inhemska bivalver från detta område.

Populationsmodellerna från båda områdena påvisade fyra områden med speciellt höga förekomster och tätheter av stillahavsostron; Strömstad-Grebbestad, Orust-Göteborg, Varberg-Halmstad och Båstad-Helsingborg (Figur 5). Även om abundansprediktionerna norr och söder om Varberg inte är direkt jämförbara belyser detta möjligheten att högtäthetsområden av stillahavsostron är sporadiskt fördelade längst med den svenska västkusten, åtminstone ned till Varberg men möjligtvis ända ner till Helsingborg. Anledningen till att dessa områden faller ut som möjliga högtäthetsområden i modellerna är hittills inte fastställd.

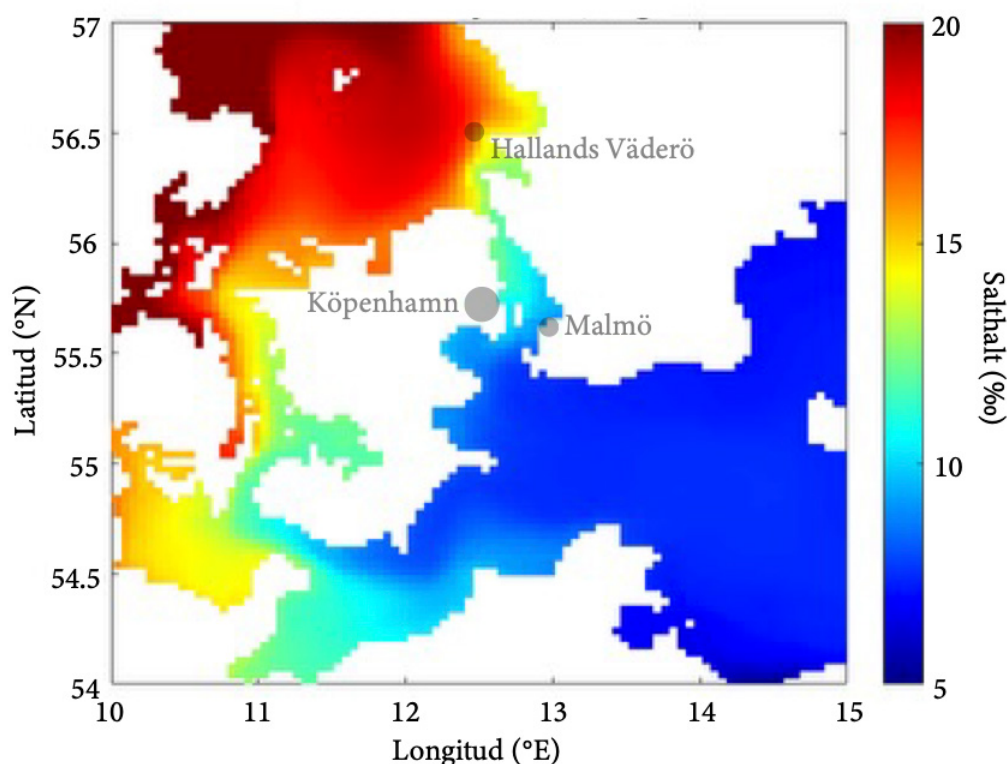
Båda modellerna ger möjlighet till övervakning av förändrad utbredning och förekomst samt populationsstorlek av arten. Genom insamling av liknande data som i detta projekt, och modellering med samma tekniker, kan temporala trender för populationsutvecklingen fastställas. Detta är viktigt för att kunna övervaka invasionens fortskridande, upptäcka förändringar i habitatpreferenser och bedöma framgången av förvaltningsåtgärder.



Figur 5. Modellerade populationsutbredningar för stillahavsostron på den svenska västkusten. Den vänstra kartan visar predikterade högtäthetsområden (rödare färg) mellan Strömstad och Varberg. Den högra kartan visar predikterad närvaro (röd), frånvaro (blå) och möjliga tätheter i marinor och naturliga habitat söder om Varberg.

2. Hur stor är risken för ytterligare spridning av stillahavsostron söderut i Sverige?

Som en tidvattensart är stillahavsostron mycket tåliga mot varierande miljöförhållanden och som vuxna klarar de både låga och höga temperaturer (< 0 till > 30 °C, Le Gall och Raillard 1988, Bougrier m.fl. 1995, Strand m.fl. 2011, Strand m.fl. 2012) och salthalter (10-42 promille, Pauley m.fl. 1988, Wiltshire 2007). Dock är yngre livsstadier mer känsliga för olika förhållanden (Strand och Lindegarth 2014). Idag begränsas utbredningen mot Östersjön troligen av den låga salthalten som påverkar ostronens förmåga att föröka sig, men det är okänt om ostronen kan anpassa sig till de låga salthalter som råder i Östersjön (här definierat som området söder om Öresund). I Kattegatt är salthalten ca. 20 promille medan salthalten i ytvattnet i sydvästra Östersjön är ca. 10 promille (Figur 6).



Figur 6. Medelsalthalt under juli-augusti från SMHI modell (BALTICSEA_REANALYSIS_PHY_003_011). Salthalten i Östersjön är ca 10 promille och närmar 20 promille i Kattegatt.

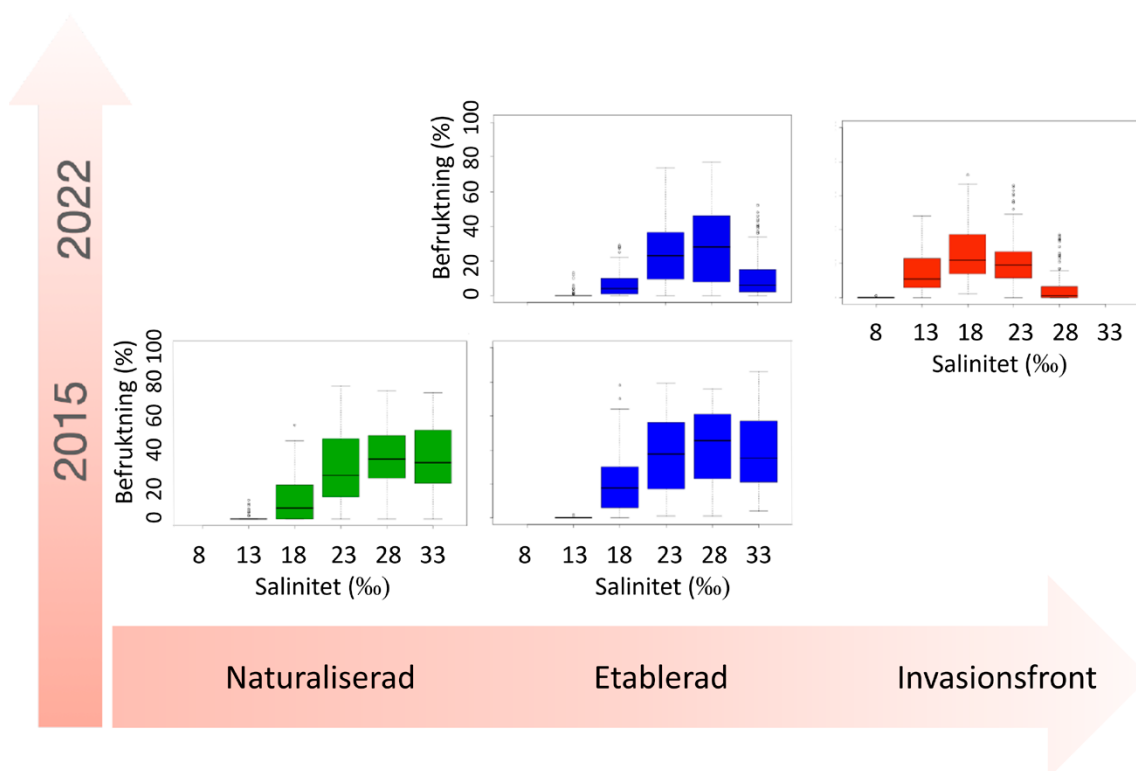
Stillahavsostron förökar sig i juni-september genom att ägg och spermier släpps ut i vattenmassan där äggen befruktas och en planktonisk larv utvecklas. Detta livsstadium varar i 2-3 veckor (Mercer m.fl. 2024) och larverna transporteras under denna tid med vattenmassan de befinner sig i. Det finns ett vattenutbyte mellan Östersjön och Nordsjön, där utflödet av vatten med låg salthalt genom Öresund och Bälthavet generellt dominerar (Hordoir m.fl. 2013). Utflödet skapar ett övre vattenskikt i Kattegatt med relativt låg salthalt som rör sig norrut in i Skagerak. I Göteborgsområdet ansluter det till den Jutska strömmen som kommer från norra Danmark och tillsammans skapar detta startpunkten för den norska kustströmmen. Detta innebär att larver av stillahavsostron generellt sett sprids norrut (Laugen m.fl. 2015), framför allt från Göteborgsområdet. Ibland kan dock strömmarna genom Öresundområdet byta håll, men det är oklart om detta kan bidra till transport av ostronlarver in i Östersjön.

För att studera hur anpassningsbara ostronen är till låga salthalter och hur stor sannolikhet det är att ostronlarver från Kattegatt kan spridas in i Östersjön via Öresund så har vi genomfört tre olika studier inom DynamO. För att utreda om ostronen kan föröka sig vid låga salthalter så genomfördes korsningsförsök med ostron från norra Bohuslän (Tjärnö) och från Hallands Väderö. Resultaten jämfördes med försök genomförda på stillahavsostron från Guernsey (Channel Islands) och norra Bohuslän (Tjärnö) 2015 där samma metodologi användes. I båda studierna extraherades gameter (ägg och spermier) från könsmogna stillahavsostron varpå äggen befruktades i olika salthalter och äggens förmåga att bli befruktade och utvecklas dokumenterades.

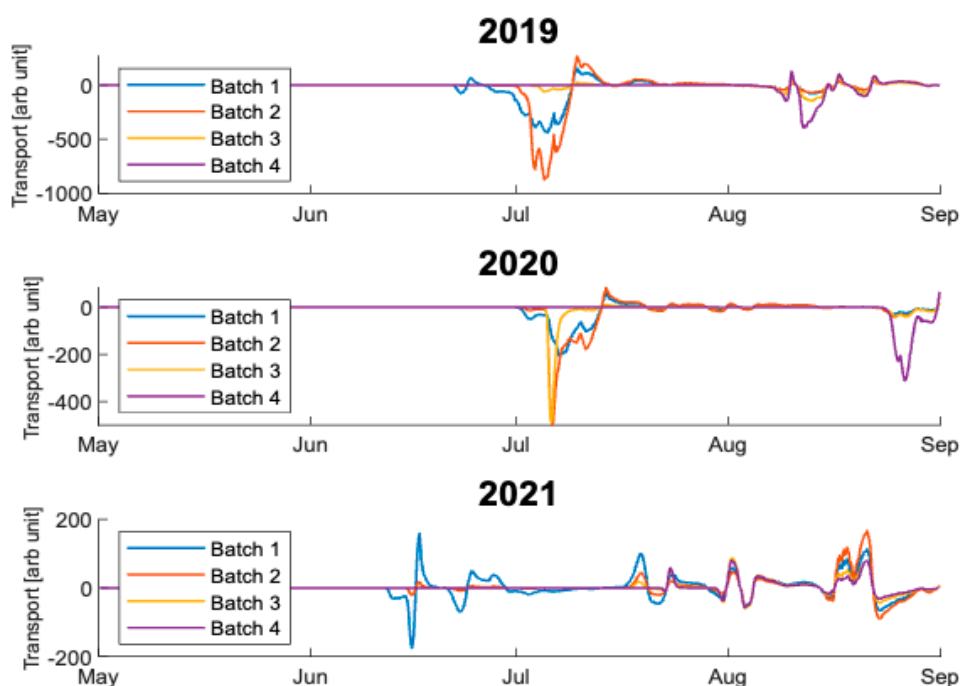
Resultaten visade att på bara sju år har den optimala salthalten för reproduktion av ostron i norra Bohuslän (Tjärnö) sjunkit från 23-33 promille 2015 till 23-28 promille 2022 (Figur 7). Ostron nära invasionsfronten (Hallands Väderö) uppvisade bäst befruktningsframgång mellan 13 och 23 promille och möjlighet till befruktning också vid 8 promille, något som inte observerats tidigare eller för populationer som befinner sig längre norrut (Kinnby m.fl. 2023). För att undersöka om förändringen beror på miljöskillnader mellan områdena eller på genetiska skillnader hos ostronen, så genomfördes en genetisk studie, som visade att befruktningsgrad i låga salthalter var till största delen styrd av genetik, och att spermiernas genetiska variation var en viktig faktor för detta (Kinnby m.fl. 2025). Vi kunde dock inte se några tecken på att ostronen vid Hallands Väderö hade genomgått en flaskhals i samband med koloniseringen där, vilket tyder på att de har kvar tillräckligt med genetisk variation för att ytterligare kunna anpassa sig till lägre salthalter (Kinnby m.fl. 2025).

För att studera om ostronlarver kan transporteras från områden där ostron finns nära ostronens utbredningsfront (till exempel vid Hallands Väderö) via inflöde genom Öresund till Östersjön så har vi inom DynamO modellerat hydrodynamiska inströmningsmönster från Hallands Väderö genom Öresund under perioden maj till september då ostronen kan föröka sig. Modellen är en regional uppsättning som använder MITgcm-modellen (<http://mitgcm.org/>; Marshall m.fl. 1997) och fokuserar på Öresundsregionen men täcker delar av Kattegatt och södra Östersjön (Figur 6). Modellen drivs av data från en atmosfärsmodell, dvs. vindhastighet i latitud- och longitudriktningar, lufttemperatur och luftfuktighet vid 2 m över havet, samt inkommande kortvågs- och långvågsstrålning vid ytan. Drivningen är hämtad från Copernicus ERA5 databas för åren 2019-2021.

Modelleringen visade att det sker inflöden från Kattegatt genom Öresund till Östersjön vid flera tillfällen varje år under den period som stillahavsostronen förökar sig (Broström m.fl. 2024; Figur 8), och att det därmed är möjligt att ostronlarver på detta sätt kan transporteras in i Östersjön från Kategatt.



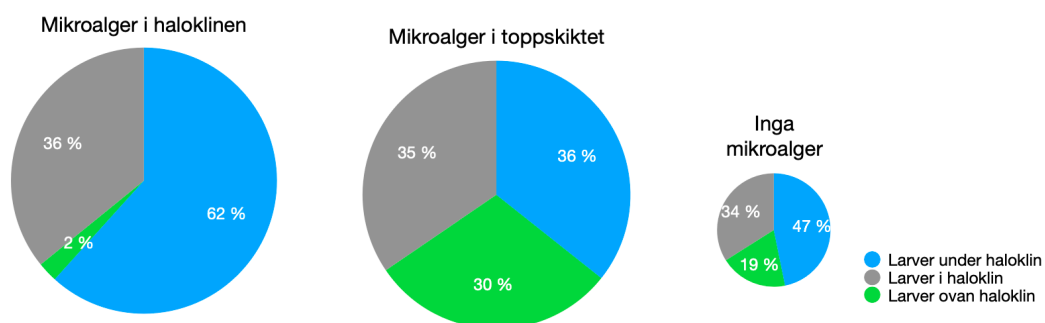
Figur 7. Den etablerade ostronpopulationen (naturaliserad (Guernsey, Channel Islands), grön) har högst befruktningsgrad i hög salthalt. Populationen från den tidigare invasionsfronten (etablerad (Tjärnö), blå) hade hög befruktningsgrad i höga salthalter år 2015 men år 2022 har de anpassat sig så att befruktningsgraden är lägst i de höga salthalterna och högst i de intermediära. I populationen från den nuvarande invasionsfronten (invasionsfront (Hallands Väderö), röd) ser vi att befruktningsgraden är högst vid lägre salthalter.



Figur 8. Modellerad oceanografisk transport av ostronlarver från Hallands Väderö genom södra delen av Öresund mellan 2019 (övre) och 2021 (nedre). De färgade linjerna är grupper av larver som släppts ut i vattnet under olika tidsperioder. Negativa värden på Y-axeln representerar transport in till Östersjön och positiva värden representerar transport bort från Östersjön. 0-värdet på y-axeln representerar södra Öresund i en transekt mellan Malmö och Köpenhamn. Övriga värden på y-axlarna representerar antalet ostronlarver som transporteras in i, eller bort från, Östersjön och visar hur transporten skiljer sig åt i omfattning mellan år. (Höga värden = många larver).

Den hydrodynamiska modelleringen visade dock att vattenmassan som flödar in i Östersjön är saltare än Östersjövattnet, vilket gör att den sjunker till botten. För att studera om ostronlarver som transporteras in i Östersjön med strömmar genom Öresund har potential att bottenfälla i Östersjön genomfördes inom DynamO ett labbexperiment där vi har studerat stillahavsostronlarvers förmåga att simma genom ett språngskikt upp till en mindre salt vattenmassa. Larver injicerades i botten av akvarium med artificiella språngskikt skapade mellan vatten med olika salthalt med olika behandlingar av mat i ytskiktet, varpå larver provtogs på olika platser i behandlingen (under, i och över språngskiktet) efter en bestämd tid.

Resultaten visar att stillahavsostronlarver kan simma genom salthalts-språngskikt till ytvattnet, och gör det om det finns mat i ytskiktet i form av mikroalger (Broström m.fl. 2024, Figur 9). Motsvarande resultat har observerats för larver av det inhemska platta ostronet i en liknande studie (Eloranta 2023). Om larvmigration sker genom språngskikt i naturen där både vattenmassorna och språngskikten är djupare är fortfarande okänt, och ytterligare provtagning i fält behövs för att bekräfta om detta sker. Det är dock inte omöjligt att larver som förts in till Östersjön av södergående strömmar genom Öresund kan migrera till ytvattnet och transporteras in till kusten med ytströmmar.



Figur 9. Proportion stillahavsostronlarver i olika vattenmassor i ett larvsimexperiment. Blått representerar andel larver 5cm under haloklinen, grått är andel larver i haloklinen och grönt är andel larver 5cm över haloklinen. De tre pajdiagrammen representerar de tre olika behandlingarna: mikroalger enbart i haloklinen (vänster), mikroalger i topplagret (16%, mitten), inga mikroalger (höger). Diametern på diagrammen är proportionell mot hur många simmande larver som hittades i de olika behandlingarna. Diagrammen visar på en större andel simmande larver när det finns mat i vattnet och att larverna kan simma genom haloklinen.

Sammantaget gör stillahavsostronets snabba anpassning till låga salthalter och möjlighet till transport in i Östersjön att en framtida spridning av stillahavsostron in i Östersjön inte går att utesluta. Fortsatta studier av ostronens förmåga att bilda gameter och att leka i låga salthalter, och av larvernas förmåga att överleva till bottenfällning i låg salthalt, behövs för att avgöra hur stor risken för vidare anpassning till låga salthalter är (Appendix 3).

3. Vilka effekter har stillahavsostron på miljö och samhälle?

Ostronen är så kallade ekosystemingenjörer, organismer som förändrar miljön genom sin blotta närvaro (Jones m.fl. 1994). De påverkar ekosystemet genom tre huvudfunktioner: skapandet av 3D-strukturer, genom filtrering, och genom sin funktion som en biologisk resurs. De strukturer som ostronen skapar kan bidra till att skydda strandlinjen och stabilisera sedimentet, och kan också tillhandahålla livsmiljöer för andra organismer som ryggradslösa djur, alger och fisk (Grabowski och Peterson 2007, Laugen m.fl. 2015, Norling m.fl. 2015, Figur 10). Ostronen kan dock också bidra till ytterligare etablering av främmande arter (Lang och Buschbaum 2010, Buschbaum m.fl. 2012, Firth m.fl. 2021, Wrange m.fl. under förberedelse) och även om strukturerna som skapas av ostronen ökar mångfalden av olika organismer så förändrar de också ekosystem från dess ursprungliga form; organismsamhället kan till exempel förändras från ett mjukbottenssamhälle till ett hårbottenssamhälle.



Figur 10. Exempel på observerade biodiversitetseffekter av stillahavsostron i Sverige: bottenfällning av blåmusslor på ostron (överst till vänster), bottenlevande fisk som använder ostronskal som bohåla (överst till höger), inhemskt ostron som använder stillahavsostron som substrat (nederst till vänster) alger som använder stillahavsostron som substrat (nederst till höger).

Bilder: Åsa Strand, Ane Timenes Laugen.

Ostronens filtrering och den efterföljande deponeringen av organiskt material i sedimentet under ostronen kan leda till olika positiva effekter, till exempel förbättrad vattenkvalitet och reglering av näringsämnen (Coen m.fl. 2007, Grabowski och Peterson, 2007). Detta gäller dock under förutsättning att ackumuleringen av organiskt material inte blir för hög så att syrebrist uppstår, vilket kan orsaka negativa effekter på sedimentlevande organismer. Kunskapen är dock begränsad när det gäller vid vilken täthet stillahavsostron ger upphov till effekter, och hur ostrontätheten påverkar ekosystemet.

Stillahavsostron kan med andra ord ha både positiva och negativa effekter på de miljöer där de etablerar sig. Detta påverkar i sin tur de ekosystemtjänster som den marina miljön erbjuder. Ekosystemtjänster kan delas in i försörjande, stödjande, reglerande och kulturella tjänster (MA 2005). Försörjande tjänster är de produkter vi får från ekosystemen, som mat, material och medicinska resurser. Reglerande tjänster är processer och kretslopp som reglerar ekosystemet, till

exempel klimatreglering och vattenrening. Stödjande tjänster är ekosystemprocesser som är nödvändiga för att upprätthålla andra tjänster, såsom fotosyntes och tillhandahållandet av livsmiljöer. Kulturella tjänster är de immateriella värden ekosystem tillhandahåller, inklusive estetiska, rekreativa, andliga och utbildningsmässiga upplevelser.

I tillägg till de stödjande och reglerande tjänster som diskuterats ovan är ostron också kända som en näringsrik och proteinrik födokälla och är en populär art inom vattenbruk (Laugen m.fl. 2015, Hallström m.fl. 2019) och uppskattas också för rekreationsplockning. Ostronen har också flera andra kulturella och ekonomiska användningsområden som till exempel bete för krabbfiske, bas för ostronfestivaler, och skalerna används för konsthantverk och dekoration. Dock kan ostronen också ge negativa effekter på rekreation genom till exempel risk för skärskador (Herbert m.fl. 2016). Det är dåligt dokumenterat hur ostronen påverkar kulturella ekosystemtjänster. Detta gör det svårt att få en samlad bild av om huruvida påverkan av ostronen är övervägande positiv eller negativ.

För att utreda detta närmare genomfördes tre olika studier i DynamO: en fältstudie, en enkätundersökning, och en litteraturstudie. I fältstudien undersöktes påverkan av ostrontäthet (0-120 individer/m²) på förekomst av sedimentlevande organismer och makroalger på 13 lokaler i norra Bohuslän (Boëthius 2022, Cao Sanchez 2022). På varje lokal samlades 12 prover in från olika platser med olika stor förekomst av stillahavsostron, från den högsta täthet som påträffades till platser utan ostron. Varje prov bestod av en 0,5 x 0,5 m stor ruta i vilken alla makroalger samlades in och ett sedimentprov som togs med ett rör med en diameter av 10 cm för insamling av infauna. Studien visade ingen påverkan av ostronen på sedimentlevande organismer, varken negativ eller positiv (Boëthius 2022), men både biomassan och artrikedomen av makroalger ökade med ökande ostrontäthet (Boëthius 2022, Cao Sanchez 2022).

För att studera ostronens påverkan på kulturella ekosystemtjänster genomfördes en enkätundersökning där personer som vistades i kustområden tillfrågades om deras erfarenheter av, och syn på ostronen, och hur de påverkades av förekomst av ostronen. Enkäten spreds till organisationer som representerade olika typer av nyttjande av kustmiljöer (turism, fiske, fågelskådning, kite-surfing, kajakpaddling mm.) och via sociala medier. Totalt mottogs ca 500 svar innan enkäten stängdes (Heß 2024).

Majoriteten av de som svarade på enkäten var personer som utnyttjade kusten för bad, promenader eller båtåkning. Drygt 50% av de svarande upplevde sig vara negativt påverkade av ostronens förekomst, ca 20% upplevde sig inte påverkade av ostronen, ca 10% upplevde sig vara positivt påverkade, och ca 10% upplevde sig vara både positivt och negativt påverkade. Enkätsvaren visade att de kulturella tjänsterna påverkas både positivt och negativt av stillahavsostron. De vanligaste rapporterade negativa påverkan var på rekreation, till exempel på badgäster, påverkan av ostronen på miljön, och en upplevd negativ känsla av att se ostronen. Den vanligaste positiva påverkan var på kulturella värden förknippade med användning av ostronen som en resurs, till exempel att personer plockade ostron för att äta eller skal för dekoration (Heß 2024, Figur 11).



Figur 11. Exempel på rekreativ plockning av stillahavsostron i norra Bohuslän.
Bild: Åsa Strand.

Heß (2024) genomförde också en omfattande kartläggning av stillahavsstronens påverkan på ekosystemtjänster i svenska vatten. Kartläggningen baserades på en strukturerad litteraturstudie och påverkan på ekosystemtjänster bedömdes utifrån indikatorer med koppling till juridiska ramverk för statusklassificering av vattenkvalitet (indikatorer för god miljöstatus enligt havsmiljödirektivet 2008/56/EC och havsmiljöförordningen SFS 2010:1341, vattendirektivet 2000/60/EC och vattenförvaltningsförordningen SFS 2004:660). I kartläggningen ingår t.ex. indikatorer för kemisk status som syrehalt, koncentration av näringsämnen, olika nyckelarter för biologisk status som undervattensvegetation, fiskar och andra bivalvarter och påverkan på olika habitat enligt habitatdirektivet 92/43/EEC. Effekterna av ostronen klassificerades som positiva, negativa eller hypotetiska, och dokumenterades separat för mjuka och hårda bottenar samt för ostronens tillväxtmönster (enskilda, kluster eller rev) för att beskriva påverkan på olika miljöer och av olika nivåer av habitatkomplexitet. För 69 indikatorer för ekosystemtjänster som undersöktes, klassificerades stillahavsstronens effekter enligt Tabell 1.

Generellt observerades från litteraturstudien att graden av påverkan av ostronen var beroende på habitatets komplexitet (det vill säga om ostronen finns i låga tätheter eller bildar rev) och av substrattyp, med högre påverkan (både positiv och negativ) på mjuka bottenar och för ostronrev (Heß 2024). Fler effekter klassificerades också som positiva än negativa. Positiva (och troligen positiva) effekter av stillahavsstron på ekosystemtjänster var vanligare på mjukbottenar än på hårdbottenar, medan antalet negativa och troligen negativa effekter var desamma för båda habitattyperna. Antalet indikatorer som klassificerades som ej tillämpliga (13) eller okända (10) var högre för hårdbottenar än för mjukbottenar (Tabell 1), vilket indikerar att flera indikatorer var relaterade till sedimentlevande organismer (ej tillämpliga) och att det råder större kunskapsluckor vad gäller påverkan av stillahavsstron på hårda substrat än på mjuka (okända) (Appendix 3).

Tabell 1. Översikt över påverkan på 69 indikatorer för ekosystemtjänster (modifierat från Heß 2024).

Påverkan	Mjukbotten	Hårdbotten
Positiv eller troligen positiv påverkan	26	17
Negativ eller troligen negativ påverkan	9	9
Både positiv och negativ påverkan, eller neutral, påverkan	17	19
Okänd riktning av påverkan (kan vara pos. eller neg.)	11	1
Okänd påverkan	5	10
Inte tillämplig	1	13
Summa	69	69

Stillahavsstronets förekomst visade sig påverka alla stödjande tjänster både negativt och positivt (men i olika utsträckning), inklusive förändringar som förväntas ske i olika habitat men som inte kan klassificeras som positiva eller negativa (okänd riktning av påverkan), till exempel en diversifiering av habitat genom tillhandahållandet av hårt substrat på mjuka bottenar som leder till ökad biodiversitet men förlust av mjukbottensamhällen. Skillnader i stödjande tjänster mellan hård- och mjukbottenar uppstod främst kring indikatorer för biologisk mångfald, där

positiva effekter var vanligare på mjukbottnar än på hårbottnar och för indikatorer för habitat, medan effekterna på hårbottnar var mindre och/eller mer osäkra. Till exempel fungerar ostronen som substrat till epifauna på både hård och mjuk botten, men det blir en större ökning av artrikedom på mjuk botten. Dessutom används de på hård botten som substrat av invasiva arter (Firth et al., 2021). Stillahavsostron på både mjuk- och hårbotten hade också antingen helt positiva, eller både positiva och negativa effekter på alla reglerande tjänster. Exempel på positiva effekter var stabilisering av sediment och upptag av näringsämnen som ger reglering av övergödning. Vad gäller biologisk reglering (av till exempel spridning av sjukdomar) var effekterna av ostronen både positiva och negativa.

Effekterna på försörjande tjänster inkluderade konsumtion och nyttjande av ostron i olika produkter (se Roesch m.fl. 2025 för exempel och kapitel "Vad kan skördade ostron användas till?", Figur 12). I de flesta fall kan ostron från hårbottnar dock inte användas för konsumtionsändamål eller andra produkter eftersom de är fastsittande och endast kan avlägsnas med stor svårighet (se kapitel "Vad kan man göra åt ostronen?").



Figur 12. Stillahavsostron plockade för att användas som livsmedel.
Bild: Åsa Strand.

4. Vad kan man göra åt ostronen?

I dagsläget sker kommersiell skörd och bortrensning av ostron i Sverige framför allt genom handplockning vid vadning eller dykning, en metod som är lämplig för sparsam skörd av högvärdesprodukter som t.ex. platta ostron, *Ostrea edulis*, men som inte lämpar sig för skörd av stora volymer eller för lågvärdesarter på grund av låg kostnadseffektivitet. Det finns därför ett behov av utveckling av mer kostnads-effektiva metoder för produktion av större volymer, anpassade till de förutsättningar som råder för Stillahavsostron. För att öka kunskapsläget kring alternativa metoder för förvaltningsmässig skörd gjordes inom DynamO en översyn av internationellt existerande skördetekniker för skörd av ostron, vi testade olika tekniker för bortrensning av ostron i fält, både i områden med låga och höga ostrontätheter, och vi sammanställde existerande information från tidigare genomförda rensningsaktiviteter.

Genom en litteraturstudie sammanställde vi information om vilka metoder som internationellt sett används för skörd av ostron och andra bivalver och om de miljöeffekter metoderna ger. Vi använde oss av både publicerad litteratur och av rapporter och andra källor samt information från ostronindustrin internationellt från tidigare genomförda studiebesök inom andra projekt. Majoriteten av detta material finns redovisat i Mortensen m.fl. (2019, 2020). Sammanfattningsvis kan konstateras att de huvudsakliga metoderna som används för skörd av ostron kan grupperas inom kategorierna handplockning (genom vadning eller dykning, inklusive olika typer av krattor och tänger), mekaniska metoder som skrapor och grävmaskiner, och hydrauliska metoder som suger upp sediment och organismerna som lever både på och i sedimentet och transporterar dessa upp till en uppsamlingsenhet. Exempel på hydrauliska metoder är ”elevator dredge” och ”suction/venturi dredge”. En sammanfattning av metoderna och deras för- och nackdelar finns i tabell 2.

Effekterna av fysisk störning av skörd kan delas in i störning av substrat, störning av epifauna (organismer som lever på botten) och störning av infauna (organismer som lever i sedimentet). Både vid skörd med mekaniska och hydrauliska metoder sker en direkt påverkan på substratet. Effekter inkluderar bland annat en ökad instabilitet av sedimentet, fysisk störning av sedimentet och skapandet av kvardröjande fysiska spår (10-30 cm djupa) samt utjämning av bottenstrukturer. Det första skrapet orsakar oftast störst påverkan jämfört med efterföljande drag och effekterna av skrapning är generellt sett kumulativa. All störning av sediment kan orsaka dödlighet av infauna och stora effekter på infauna har påvisats vid kommersiell skörd med mekaniska och hydrauliska skördemetoder (Coen 1995, Mercaldo-Allen och Goldberg 2011). Studier inkluderande olika typer av handhållna redskap visar dock på små effekter på infauna (Coen 1995).

Resuspension av sediment orsakat av mekaniska och hydrauliska skördemetoder kan leda till lokala effekter genom ökad turbiditet och sedimentation (Lenihan 1999, Shulte 2017). Lätta partiklar kan spridas till omkringliggande områden även om de primära effekterna är lokala (<40 m från störningen), och

ofta försvinner sedimentplymen inom några timmar (Mercaldo-Allen och Goldberg 2011). Vid resuspension av sediment kan också miljögifter som lagrats i sedimenten frigöras.

Vid skörd med mekaniska skördemetoder anses korttidseffekter på biologiska och ekologiska system utgöra den största utmaningen (Coen 1995). Återhämtningstiden efter en åtgärd varierar mellan lokaler, men generellt varierar tiden för full återhämtning vad gäller biodiversitet och biomassa från dagar till <1 år (Mercaldo-Allen och Goldberg 2011). De fysiska spåren efter mekanisk och hydraulisk skörd kan generellt ses under några månader (2-6), men det finns också situationer där fysiska spår av skörd försvunnit inom 24 h (Mercaldo-Allen och Goldberg 2011) eller varit kvar längre än 18 månader (Coen 1995). Infauna återhämtar sig generellt snabbare än epifauna, och kustnära ekosystem som ofta utsätts för variationer i abiotiska förhållanden, liksom mobila arter och arter med breda nischer samt opportunistar, är speciellt bra på att hantera störning. För mer detaljerad information rörande återhämtningstider för olika organismgrupper och ekosystem, se Mercaldo-Allen och Goldberg (2011).

Tabell 2. Sammanfattning av skörde- och bortrensningmetoder och deras för- och nackdelar.

Metod	Fördelar	Nackdelar	Övriga kommentarer
Manuell plockning (Handplockning, dykning, kratta, tång)	Skonsam och selektiv metod, kan hantera revbildning	Låg effektivitet. Tånger kan krossade ostron	
Mekanisk skrapa	Hög effektivitet (minskat manuellt arbete). Låg skada/dödlighet på ostronen.	Kraftig störning av sediment. Oselektiv och ospecifik. Ej lämplig för rev.	Ej tillåtet på grunda områden i Sverige
Övriga mekaniska metoder (sumpgrävmaskin)	Hög effektivitet. Låg skada/dödlighet på ostronen. Lämplig för rev. Specifik för målområdet.	Kraftig störning av sediment. Endast grunda miljöer. Oselektiv.	Kräver tillstånd för vattenverksamhet. Djupet ofta inte ett problem då rev finns grunt.
Hydraulisk skrapa	Hög effektivitet. Låg skada/dödlighet på ostronen.	Kraftig störning av sediment. Ej lämplig för rev. Endast grunda miljöer. Oselektiv.	Kräver tillstånd för vattenverksamhet?
Hydraulisk sug	Medel effektivitet. Låg skada/dödlighet på ostronen. Viss selektivitet.	Kraftig störning av sediment. Ej lämplig för rev eller stora ostron. Oselektiv.	Kräver tillstånd för vattenverksamhet?

Baserat på de olika metodernas påverkan på miljön och efter beaktande av de olika metodernas begränsningar och lämplighet i olika förhållanden konstaterade vi att hydrauliska metoder inte är lämpliga för skörd av vilda stillahavsostron baserat på ostronens storlek och växtsätt. Handplockning, mekanisk skrapa och sumpgrävmaskin valdes därför som metoder för utvärdering av skörde- och kostnadseffektivitet i fältstudier inom DynamO. Rensningsaktiviteterna genomfördes på hård, mjuk (sand/fint grus/lera) och blandad botten och i områden med ostrontätheter mellan 0,2 och 67,2 kg/m². Olika tekniker användes för olika tätheter och växtsätt. Handplockning testades både i låga tätheter och vid revbildning, ofta i samband med olika aktiviteter (till exempel vid undervisning, IAS möten, planerade rensningsaktiviteter m.m.), sumpgrävmaskin användes vid revbildning och skrapning vid klusterformationer. Försöken med sumpgrävmaskin (Figur 13) och skrapning

(Figur 14, Heß, 2024) genomfördes i samarbete med Hamn & Sjö (grävmaskin) och Göteborgs universitet (skrapa). Tre försök genomfördes med handplockning inom DynamO (vid Hallands väderö, Grebbestad och Getevik), och både skrapning och grävmaskin testades på två lokaler var. För att minska miljöeffekterna vid användning av sumpgrävmaskin användes siltgardiner, och vattnets ljusgenomsläpplighet mättes före, under och efter rensningen.



Figur 13. Skördeförsök av stillahavsostron med sumpgrävmaskin från pråm genomfört under DynamO-projektet.

Bild: Claire Roesch.

Totalt skördades drygt 20 ton ostron i försöken. Varken skrapning eller användande av sumpgrävmaskin orsakade några långsiktiga effekter på vattnets ljusgenomsläpplighet och påverkan på vattnets ljusgenomsläpplighet var mindre än de naturliga fluktuationerna på lokalerna före och efter skördeaktiviteterna. Visuella spår efter skörd med sumpgrävmaskin kunde dock fortfarande ses efter 6 månader. För mer information om aktiviteterna, se Heß (2024).



Figur 14. Skörde försök av stillahavsostrom med skrapa från båt genomfört under DynamO-projektet.

Bild: IVL

Det var tydligt efter att ha testat de olika metoderna att vid val av metod för bortrensning av ostrom måste hänsyn tas till platsförhållanden som till exempel ostronens invasionsstadium, täthet, substrat och djup. I områden där ostroninvasionen befinner sig i ett tidigt skede med låga tätheter kan manuell bortplockning genom vadning eller snorkling rekommenderas (Figur 15). Handplockning är lämplig för substrat man kan gå på och kan också genomföras om ostronen förekommer i låga tätheter på hårda bottenar, medan mjuka substrat kräver snorkling/dykning. Handplockning är begränsad till ca 1 m djup (vadning) eller ca 2-3 m djup (snorkling) medan dykare kan nå större djup. Krattning, handplockning genom vadning och snorkling/dykning är skonsamma metoder men effektiviteten av dessa metoder är låg jämfört med mekaniska metoder.

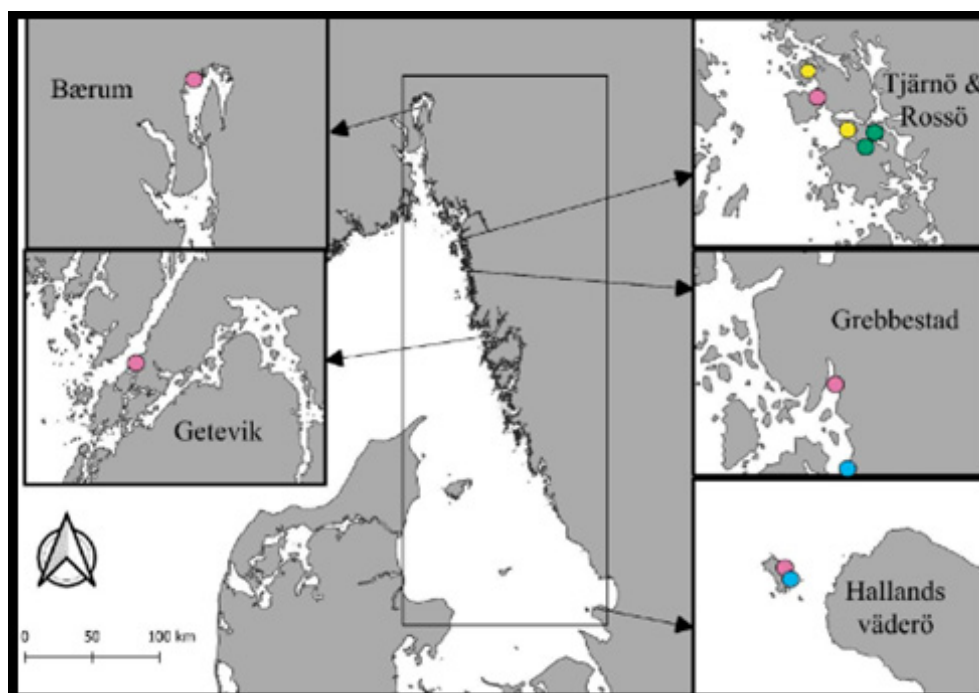


Figur 15. Manuell bortrensning av ostron på en lokal i norra Bohuslän under Naturvårdsverkets årsmöte för projekten om hantering av invasiva främmande arter.

Bild: Åsa Strand

Skrapning fungerade bra när ostronen växer i kluster och sumpgrävmaskinen fungerade bra på ostronrev (som oftast finns på mjukbotten) som är för stabila för skrapning. Mekaniska skördemetoder kan dock bara användas på mjuka bottnar medan handplockning/manuell destruktion av ostron är den enda testade metod som fungerar på alla substrattyp. Vattendjupet för skrapning behöver vara > 0,5 m (båt krävs) och omkring 0,5 m för grävning (pråm krävs, begränsas av skopans räckvidd).

Data från de aktiviteter som genomfördes inom DynamO kombinerades också med information från tidigare genomförda rensningsaktiviteter. Sammanlagt utvärderades totalt 29 rensningsaktiviteter: 20 lokaler med manuell plockning (vadning), 5 lokaler med manuell plockning (dykning och snorkling), 2 lokaler med skrapning, och 2 lokaler med sumpgrävmaskin (Heß, 2024, Figur 15).



Figur 16. Lokalisering av genomförda rensningsaktiviteter som analyserades inom DynamO projektet. Handplockning = lila, dykning och snorkling = blå, skrapning = gul, grävmaskin = grön.

Figur från Heß (2024).

Inkluderade rensningsaktiviteter genomfördes både i Sverige och Norge, som dugnad (frivilligt arbete av privatpersoner eller ideella organisationer) och som organiserade rensningsaktiviteter. I Norge används flera olika koncept för genomförande av manuella rensningsaktiviteter, bland annat frivilligt deltagande från allmänheten och ersättning till ideella organisationer.

Rensningsgraden på alla de rensade lokalerna varierade mellan 10 och 100%, med den största variationen inom manuell plockning genom vadning. Skillnaderna berodde framför allt på att olika mål med rensningen satts (rensningsmål vid forskning = 100%, rensningsmål vid dugnadsarbete = rensning av så mycket som möjligt inom ett bestämt tidsintervall). Oavsett teknik så påverkades effektiviteten (kg ostron/h, m² rensad yta/h) av ostronens täthet, fler kilo ostron kunde rensas bort per arbetstimme i högtäthetsområden samtidigt som det tog längre tid att rensa en bestämd yta vid högre ostrontätheter. Mekaniska rensningsmetoder (skrapning och sumpgrävmaskin) visade också en högre rensningseffektivitet än manuell plockning av stillahavsostron (gällde både vadning och dykning, men testades dock bara i högtäthetsområden (Heß, 2024).

Handplockning genom vadning var mer kostnadseffektivt jämfört med dykning, och kostnaden per kilo plockat ostron minskade med ökande ostrontäthet. På grund av för få replikat kunde kostnadseffektiviteten för sumpgrävmaskin och skrapning inte analyseras tillsammans med handplockning men den tillgängliga datan indikerar att både sumpgrävmaskin och skrapning kan vara mer kostnadseffektiva än handplockning (Heß 2024).

Den riskbedömning för expansion och påverkan av stillahavsostron som tidigare genomförts (Dolmer m.fl. 2014) visar att biogena rev (inhemska ostron och musselbankar) är habitat som både löper stor risk för att utsättas för en invasion och där konsekvenserna av en invasion kan bli allvarliga. Analysen i DynamO av tidigare insamlat data visade att det är både svårare och mer kostnadskrävande att rensa blandbankar än att rensa bankar med bara stillahavsostron, och idag saknas effektiva metoder för detta (Appendix 3, Nielsen m.fl. 2022, Strand m.fl. 2023, Heß 2024). Vid val av metod för rensning av skyddsvärda områden eller områden med skyddsvärda arter (som till exempel blåmusslor eller inhemska platta ostron) kan därför en lägre skörde- och kostnadseffektivitet behöva prioriteras jämfört med vid kommersiell skörd i utbyte mot en högre precision och/eller minskade miljöeffekter. Fler studier behövs för att fastställa hur snabbt och i vilken omfattning ekosystemen på rensade lokaler återgår till ursprungsläget före en ostroninvasion (Appendix 3).

Relaterat till kostnadseffektivitet av bortrensning så kan det konstateras att även om bortrensning av stillahavsostron genomförs så kan arten återkolonisera rensade lokaler snabbt, och ofta är antalet ostron lika högt som före rensningen bara ett år efter en rensningsaktivitet. Biomassan av ostronen kan dock fortsätta vara betydligt lägre på rensade lokaler flera år efter en rensningsaktivitet (Strand m.fl. 2023). Detta illustrerar behovet av regelbundna skötselåtgärder i områden som prioriterats för bortrensning av stillahavsostron, men kunskapen om återkoloniseringspotential efter rensningsåtgärder behöver utvecklas vidare för att rekommendationer om lämpliga rensningsintervall ska kunna ges (Appendix 3).

Slutligen bör de regleringsmässiga förutsättningarna för bortrensning av ostron nämnas. Om ostronen växer i ett enskilt vattenområde, det vill säga ett vattenområde som är privatägt och hör till en fastighet, inom 200 m från stranden, tillhör ostronen enligt svensk fiskelagstiftning markägaren. Processer pågår för att förändra detta, men i dagsläget krävs tillstånd från ägaren för att rensa bort eller skörda ostron i dessa områden. Det finns blandade åsikter om denna process som naturligtvis skulle förenkla förvaltning och öppna upp för en bredare kommersialisering av arten, men som samtidigt skapar utmaningar för de fastighetsägare eller aktörer som redan idag använder ostronen inom kommersiell verksamhet. I tillägg är skrapning av grunda kustmiljöer inte tillåtet enligt Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2004:36) om fiske i Skagerrak, Kattegatt och Östersjön. Dispens måste därför erhållas från Havs- och Vattenmyndigheten för genomförande av denna typ av åtgärd. På motsvarande sätt krävs tillstånd för vattenverksamhet från länsstyrelsen för genomförande av rensningsaktiviteter med sumpgrävmaskin.

5. Vad kan skördade ostron användas till?

Stillahavsostron konsumeras över hela världen och utgör en högkvalitativ livsmedelsprodukt. Ostronkött är rikt på mineraler (t.ex. koppar, järn och zink), omättade fettsyror och protein med många essentiella aminosyror (Wang m.fl. 2018). Faktum är att ostron är ett av de mest näringsrika akvatiska livsmedel som finns (Hallström m.fl. 2019). Dessutom har kalciumrika ostronskal (Ravi m.fl. 2021, Yoon m.fl. 2003) potential att ersätta andra kalciumbaserade produkter (Nyqvist 2022, Henriksson och Strand 2024, Roesch m.fl. 2025). Stillahavsostron utgör därför en ny resurs som öppnar upp för flera kommersiella möjligheter och påföljande positiva socioekonomiska effekter. Detta är lovande i relation till förvaltningsmässig skörd av arten då kommersiella intressen potentiellt skulle kunna bidra till implementering av bortrensningssåktioner av ostronen då detta är mycket kostnadskrävande och då stora mängder ostron fås vid genomförande av bortrensningssåktioner. Deponering av bortrensade ostron är både kostsamt och inte förenligt med principer om cirkularitet.

Trots ostronens kommersiella värde och etablerade marknad återstår betydande utmaningar för att förverkliga potentialen i att kombinera förvaltningsmässig skörd och kommersiella intressen. Ostron som fås från förvaltningsskörd varierar i storlek, form och kvalitet eftersom alla ostron skördas (Figur 17). Detta begränsar i dagsläget restaurangers efterfrågan på ostronen, vilket är den marknad kommersiell skörd främst riktar sig mot. Förvaltningsskörd måste även anpassas till områden där ostronen finns, vilket ofta är utanför produktionsområden för vattenbruk där livsmedelssäkerheten kan säkerställas genom Livsmedelsverkets kontrollprogram.

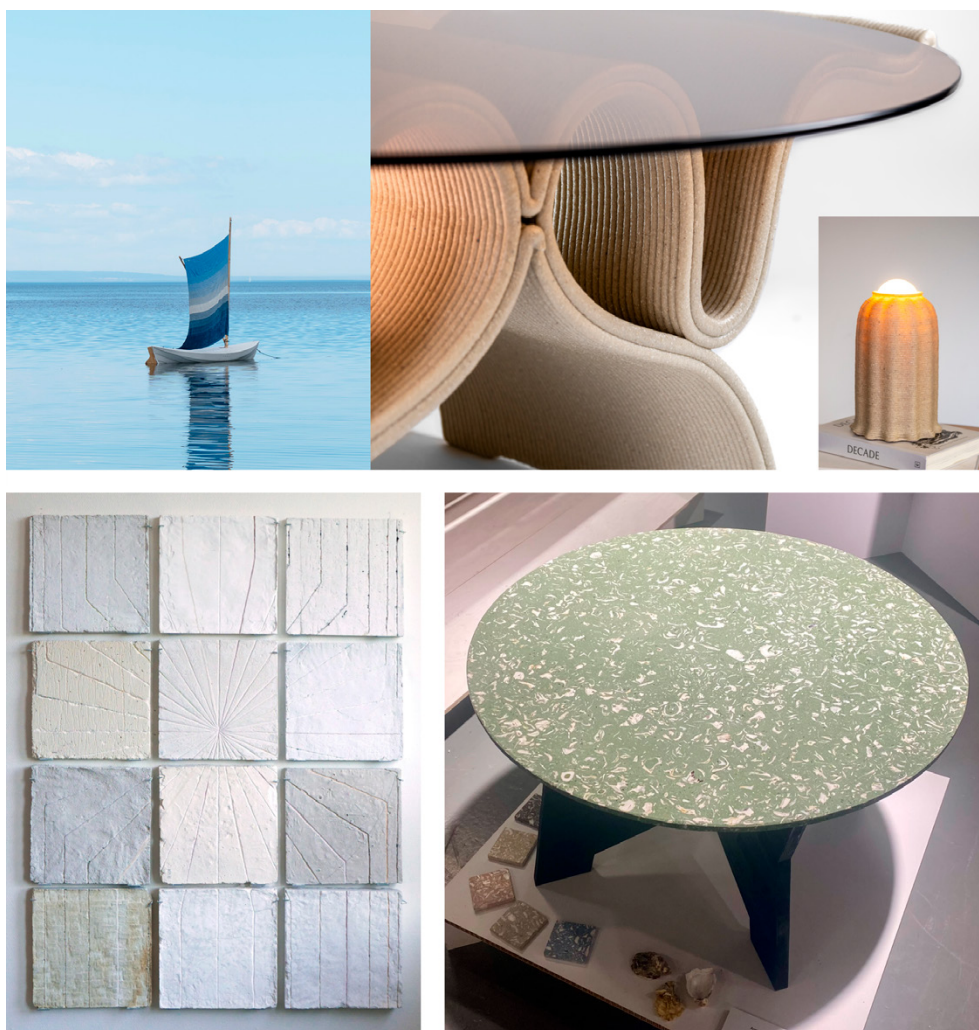


Figur 17. Olika ostronprodukter som fås vid skörd av vilda ostron. Stillahavsostron lämpliga för restauranger och konsumtion som så kallade "half-shells", det vill säga råa, öppnade ostron (till vänster, bild Åsa Strand), och stora, hopväxta ostron som fås vid förvaltningsskörd (till höger, bild Ane Timenes Laugen).

Som en del av DynamO utvärderades därför möjligheterna till ett ökat resursutnyttjande av förvaltningsskördade ostron, i linje med principerna för cirkulär ekonomi (Linder 2022, Nyqvist 2022, Roesch m.fl. 2025). Genom två strukturerade litteraturstudier och webbsökningar kartlades produktmöjligheter och marknadsområden för respektive kött och skal av ostron. Ostron som livsmedel exkluderades från studien för att öka fokuset på andra produkttyper. För att minska kunskapsluckorna om näringsinnehåll och föroreningsnivåer i vilda ostron i Sverige utfördes även kemiska analyser av ostronen inom DynamO. I tillägg genomfördes intervjuer med svenska företag som var intresserade av att använda ostronmaterial för att bedöma instegspotentialen av ostronprodukter på marknaden.

Inom den första litteraturstudien identifierades flera användningsområden för ostronskal inom design, byggmaterial, djurfoder, hållbarhetsapplikationer, jordbruk, miljöförbättring och biomedicinska applikationer. Existerande produkter var främst relaterade till design, såsom smycken, inredningsprodukter och konstprodukter gjorda av ostronskal. Ostronskal används också i dagsläget som kalkstensersättning i cement. Ostronskal kan även vara ett hållbart alternativ till plast i vådräcker eller andra klädesplagg. Svenska företag med kommersiellt intresse i ostronskal såg en hög potential att använda dem i designprodukter och som ersättning för kalksten (Linder 2022, Roesch m.fl. 2025). I enlighet med dessa resultat skapades kontakt mellan DynamO och flera olika designföretag som arbetat med att ta fram produkter baserat på ostronskal från genomförda rensningsåtgärder (se kapitel "Vad kan man göra åt ostronen?", Figur 18). Arbetet illustrerar mångfalden av produkter som kan skapas med ostronskal som en grund och visar på potentialen för nyttjandet av skal från rensningsaktiviteter.

Kalcium från ostronskal kan dessutom ha flera möjliga användningsområden inom livsmedelssektorn (Linder 2022, Roesch m.fl. 2025). Det fanns dock inte utrymme att utforska detta område närmare inom DynamO. Istället etablerades ett satellitprojekt finansierat av Blå mat centrat som ett spinn-off projekt från DynamO (Henriksson och Strand, 2024). Projektet visade att ostronskal (som huvudsakligen består av kalciumkarbonat, CaCO_3) har stor potential att användas som en kalciumkälla inom livsmedelsindustrin till exempel som livsmedelstillsats för berikning av barnmat, vegetabiliska mjölkprodukter och kosttillskott. Det finns det inga etablerade krav på kalciumtillsatsers ursprung, men tröskelvärden för innehåll av andra ämnen ska efterlevas. Generellt sett ser innehållet av andra ämnen i ostronskal bra ut relaterat till livsmedelslagstiftningen, men behöver utredas närmare beroende på vilken kemisk form (för tillsatser) som eftersträvas. Även om ostron är väl etablerade som livsmedel behöver också nya produkter av ostronskal eller kalcium från ostronskal utvärderas i relation till EU's Novel Foodslagstiftning (Henriksson och Strand, 2024).



Figur 18. Exempel på inredningsdesign och konstföremål innehållande skal av stillahavsostron utvecklade under DynamO. 3D printad vättersnipa skapad av Interesting Times Gang (ITG) i samarbete med konstnären Jenny Nordmark (överst till vänster), 3D printat bord och lampa skapad av ITG (överst till höger), en relief skapad av Elisa Hedin (nederst till vänster) och ett bord med Terrazzo innehållande ostronskal skapat av Anna Hörling.

Bilder: Jenny Nordmark, Elisa Hedin och Anna Hörling.

I den andra litteraturstudien identifierades flera möjliga användningsområden för ostronkött. Användning som funktionell mat (också kallad mervärdesmat) i form av kosttillskott dominerade men ytterligare tillämpningar i livsmedels- och biomedicinska områden påträffades också. Kosttillskott bestående av ostronkött marknadsfördes till exempel som att kunna öka sexuell lust och fungera som "anti-age", vilket stöds av studier som visat att intag av ostronpeptider ökade den sexuella aktiviteten (Zhang m.fl. 2019) och reducerar rynkbildning (Bang m.fl. 2020) hos möss. Bioaktiva ämnen i ostronkött har även dokumenterats kunna förbättra immunförsvaret (Guo m.fl. 2022), tarmhälsa (Ma m.fl. 2021) och sömn (Saito m.fl. 2017), samt potentiellt lindra fetma (Ma m.fl. 2022) och leversjukdomar (Zhu m.fl. 2023).

I studien identifierades också att köttet från förvaltningsskördade ostron som skördats utanför produktionsområden har stor användningspotential som proteinkälla inom foderproduktion, till exempel för höns, fisk och husdjur.

Näringsmässiga analyser visade att ostronkött generellt uppfyller näringskraven för både kyckling- och djurfoder. En begränsning var dock att halten arsenik översteg tillåtna nivåer för foder enligt EU-direktiv (Nyqvist 2022, Roesch m.fl. 2025). Arsenik finns dock i två olika former, en organisk- och en oorganisk form (Mania m. fl., 2015). Den organiska formen är generellt sett ofarlig, medan oorganiskt arsenik är giftig (Taylor m.fl., 2017). I tidigare studier av arsenik i odlade stillahavsostron i Mexico dominerade den organiska formen av arsenik (Bergés-Tiznado m.fl. 2012), vilket indikerar att halterna uppmätta i svenska stillahavsostron inte nödvändigtvis innebär ett problem för nyttjande i djurfoder. Detta bör dock utredas vidare.

Då det inom DynamO inte fanns utrymme att utforska ostronkött som livsmedel har olika frågor relaterat till detta område studerats i liknande spinn-off projekt som för skalanvändningen. Inom ytterligare ett satellitprojekt finansierat av Blå mat centrat visade Costa m.fl. (2023) att användandet av ostron som en ingrediens i lagad mat ökar konsumenternas villighet att smaka på, och uppskatta, ostron jämfört med om de erbjuds råa (Figur 19). Detta skapar möjligheter kopplat till användning av stora ostron och ostron som växer i kluster som skördas inom godkända produktionsområden för vattenbruk. I det tidigare nämnda satellitprojektet användes ostron skördade inom DynamO också för att testa framställning av ostronmjöl som kan integreras som en ingrediens i olika produkter. Testet visade på att metoden för ostronmjölframställning har stor potential men att visst utvecklingsarbete behövs för att optimera processen. Ostronmjölet bekräftades ha god näringsmässig status och uppfyllde alla kriterier för livsmedelssäkerhet. Studien visar ytterligare på potentialen att bredda användningen av ostronkött från förvaltningsmässig skörd (Henriksson och Strand 2024).

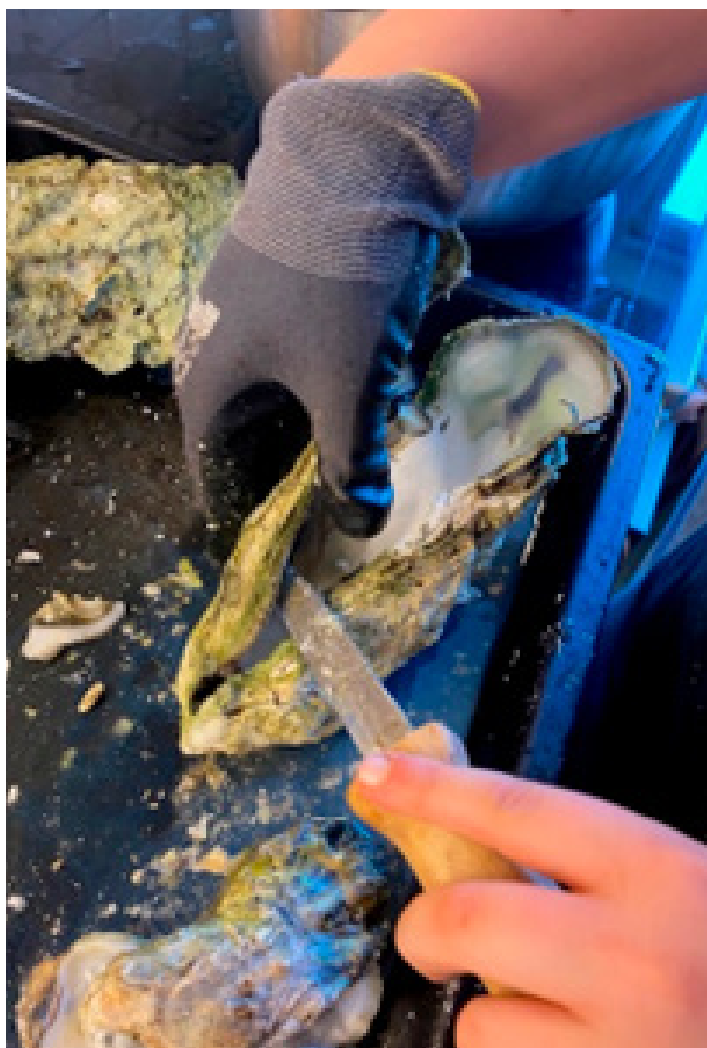


Figur 19. Ostronkött extraherat från stora och ihopväxta ostron kan användas som en ingrediens i olika maträtter.

Bild: Åsa Strand.

Något som framkom tydligt i båda de genomförda studierna inom DynamO och i samarbetet med designföretag var att för att kunna utnyttja de skördade ostronen till olika produkter måste skal och kött kunna separeras effektivt. I ett av de associerade satellitprojekten (Henriksson och Strand 2024, Nord 2024) utvärderades därför uppskalningsbara separationsmetoder för kött och skal. Studierna visade sammantaget att både värmebehandling genom kokning och kylbehandling genom frysning var lovande metoder för framtida uppskalning av kött och skalseparation även om alla tekniker uppvisade olika utmaningar (Nord 2024, Henriksson och Strand 2024, Figur 20). I Sverige finns idag flera olika uppskalningsmöjligheter för både värmebehandling, samt behandling med tryck och kyla, som behöver utvärderas vidare i ett nästa steg (Henriksson och Strand, 2024).

Sammanfattningsvis så finns det möjligheter för att kombinera kommersiella intressen med förvaltningsmässig skörd av ostron för att öka incitamenten för att utföra rensningsåtgärder och öka kostnadseffektiviteten för åtgärder mot arten. Vissa utmaningar och kunskapsluckor återstår dock, såsom hanteringskostnader och logistiska frågor (Appendix 3). Ytterligare forskning om hållbara processmetoder, regleringsmässiga förutsättningar för nya produkter och intensifierat samarbete mellan de nordiska länderna kan förbättra den ekonomiska lönsamheten och miljöfördelarna för kommersiellt nyttjande av ostronen.



Figur 20. Öppning av värmebehandlat ostron för separation av kött och skal.

Bild: Åsa Strand.

6. Vilka kostnader och nyttor påverkar valet av förvaltningsstrategi för ostronen?

Rensningsåtgärder är kostsamma, men skapar även nyttor. Både kostnader och nyttor bör ur ett samhällsekonomiskt perspektiv ges en bred inramning, i termer av att vara negativa respektive positiva konsekvenser av åtgärder. Åtgärder medför till exempel kostnader för rensningsarbetet, för negativa effekter på ekosystemet från rensningsåtgärder, och för eventuella ekosystemnyttor som går förlorade när ostronen tas bort. Åtgärders nyttor innefattar på motsvarande sätt positiva effekter av rensning (restaurering av påverkade miljöer), minskade kostnader relaterade till undviken skada på ekosystemtjänster som ostronen skulle ha lett till om de varit kvar, och eventuella värden av resursen om bortrensade ostron kan användas som resurs. För att kunna göra en avvägning om nyttorna med en åtgärd uppväger kostnaderna kan så kallade kostnadsnyttoanalyser göras.

Kostnader och nyttor av bortrensning och för effekter på ekosystemet av rensning

Det har inte funnits utrymme inom DynamO att göra en komplett kostnadsnyttoanalys relaterat till förvaltningsmässig skörd av stillahavsostron i Sverige, men olika komponenter av kostnader och nyttor har kunnat kvantifieras och vi har inom DynamO försökt sätta detta i kontext. Denna sammanställning kan användas som en utgångspunkt i en mer omfattande framtida kostnadsnyttoanalys.

Rensningsåtgärders kostnader och effekter utvärderades av Heß (2024) inom DynamO. Under försök med mekaniska skördemetoder (skrapning och grävning, se kapitel "Vad kan man göra åt ostronen?") avlägsnades totalt drygt 20 ton stillahavsostron på 57 personarbetstimmar. Rensningsgraden i analyserade aktiviteter varierade från ca 10 till 100%, där grävning var mest effektiv (ca 99% av ostronen togs bort). Grävning och skrapning visade också högre effektivitet än handplockning och dykning i både borttagna kilo ostron och rensad yta per arbetstimme. Vid högre ostrontäthet ökade effektiviteten för mekaniska metoder jämfört med manuella.

Kostnadseffektiviteten påverkades på motsvarande sätt. Medan kostnaderna per kilo skördade ostron minskade med ökande ostrontäthet, så ökade kostnaden per m² (Heß 2024). Samtidigt som kostnaderna per kilo bortrensade ostron är högre i lågtäthetsområden så är solitära ostron mer gångbara på den existerande marknaden än överdimensionerade ostron och klusterostron från högtäthetsområden (Marinho m.fl. 2022, Nielsen m.fl. 2022), vilket påverkar kostnadseffektiviteten om nyttjande av ostronen efter skörd beaktas.

Kostnadseffektiviteten av mekaniska metoder kunde i studien av Heß (2024) inte jämföras direkt med manuell plockning på grund av att metoderna utvärderats på ostronlokaler med olika tätheter, men en extrapolering av kostnaderna för manuell skörd genom vadning (inkl. arbetskostnader) indikerade att mekaniska metoder kan vara mer kostnadseffektiva än manuella. Vid mycket höga tätheter kunde grävning kosta så lite som 3 kr/kg bortrensade ostron, jämfört med uppskattade 11–38 kr/kg för handplockning. Handplockning var dock billigare än dykning vid alla tätheter. Kostnadseffektiviteten påverkades inte av substratet när handplockning utvärderades, men vid bortrensning av ostron i musselbankar ökade kostnaderna för handplockning avsevärt på grund av behovet av att separera musslor från ostron.

Viss miljöpåverkan, som begränsad och kortvarig uppgrumling av sediment, och kvarvarande spår i sedimentet efter rensning med grävmaskin, noterades, men effekterna var förhållandevis begränsade i både tid och rum och kan därmed anses inte orsaka några större negativa effekter på ekosystemet. De lokaler som användes inom DynamO försöken var dock utvalda med hänsyn till att inga känsliga arter skulle förekomma i området (till exempel andra bivalver eller ålgräs) eftersom försök med rensning av blandade bivalvbankar tidigare har påvisat negativa effekter av genomförda åtgärder framför allt på blåmusslor (Strand m.fl. 2023). I tillägg behöver återkoloniseringspotentialen av både ostron och naturlig fauna på rensade lokaler utredas vidare för att kostnader och nyttor till fullo ska kunna analyseras.

Kostnader och nyttor vid påverkan på ekosystemtjänster

När ostron skördas från en plats försvinner deras positiva såväl som negativa inverkan på ekosystemtjänster. Vår kartläggning av påverkan på ekosystemtjänster (kapitel ”Vilka effekter på miljö och samhälle har stillahavsostron?”) visar att det är mycket svårt att kvantifiera dessa nyttor och kostnader, eftersom ostronens effekter *in situ* i ekosystemet är mångfacetterade.

För att kunna kvantifiera och värdera effekter på ekosystemtjänster av förekomst av stillahavsostron, och motsvarande värdera effekterna av hanteringsåtgärder som förebygger eller avlägsnar förekomst, krävs platsspecifika studier. Två av de ekosystemtjänster som kan vara intressanta att studera, och som relativt lätt går att kvantifiera, är ostronens påverkan på näringsämnescykler och påverkan på rekreation.

Stillahavsostron innehåller ca 1 kg fosfor respektive 6 kg kväve per ton torrsubstans av ostron (Sinha m.fl. 2022). Uptag av kväve respektive fosfor via rensning av stillahavsostron innebär därmed ett upptag av näringsämnen vilket kan minska övergödningseffekter i havet. Värdet av detta upptag kan värderas till ca 30–130 kr per kg kväve respektive 0–1900 kr per kg fosfor (3–12 resp. 0–172 Eur per kg; Hasselström m.fl. 2020). Det stora intervallet för fosfor är till följd av en osäkerhet och stor platsspecificitet vad gäller fosfors övergödningseffekt.

För rekreation har värdet av en rekreationsdag vid havet i Sverige skattats till ca 1 100 kr per resa (98 Euro; Czajkowski m.fl. 2015), och motsvarande förlust skulle kunna tänkas i ett fall då ostronförekomst förhindrar bad eller båtliv.

I tillägg visar studierna av möjliga användningsområden för stillahavsostron (se kapitel ”Vad kan skördade ostron användas till?”) också på möjliga nyttor av skördade ostron ur ett socioekonomiskt perspektiv relaterat till försörjande tjänster.

I en samhällsekonomisk analys av rensningsåtgärder ställs åtgärdernas kostnader och nyttor i förhållande till ett alternativ då ingen åtgärd sker. Det kan noteras att även om åtgärdernas effekt i populations- och spridningsbegränsning i vissa fall kan vara marginella (vilket skulle kunna vara fallet i sena invasionsstadier) så kan de lokala nyttorna, kopplat till ovannämnda ekosystemtjänster, med att ta bort ostron ändå vara betydande i sig. Ovanstående resonemang samt det generella kunskapsläget om olika kostnader och nyttor sammanfattas i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanfattning av kunskapsläget kring kostnader och nyttor för åtgärder mot stillahavsostron.

Kostnader	Kunskapsläge	Nyttor	Kunskapsläge
Rensningsarbete	Kvantifierat inom DynamO. Ytterligare replikat av rensningsförsök kan stärka kunskapen.	Restaurering av naturliga miljöer	Saknas kunskap om återkolonisering av naturlig fauna efter rensning.
Negativa effekter av rensning	Studerat i DynamO, kortvariga effekter dokumenterade.	Undviken skada på ekosystemtjänster	Studerat i DynamO, viss kunskap om påverkan på rekreation men omfattning behöver kvantifieras. Svårt att kvantifiera och värdera ekologisk påverkan.
Förlorade ekosystemtjänster	Kvantifierbart för filtrering och biodiversitet. Vissa ekosystemtjänster kan värderas monetärt, t.ex. filtrering, med hjälp av litteratordata.	Ökning av försörjande tjänster	Kan stärkas genom exempel på värdekedjor.

7. Hur kan en förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige se ut?

Det är generellt svårt och kostsamt, och sällan framgångsrikt, att genomföra åtgärder mot invasiva marina arter. Det är alltid bäst att förhindra en invasion från första början, varefter utrotning och minskad spridning bör prioriteras i nyligen invaderade områden. I områden där en invasiv art etablerat sig och populationen ökar är det lite som kan göras förutom begränsning av ytterligare spridning och minimering av negativa effekter (Geburzi och McCarthy, 2018).

Som beskrivet i föregående kapitel är bilden dock inte riktigt så enkel då miljömässiga och samhällsekonomiska kostnader och nyttor som uppstår vid bortrensning av ostron är mycket komplexa och påverkas av både invasionsstadie och plats, både vad gäller typer och storlek av kostnader och nyttor. Till exempel ökar kostnader för åtgärder med tiden sedan etablering – det är billigare att göra tidiga åtgärder när en invasiv art inte hunnit etablera sig i stora antal eller över stora geografiska områden, men samtidigt är kostnaden i form av negativa effekter (men också nyttan av positiva effekter) större senare i invasionsstadiet när ostronpopulationerna ökat i förekomst och täthet. Ett annat exempel är att nyttan av bortrensning varierar mellan områden och kan vara tydligast på platser där ostronen är visuellt påträngande och stör mänskliga aktiviteter – till exempel vid badstränder även om förekomsten av ostronen är relativt låg, men kan också vara tydlig där ostronen förekommer i höga tätheter som i marinor i södra Sverige eller i revbildningar i Bohuslän där stora ekologiska effekter fås och där ostronen kan fungera som en reservoar för ytterligare spridning.

En förvaltningsmodell som leder till en bra avvägning mellan åtgärders kostnader och nyttor behöver därför väga in fyra huvudsakliga komponenter. Dessa utgörs av: 1) kunskap om en arts invasionsstadium, 2) specifika förvaltningsmål som skiljer sig åt mellan olika platser och invasionsstadier, 3) kunskap om påverkan på ekosystemtjänster (inklusive på mänskliga aktiviteter, se Kapitel ”Vilka effekter har stillahavsostron på miljö och samhälle”), och 4) kunskap om möjliga åtgärdsalternativ (se Kapitel ”Vad kan man göra åt ostronen”). Då en invasiv arts etablering också utvecklas över tid och kan påverkas av genomförda åtgärder behövs en förvaltningsmodell som är dynamisk och platsspecifik med förvaltningsmål och åtgärder som anpassas löpande till utvecklingen av ostronpopulationen på en viss plats.

Stillahavsostronens invasionsstadier i Sverige

Som ett steg i att ta fram det kunskapsunderlag som behövs för utveckling av en dynamisk förvaltningsmodell för stillahavsostron i Sverige har vi inom DynamO arbetat med att ta fram en modell för bedömning av ostronens invasionsstadier längs med den svenska västkusten. Vi har också implementerat och utvärderat

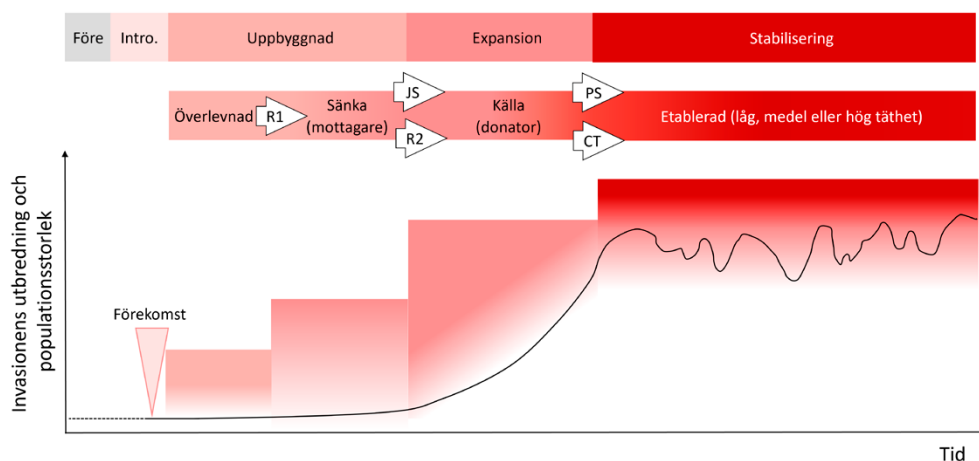
modellen och etablerat kunskap om nuläget i Sverige och på så sätt skapat en baseline för bedömning av ostronens invasionsstadium mot vilken invasionens utveckling över tid kan jämföras.

Modellen baseras på den generella modellen för etablering av invasiva arter över tid i ett nytt område som inkluderar tre olika stadier efter introduktion av arten: en uppbyggnadsfas under vilken arten förekommer i låga tätheter och ökar långsamt i antal och utbredning, en expansionsfas under vilken populationen ökar kraftigt, och en stabiliseringsfas under vilken arten kommer i jämvikt med sin omgivning (Geburzi och McCarthy, 2018, Figur 21). Ett antal kriterier har identifierats inom DynamO baserat på en genomgång av litteratur där modellen tillämpas för att beskriva övergången från en fas till en annan (Le Gall, 2022, Figur 22).

Dessa inkluderar:

- extern rekrytering observerad (förutsättningar för lokal förökning ej uppfyllda baserat på abiotiska förhållanden men rekryter observerade, R1)
- överlevnad av juveniler möjlig (baserat på abiotiska förhållanden, JS)
- lokal rekrytering sannolik (förutsättningar för lokal förökning uppfyllda och rekryter observerade, R2)
- populationsstruktur (för stillahavsostrom: solitära ostron, ostron i kluster, revformation, PS)
- förändring av populationsstruktur över tid (CT).

Genom dessa kriterier kan progressionen av en invasion från enbart överlevnad (individer som etablerat sig överlever men förökar sig inte och inga nya individer tillkommer utifrån) via mottagarpopulationer (nya individer tillkommer utifrån men ingen lokal förökning sker) och källpopulationer (lokal rekrytering sker och rekryter sprids till nya områden samt bidrar till en populationsökning), till fullt etablerade populationer bedömas (Figur 21).



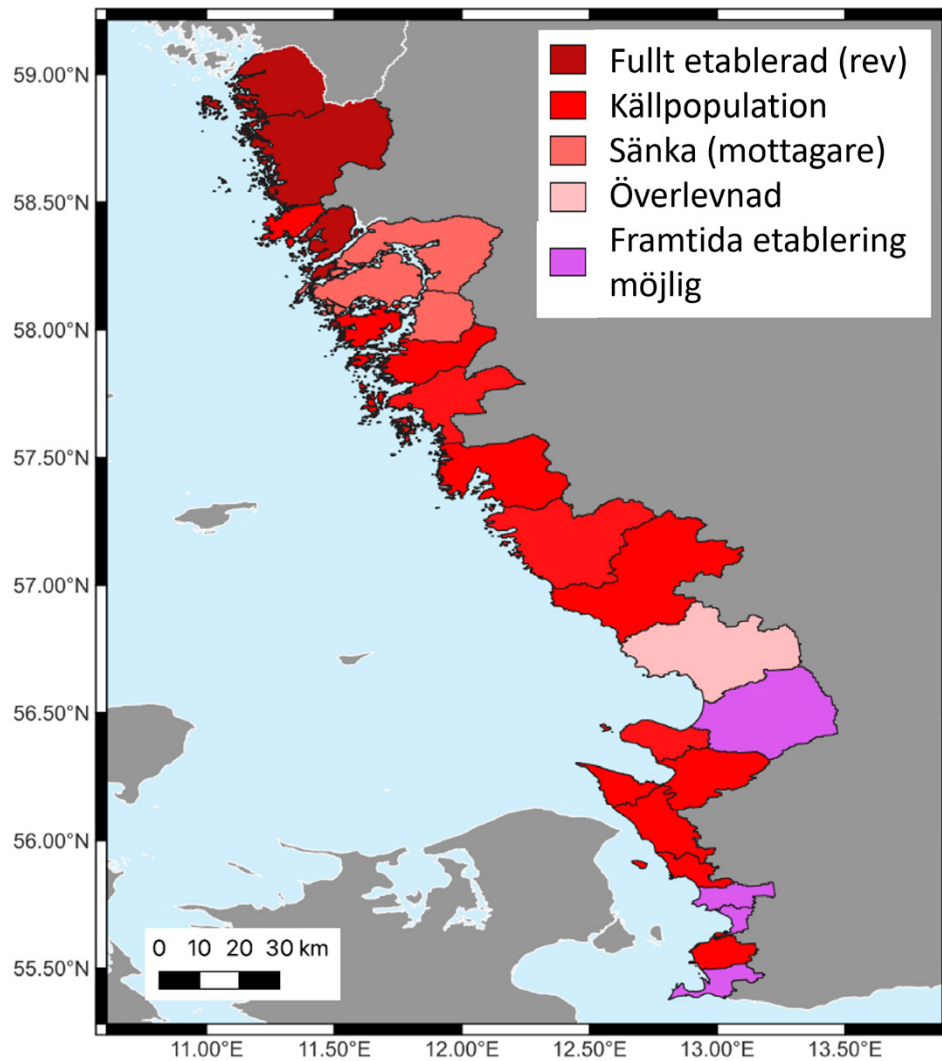
Figur 21. Illustration av den generella modellen för hur en invasion sker över tid samt de framtagna kriterierna för att bedöma övergång från en fas till nästa. R1: rekrytering observerad (förutsättningar för lokal reproduktion ej uppfyllda), JS: överlevnad av juveniler möjlig, R2: rekrytering sannolik (förutsättningar för lokal förökning uppfyllda), PS: populationsstruktur, CT: förändring av populationsstruktur över tid. Modifierad från Geburzi och McCarthy (2018) och Le Gall (2022).

Inom DynamO användes denna modell sedan för att kartlägga i vilket invasionsstadium stillahavsostronen i olika kommuner längs med svenska västkusten befann sig i (Martini 2023, Roesch 2023, appendix 1). Detta gjordes genom fältbesök på tre lokaler per kommun längs med svenska västkusten mellan Strömstad och Malmö, sammanställning och analys av storleksdata insamlat både inom den genomförda fältstudien och inom inventeringarna genomförda för att analysera ostronens populationsstorlek och habitatpreferenser (se kapitel "Var kan man hitta ostronen och hur många finns det?"), och analys av temperatur och salthaltsdata från en satellitdatabas (Copernicus). Notera dock att det sista stadiet, etablerad, enbart kunde fastställas i de fall revbildning av ostron observerades om inte övervakning av populationer med solitära ostron och klusterostron genomförts för att avgöra om populationsstrukturen förändrats över tid (vilket är ett tecken på att populationen fortfarande är i expansionsfasen) eller stabiliserats (vilket indikerar att populationen är i stabiliseringsfasen och är fullt etablerad). Analysen uppdaterades efter Martini (2023) och Roesch (2023), baserat på nytt data för delar av kusten efter inventeringar genomförda inom DynamO 2023.

Hur långt ostronen har kommit i sitt invasionsstadium i Sverige varierar från fullt etablerad i norra Bohuslän, till lägre tätheter söder om Varberg ner till Malmö, som är den nuvarande sydligaste utbredningsgränsen, och icke-invaderade miljöer söder om Malmö (Roesch 2023, Figur 22). Uddevalla, Orust och Stenungsund klassificerades som sänk-kommuner då medelvintertemperaturen under de kallaste sju veckorna underskred gränsvärdet för överlevnad av ostronyngel och kriteriet för rekrytering därmed inte möttes. Med rådande klimatförändringar beräknas vinteröverlevnad dock vara av mindre relevans i framtida analyser. Halmstad klassades som överlevnad då inga rekryter observerades. Laholm, Kävlinge, Lomma, och Vellinge klassades som framtida etablering möjlig då inga ostron påträffades men de abiotiska förhållandena medger rekrytering. Den utvecklade populationsmodellen (kapitel "Var kan man hitta ostron och hur många finns det") visar ett liknande mönster som den framtagna invasionsstadiemodellen.

Baserat på populationsmodelleringen och relaterat till invasionsmodellen kan områdena söder om Malmö som fortfarande är fria från ostron klassas som "före invasion", området mellan Malmö och Varberg kan klassas som uppbyggnadsfas med låga förekomster av ostron, området mellan Varberg och Göteborg kan klassas som expansionsfas och området norr om Göteborg till Strömstad kan klassas som fullt etablerade förekomster av ostron (Le Gall 2022, Martini 2023, Roesch 2023, Hedensjö 2024, Figur 22).

I tillägg till detta observerades i populationsmodelleringen (se kapitel "Var kan man hitta stillahavsostron och hur många finns det") ett antal högtäthetsområden med stillahavsostron som var sporadiskt fördelade längst med den svenska västkusten. Det stärker behovet av anpassning av förvaltningsåtgärder till olika tätheter och invasionszoner på lokal eller kommunal nivå.



Figur 22. Invasionsstadium för stillahavsostron i Sverige analyserat med den framtagna modellen i DynamO (Le Gall 2022). Lila områden visar kommuner där abiotiska förhållanden medger etablering men där inga ostron ännu observerats. Blekrosa områden visar kommuner där ostron påträffats men ingen rekrytering observerats (överlevnad). Blekröda områden visar kommuner där ostron och nyrekryter påträffats men förutsättningarna för reproduktion inte uppfylls (sänka – mottagarpopulationer). Klarröda områden visar kommuner där ostron och nyrekryter observerats och förutsättningarna för lokal reproduktion uppfylls (källpopulationer). Slutligen visar mörkröda områden kommuner där revbildning observerats, det vill säga den populationsstruktur som visar på att ostronen är fullt etablerade. För att avgöra om källpopulationer är fullt etablerade eller inte krävs övervakning över tid för att följa populationsutvecklingen. Figuren är uppdaterad och modifierad från Roesch (2023).

Förvaltning i olika invasionsstadier

För att bidra till det kunskapsunderlag som behövs för utveckling av en dynamisk förvaltningsmodell för stillahavsostron i Sverige har vi inom DynamO arbetat med att också analysera vilka förvaltningsmål och aktiviteter som kan vara relevanta inom olika invasionsstadier. Förvaltningsmål och metoder för olika invasionsstadier kartlades inom DynamO projektet av Palmqvist (2023) genom en strukturerad litteraturstudie. Totalt identifierades sju överordnade förvaltningsmål, tio delmål, och 25 möjliga förvaltningsaktiviteter. Dessa kombinerades i ett ramverk baserat på den invasionsmodell som tagits fram inom DynamO (se kapitel "Stillahavsostronens invasionsstadier i Sverige").

I enlighet med den generella strategin för hantering av invasiva arter visade sammanställningen att ett samhällsekonomiskt effektivt förslag till förvaltningsstrategi för stillahavsostron är övervakning och tidiga insatser för utrotning i områden där ostronen inte förekommer eller finns i låga tätheter kombinerat med begränsning av spridning och begränsning av skadekostnader där eliminering inte är möjligt (Geburzi och McCarthy 2018, Palmqvist 2023). Detta kan till exempel ske genom att antalet ostron i området minskas genom bortrensning och skörd av ostron. Genom att fokusera på högtäthetslokaler kan relativt stor effekt fås på den totala populationen av ostron (Hedensjö m.fl. 2024). Detta konkretiseras vidare i kapitlet "Förslag på förvaltningsstrategi" nedan. Observera att återkolonisering kan ske på lokaler där ostronen rensats bort och att åtgärder kan behöva upprepas över tid.

Analysen visade också att eftersom ostronens invasionsstadium varierar, och kan förändra sig över tid, finns det också ett behov av en dynamisk och adaptiv förvaltningsstrategi med olika förvaltningsmål som kan anpassas till förändrade förhållanden i tid och rum i olika delar av landet (Maxwell m.fl. 2015, Palmqvist 2023). Faktorer att väga in i en sådan modell är platsspecifika förutsättningar för vidare spridning av ostronen, påverkan på andra arter, och påverkan på mänskliga aktiviteter. Förutsättningar för att lyckas med denna typ av förvaltningsstrategi är därmed kontinuerlig övervakning, god lokal kännedom, och utveckling av åtgärder med olika aktörsgrupper.

Slutligen konstaterades också att de samhällsekonomiska kostnaderna av åtgärder kan minskas om ostronens värde som bioresurs används, vilket visar på värdet av utveckling av olika finansieringsmodeller för bortrensning eller skörd och hantering av ostron. Även om mekaniska metoder som grävning och skrapning observerats vara kostnadseffektiva metoder för att rensa bort ostron i höga tätheter på mjukbotten, och handplockning var lämpligt för lägre tätheter och blanda substrat i studier inom DynamO, så var dock kostnaderna för bortrensning fortfarande höga oavsett vilken metod som användes. Detta visar på vikten av att utnyttja de skördade ostronen till kommersiella produkter för att öka incitamenten för att utföra rensningsåtgärder och öka kostnadseffektiviteten för åtgärderna.

Förslag på förvaltningsstrategi

Slutligen har vi inom DynamO syntetiserat alla resultat från de genomförda studierna och har tagit fram ett förslag på en förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige. Strategin inkluderar flera olika aspekter, till exempel geografisk skala, engagemang från aktörer på olika nivåer, behov och förekomst av innovativa förvaltningsmetoder och finansieringslösningar.

Ostronens invasionsstadium (och därmed populationsstorlek och utbredning) varierar till exempel på flera olika geografiska skalor. Exempel på förvaltningsområden kan med andra ord vara allt från hela svenska västkusten med avsaknad av ostron söder om Malmö till fullt etablerade populationer i norr vid Strömstad (Figur 22), till län där Västra Götaland har kommit längre i invasionsprocessen än Halland, som i sin tur kommit längre än Skåne (Figur 5 och 22), till kommuner där vissa kommuner har fullt etablerade ostronpopulationer eller källpopulationer medan andra, kanske till och med närliggande kommuner, har populationer på överlevnadsnivå eller till och med inga ostron alls (Figur 22), till lokal nivå där ostronen har direkt påverkan på olika samhällsgrupper.

Samtidigt som ett lokalt och kommunalt perspektiv är viktigt för att minska direkt påverkan på olika aktörer och naturvärden, är det mer storskaliga perspektivet viktigt för att hantera arten på nationell nivå, och även på internationell nivå då havsströmmar kan transportera ostronlarver mellan Danmark, Sverige och Norge. Kommunalt och regionalt (län) engagemang har under DynamO konstaterats vara av stor vikt genom dessa aktörers omfattande lokala kunskap och också baserat på att kommunerna är relativt stora markägare som därmed kan bevilja tillgång till ostronen för åtgärder. Inom DynamO har flera olika länsstyrelser uppvisat stort engagemang för frågan och har också tagit egna initiativ kopplat mot förvaltning av arten, medan kommuner har uppvisat intresse genom att de deltagit på möten och bidragit med information till olika studier men de har inte haft möjlighet att ta några omfattande initiativ till aktiviteter. Båda aktörsgrupperna påtalar också att brist på medel för förvaltningsåtgärder begränsar deras möjlighet till engagemang även om de gärna vill bidra (Roesch 2023).

Ett positivt exempel på att kunskapen inom DynamO och de nätverk som utvecklats börjar komma till direkt tillämpning är att Göteborgs stad aktivt börjat fundera på genomförandet av åtgärder mot ostron på badstränder och genom kontakter med Länsstyrelsen i Västra Götaland och DynamOs projektgrupp genom IVL fått stöd och tips på hur detta kan genomföras. I samband med detta diskuteras också att deras nuvarande praxis med att ta upp badbryggorna på vintrarna var ett bra exempel på hur kommuner kan arbeta proaktivt för att minska risken för utökad etablering av ostron på just badstränder då ostronen gärna sätter sig på bryggor. Detta lyfter både behovet av, och framgången med, samverkan mellan myndigheter och aktörer på olika nivåer för att få till stånd en aktiv och konstruktiv förvaltning.

Två andra lovande perspektiv för att uppnå en effektiv förvaltning och som diskuterats inom DynamO är kombinationen av kommersiella aktiviteter och förvaltning, samt utveckling av privat och ideellt engagemang för bortrensning av ostron på motsvarande sätt som görs i Norge (se Heß 2024). Det skulle till exempel gå att villkora odlingstillstånd för triploida, sterila stillahavsostron med skörd av vilda bestånd, även om en mer lågt hängande frukt är att bevilja fiskelicenser för

skörd av vilda stillahavsostron och i ett samarbete mellan statliga och kommunala aktörer identifiera områden där insatser behövs och där tillgången på ostron kan säkerställas då aktörerna själva är markägare. Detta samarbete bör också inkludera Livsmedelsverket för att i största möjliga mån säkerställa att skördade ostron kan gå till konsumtion. I Norge bygger aktiviteterna på ”dugnad”, fritt översatt till frivilligt deltagande i olika aktiviteter lite liknande frivillig strandstädning i Sverige, och på ersättning till ideella organisationer som genomför bortrensning av ostron i områden utpekade av norska myndigheter. I Sverige skulle liknande initiativ kunna genomföras och skulle kunna gynnas av samarbete med organisationer som har erfarenhet av strandstädning som Väst kuststiftelsen och Strandstädarna. Det kan också finnas möjlighet för kommuner eller andra aktörer att söka finansiering från olika källor för att kunna ersätta ideella föreningar för genomförda bortrensningsaktiviteter om inte regionala eller statliga medel kan allokera till detta.

Båda dessa alternativ medger en aktiv förvaltning av arten baserat på en relativt liten insats. Det kan dock konstateras att detta inte kommer att vara nog. Framför allt i områden där stillahavsostronet ännu inte etablerat sig behöver regelbunden övervakning och snabba åtgärder genomföras, något som är svårt att uppnå baserat på allmänhetens engagemang och ideella krafter. På motsvarande sätt bör finansiering finnas tillgängligt för omgående åtgärder om en expansion av arten till tidigare okoloniserade områden upptäcks. Parallellt med detta behövs proaktiva och långsiktiga åtgärder för att minska förekomsten av ostron i områden som kan bidra till en ökad spridning söderut mot Östersjön och som kan bidra till en ökad risk för lokal adaptation av ostronen.

För att uppnå detta krävs ett ramverk som baseras på ett holistiskt och adaptivt perspektiv där en överordnad förvaltning på nationell nivå med generella förvaltningsmål (som till exempel tidig upptäckt, tidiga åtgärder) kopplas till lokala behov baserade på direkt påverkan av ostronen (påverkan på ekosystemtjänster) och möjlighet att åtgärda problem (tillgång till ostronen, lokala miljöförhållanden, tillgängliga tekniker) samt en gemensam prioritering av vilken påverkan som ska åtgärdas i vilken kontext.

På grund av denna komplexitet har vi valt att exemplifiera hur en nationell förvaltningsstrategi med rekommendationer för att minska vidare spridning av arten kombinerat med en lokal förvaltningsstrategi för att underlätta åtgärder på lokal nivå skulle kunna se ut. Vi vill vara tydliga med att detta är enbart exempel på hur modeller kan se ut, och att förvaltande myndigheter i slutändan avgör hur en förvaltning av arten bör utformas.

Nationell förvaltningsstrategi

Baserat på ovanstående resonemang och den kunskap om stillahavsostronen som producerats inom DynamO projektet föreslår vi följande komponenter i en förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige.

1. En dynamisk och adaptiv förvaltning med specifika förvaltningsmål och förvaltningsstrategier för olika invasionsstadier längs kusten bör implementeras i Sverige. Detta innebär att olika åtgärder bör implementeras i olika

områden och att förvaltningsmål och strategier bör uppdateras regelbundet allt eftersom ny information om ostronens utbredning och invasionsstadier framkommer. Genom studierna i DynamO kan vi till exempel konstatera att det vore lämpligt att rensa bort ostron:

- på badstränder för att minska påverkan på rekreation (Heß, 2024)
- i marinor, på hårt substrat (föredragna habitat) och där ostronen förekommer i höga tätheter (som Hallands Väderö) i området Varberg-Malmö för att minska risken för vidare spridning söderut (Hedensjö, 2024)
- i revbildningar i hela utbredningsområdet för att minska den totala populationsstorleken (Hedensjö m.fl. 2024)
- i hotspotområden i hela utbredningsområdet för att minska den totala populationsstorleken (se kapitel ”Var kan man hitta stillahavsostren”)

I analysen av prioriterade åtgärdsområden bör risken för spridning av ostron internationellt, till exempel till Norge, inkluderas.

2. För att uppnå en effektiv förvaltning krävs inkludering och aktivt deltagande av olika intressentgrupper vid kartläggning och övervakning av ostron samt vid utveckling och implementering av förvaltningsalternativ.

Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten har redan idag tillgängliggjort information om hur man som privatperson kan bidra till att minska spridningen av invasiva arter på sina hemsidor (se t.ex. Tips för dig som privatperson), och initiativ som ”I fel natur” bidrar till att öka allmänhetens kännedom om invasiva arter. Informationsspridning kan kompletteras med engagemang av ideella föreningar och allmänhet i olika åtgärdskampanjer likande strandstädardagar, och satsningar på projekt och/eller kreativa finansieringslösningar liknande de som används i Norge för genomförande av rensningsaktiviteter, kombination av kommersiell skörd och förvaltning, samt utveckling av nyttjandeanternativ av förvaltnings-skördade ostron. Tillgång till ostron bör säkerställas genom att öppna upp för bortrensning av ostron på all icke privat mark (dvs statlig och kommunal).

Exempel på förvaltningsmål och åtgärder för olika zoner ges i tabell 4. En fullskalig prioritering av miljöer och/eller effekter måste dock ske på myndighetsnivå, varför kolumnen ”Åtgärda” i tabell 2 endast ska ses som projektgruppens förslag som kan komma att ändras, utvecklas eller tas bort. I väntan på en sådan prioritering kan dock förvaltningen av ostronen inledas baserat på förslagen, som sedan revideras på ett iterativt sätt.

Lämpliga metoder för bortrensning är handplockning i lågtäthetsområden och storskaliga metoder i högtäthetsområden. Initiering av medborgaraktiviteter och ersättning till ideella organisationer kan bidra till både övervakning och bortrensning av ostron. För rev och i högtäthetsområden kan kommersiell skörd bidra till att minska ostronförekomsten. Det är viktigt att ta hänsyn till samförekomsten med blåmusslor och platta ostron under rensningsaktiviteter för att undvika att åtgärderna påverkar de inhemska arterna negativt. Till exempel så kan kontrollerad handplockning föredras över mekaniska rensningsalternativ i vissa miljöer för att undvika bifångst av de inhemska bivalverna.

Tabell 4. Exempel på upplägg av en nationell förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige. NA=not applicable (ej tillämpligt).

Invasionszon	Förvaltningsmål	Åtgärda inte	Åtgärda	Förvaltningsaktiviteter och metoder
Stabiliserings- och expansionszon (Strömstad-Varberg)	Minska skada och minska populationsstorlek	- Solitära och klusterostron - Ostron på Hårdbotten	- Rev på mjukbotten - Ostron på badstränder	- Prioritering av effekter och miljöer - Bortrensning i prioriterade miljöer - Kommersiell skörd och nyttjande - Ideella organisationer och medborgaraktiviteter
Uppbyggnadszon (Varberg-Malmö)	Utrota ostron (överlevnadszon, Figur 22)	NA	Alla ostron	- Utrota ostron i prioriterade miljöer - Utrota ostron i hotspotområden - Övervakning
	Minska populationsstorleken	Enstaka ostron på hårdbotten	Höga tätheter av ostron	- Ideella organisationer och medborgaraktiviteter (kartläggning, rensning)
Ej invaderade områden (söder om Malmö)	Förebygg etablering	NA	Alla ostron	- Agera i uppbyggnadszonen - Övervakning av föredragna habitat
	Möjliggör tidiga insatser	NA		- Övervakning av inflöde i Östersjön (Flinten 7) - Handlingsplan

3. Det gränsöverskridande samarbetet mellan Sverige, Norge och Danmark bör intensifieras för att fastställa gemensamma förvaltningsstrategier och uppnå en effektiv förvaltning av ostronbestånden. I Danmark, Sverige och Norge är stillahavsostronen en relativt nyetablerad art. Regleringsmässigt finns liknande frågeställningar och arten sprider sig över nationsgränserna genom oceanografisk transport. Förvaltningen av arten i ett land påverkar med andra ord förvaltningen i de andra länderna, och det är viktigt att förvaltningen samordnas över gränserna så att aktiviteter genomförda i ett område inte omintetgörs för att åtgärder inte genomförs i ett annat område. Det finns redan idag ett utbyte av information mellan länderna och inom forskningsvärlden jobbar alla tre länderna med liknande frågeställningar, men förvaltningsarbetet är inte samordnat. Förvaltningen skulle gynnas av återetableringen av ett internationellt nätverk liknande det som drivits tidigare (SNOK - Scandinavian Network for Oyster Knowledge)

Expansionszon och stabiliseringszon

4. I områden där ostronen expanderar eller är fullt etablerade bör en prioritering av de mest betydande negativa effekterna som bör åtgärdas och vilka positiva effekter som ska utnyttjas göras för att underlätta valet av plats för förvaltningsåtgärder. Detta kan till exempel inkludera grunda sund som lätt växer igen eller särskilt skyddsvärda habitat och områden som används frekvent för rekreation som badstränder.

5. I områden där ostronen expanderar eller är fullt etablerade bör bortrensning av ostron inledas för att minska populationsstorleken och minska ostronens negativa ekologiska effekter och spridning till Norge. För störst effekt bör lokaler med revbildning och hotspot-områden prioriteras.

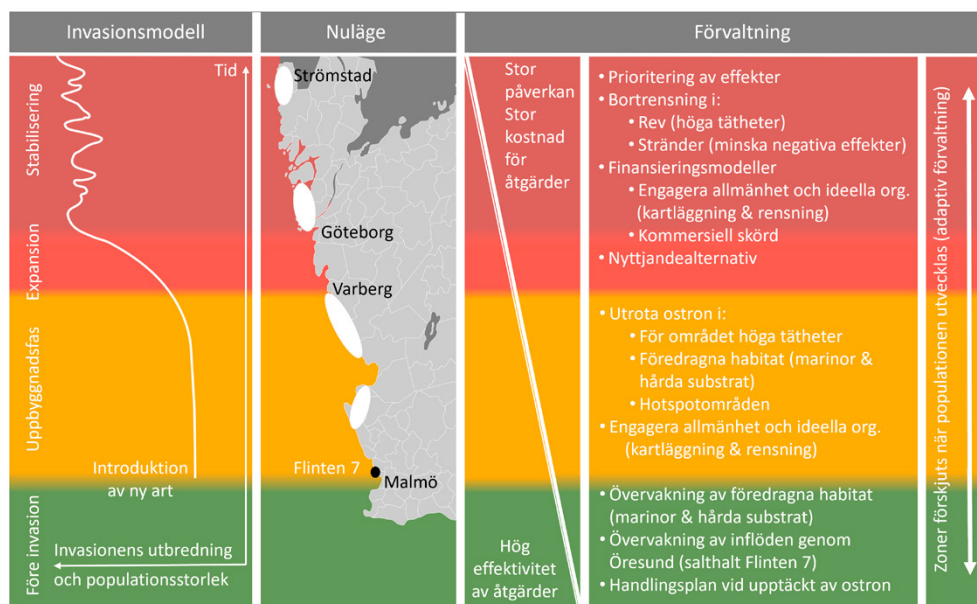
6. I områden där ostronen är fullt etablerade bör möjligheten att kombinera förvaltningsmässig skörd och kommersiella skördeaktiviteter utredas för att gynna både miljön och socioekonomiska intressen. Detta inkluderar både utveckling av processteg, produkter och logistiska lösningar för ökat nyttjande av de skördade ostronen samt av olika finansieringsmodeller för genomförande av skörd.

Uppbyggnadszon

7. I områden i södra Sverige och Danmark där ostronpopulationen är i en uppbyggnadsfas bör ostronpopulationer identifieras och utrotas för att minska risken för larvtransport till Östersjön och anpassning av ostronen till låga salthalter. Eftersom en stor del av ostronpopulationen finns på lokaler där det finns höga tätheter av ostron och eftersom höga tätheter gynnar ostronens reproduktionsförmåga bör utrotning främst ske i habitat där ostronen förekommer i höga tätheter som i marinor och på hårt substrat skyddat för vågexponering vid kända lokaler som Hallands Väderö, inre Skälderviken och Själlands norra Öresundskust, samt i områden som identifierats som hotspotområden, det vill säga områden där det redan idag bedöms kunna finnas stora mängder ostron. Ostronen i marinor i södra Sverige befanns också vara stora, vilket ytterligare ökar ostronens bidrag till rekrytering och motiverar åtgärder i marinor.

Ej invaderade områden

8. I områden där ostronen ännu inte är etablerade (för närvarande söder om Malmö) bör övervakning av föredragna habitat och möjliga spridningsvektorer införas. Övervakningen bör inkludera transport av ostronlarver genom Öresund till Östersjön via Realtidsövervakning av saltvattensinflöden vid t.ex. SMHI:s mätstation Flinten 7, och nyetablering av ostron i tidigare okoloniserade områden via regelbundna inventeringar av habitat som etableras tidigt i invasionsprocessen såsom marinor och hårt substrat i skyddade miljöer. Möjlighet till samordning med existerande övervakningsprogram bör ses över. **En handlingsplan bör utarbetas för att hantera en potentiell ökad utbredning av ostron i västra Östersjön.** Ovanstående resonemang, de olika komponenterna som föreslås ingå i en förvaltningsstrategi (se kapitel ”Hur kan en förvaltningsstrategi för stillahavsostron i Sverige se ut?”), samt ovanstående rekommendationer baserade på den kunskap som tagits fram inom DynamO sammanfattas i figur 23.



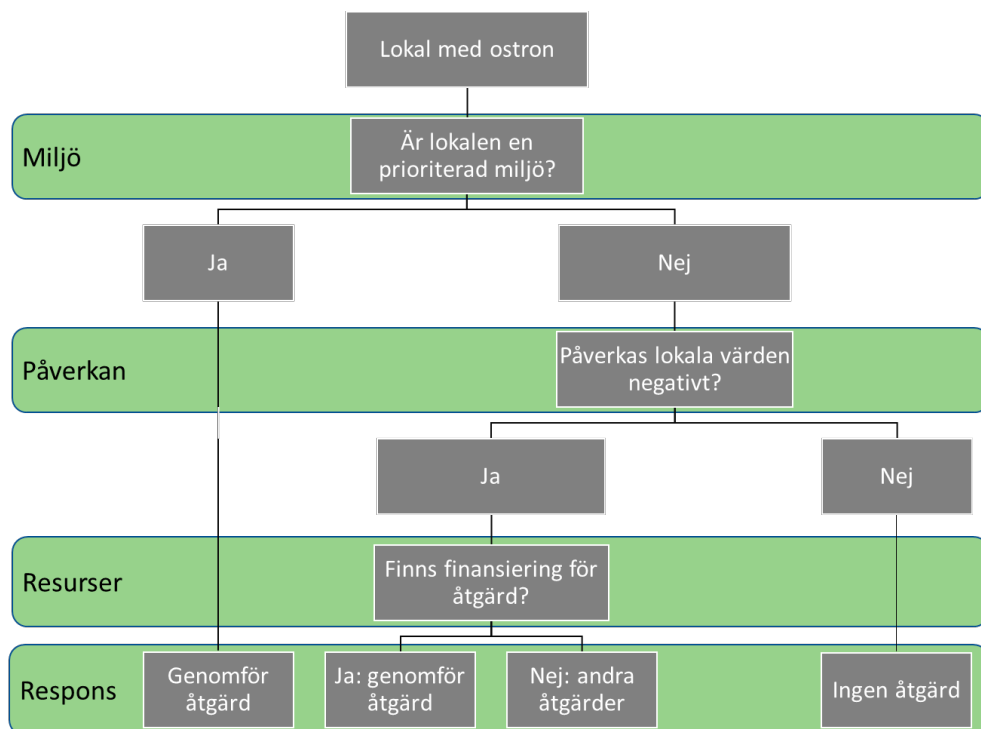
Figur 23. Illustration av de komponenter som bör ingå i en effektiv förvaltningsstrategi för stillahavsostrom i Sverige. Till att börja med bör modellen ta hänsyn till ostronens invasionsstadium (panel Invasionsmodell) och hur långt arten kommit i sin etablering bör kartläggas och bedömas nationellt och lokalt (panel Nuläge). Populationsmodellerna från båda områdena (Strömstad-Varberg och Varberg-Malmö) påvisade fyra områden med speciellt höga förekomster och tätheter av stillahavsostrom; Strömstad-Grebbestad, Orust-Göteborg, Varberg-Halmstad och Båstad-Helsingborg (vita ovaler). Modellen bör också fokusera på tidiga åtgärder för att uppnå både störst effekt och minimera kostnader och använda specifika förvaltningsmål och aktiviteter i olika geografiska områden baserat på hur långt arten kommit i sin invasion (panel Förvaltning). Flinten 7 som föreslås för övervakning av inflöde av vatten söderut genom Öresund markeras med en svart prick. Slutligen bör förvaltningszonerna anpassas allt eftersom populationen utvecklas. Modifierat efter Simberloff et al., 2013 och Geburzi och McCarthy, 2018.

Lokal förvaltningsstrategi

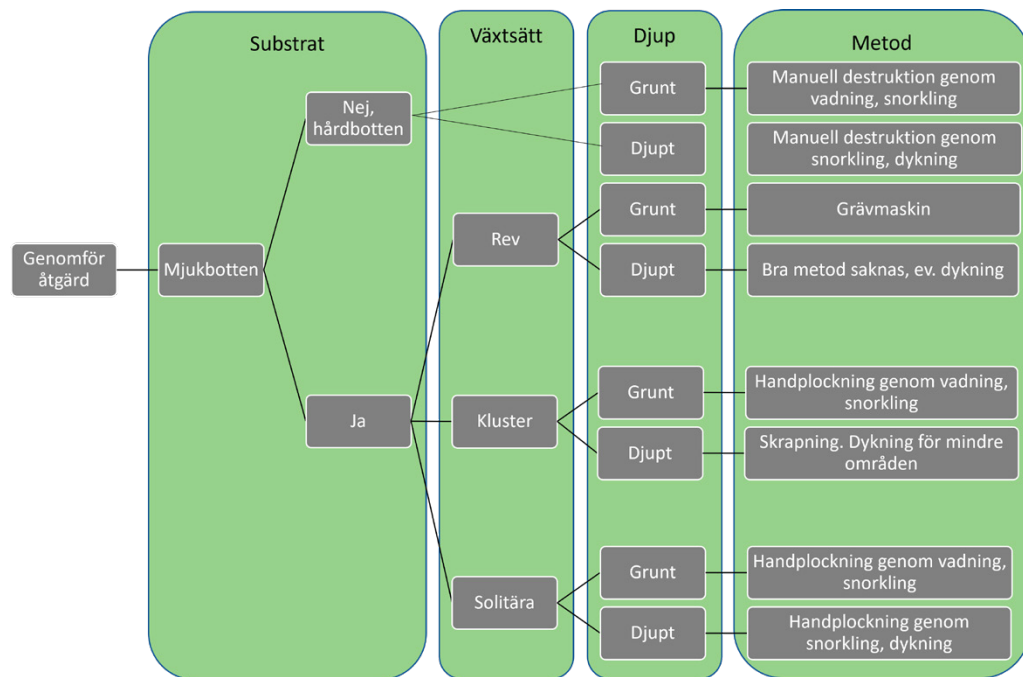
Den överordnade nationella strategin kan påverka generella aspekter som vilka ekosystemtjänster och påverkan som ska prioriteras i åtgärdsarbetet och vilka rensningsmetoder som kan tillåtas i vilket invasionsstadium. Lokala förvaltningsstrategier bör vara väl förankrade i den nationella strategin, men tenderar också att bli mer konkreta i sin utformning. I nedanstående flödesdiagram illustrerar vi hur en lokal förvaltningsstrategi kan utformas. Modellen är uppdelad i två delar, en för urval av lokaler för åtgärder (Figur 24), och en för val av metod om åtgärd ska genomföras (Figur 25). Målet med modellen är att på ett konkret sätt guida genomförare av rensningsaktiviteter hela vägen från ankomst till en lokal till beslut om metod om åtgärd ska genomföras.

Aspekter som påverkar urval av lokal inkluderar bedömning av ostronens påverkan på prioriterade miljöer (se kapitel "Nationell förvaltningsstrategi"), påverkan på ekosystemtjänster och tillgång till resurser. Aspekter som påverkar

metodval är substrat, ostronens växtsätt och lokalens djup. Metodval baseras på erfarenheter från Heß (2024). För hårda substrat finns i dagsläget inga andra metoder än manuell destruktion av ostronen och för djupa miljöer med rev finns inga metoder utvärderade. Det är möjligt att skrapning kan fungera men åtgärden kräver då med stor sannolikhet en stor och tung skrapa vilket ger stor påverkan på substratet. I detta fall bör värdet av åtgärden vägas mot den skada som kan uppstå. Tillgång till ostronen är en underliggande förutsättning. Om detta antagande inte gäller bör ett steg med tillgång till ostronen föras in i den första delen av modellen.



Figur 24. Del 1 (urval av lokaler för åtgärd) av modellen som illustrerar hur en lokal förvaltningsstrategi för hantering av stillahavsostron kan se ut. Strategin är baserad på generella överordnade riktlinjer för vilka miljöer och ekosystemtjänster som ska prioriteras baserat på den nationella strategin. Andra åtgärder kan till exempel inkludera anordnande av medborgaraktiviteter, erbjudande till kommersiella aktörer att skörda området mm.



Figur 25. Del 2 (val av metod för genomförande av rensningsåtgärd) av modellen som illustrerar hur en lokal förvaltningsstrategi för hantering av stillahavsostron kan se ut.

Tack till

Denna rapport producerades som en del av projektet ”Dynamisk förvaltning av det invasiva stillahavsostronet i Sverige” (DynamO) genom finansiering från Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten och FORMAS (anslag 2020-00038). Vi vill tacka vår engagerade referensgrupp, alla samarbetspartners och alla studenter som bidragit till att göra DynamO till ett så framgångsrikt projekt.

Källhänvisning

- Bang, J. S., Jin, Y. J., & Choung, S. Y. (2020). Low molecular polypeptide from oyster hydrolysate recovers photoaging in SKH-1 hairless mice. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 386, 114844.
- Bergés-Tiznado, M., Pérez-Osuna, F., Notti, A., Regoli, F. (2012). Arsenic and Arsenic Species in Cultured Oyster (*Crassostrea gigas* and *C. corteziensis*) from Coastal Lagoons of the SE Gulf of California, Mexico. *Biological Trace Element Research*, 151: 43-49.
- Bergström, P., Thorngren, L., Strand, Å., Lindegårdh, M. (2021). Identifying high density areas of oysters using species distribution modelling: Lessons for conservation of the native *Ostrea edulis* and management of the invasive *Magallana (Crassostrea) gigas* in Sweden. *Ecology and Evolution*. 11: 5522–5532.
- Boëthius, T. (2022). Density dependent effects of the pacific oyster (*Magallana gigas*) on biodiversity. Master thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- Bourgier S., Geairon P., Desolus-Paoli J., Bacher C. Jonquières G. (1995). Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*. 134:143–154.
- Broström, G., Kinnby, A., Robert, C., Havenhand, J. De Wit, P. (2024). Sannolikhet för framtida kolonisation av Stillahavsostron i Östersjön. Leverans D2.2 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>
Hämtad 2024-08-22
- Buschbaum, C., Lackschewitz, D., Reise, K. (2012) Nonnative macrobenthos in the Wadden Sea ecosystem. *Ocean and Coastal Management*, 68: 89-101.
- Coen L.D. (1995). A Review of the Potential Impacts of Mechanical Harvesting on Subtidal and Intertidal Shellfish Resources. South Carolina Department of Natural Resources, Marine Resources Research Institute. 45 pp.
- Coen, L.D., Brumbaugh, R.D., Bushek, D. m.fl. (2007). Ecosystem services related to oyster restoration. *Marine Ecology Progress Series*, 341: 303–307.
- Costa, E., Wrange, A.-L., Collier, E.S., Niimi, J., Strand, Å. (2023). Beyond raw: Investigating alternative preparation methods as a tool to increase acceptance of oysters in Sweden. *Future Foods*, 7: 100217.
- Czajkowski, M. m.fl. (2015). Valuing the commons: An international study on the recreational benefits of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Management* 156: 209-217.
- Drinkwaard, A.C. (1999). Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. *Helgoländer Meeresunters*, 52: 301-308.
- Dolmer, P., Holm, M. W., Strand, Å., Lindegårdh, S., Bodvin, T., Norling, P., & Mortensen, S. (2014). The invasive Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavian coastal waters: A risk assessment on the impact in different habitats and climate conditions. Institute of Marine Research. *Fisken og Havet* Vol. 2.

- Eloranta, M. (2023). Pacific Oyster in the Baltic Sea? Answering the question if it could be possible and potential evolutionary issues. Examensarbete för master-examen i biologi (30p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 23pp
- Faust, E., André C., Meurling, S., Kochmann, J., Christiansen, H., Fast Jensen, L., Charrier, G., Laugen, A.T., Strand, Å. (2017). Origin and route of establishment of the invasive Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Sweden and Norway. Marine Ecology Progress Series, 575: 95–105.
- Firth, L.B., Duff, L., Gribben, P.E., Knights, A.M. (2021). Do positive interactions between marine invaders increase likelihood of invasion into natural and artificial habitats? Oikos, 130: 453-463.
- Gallien, L., Douzet, R., Pratte, S., Zimmermann, N.E., Thuiller, W. (2012). Invasive species distribution models—how violating the equilibrium assumption can create new insights. Global Ecology and Biogeography, 21: 1126-1136.
- Geburzi, J.C. and McCarthy, M.L. (2018): How Do They Do It? – Understanding the Success of Marine Invasive Species / S. Jungblut, V. Liebich and M. Bode (editors), YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other, Cham, Springer.
- Grabowski, J.H., Peterson, C. H. (2007). Restoring oyster reefs to recover ecosystem services. In K. Cuddington, J. E. Byers, W. G. Wilson m.fl. (Eds.), Ecosystem Engineers: Plants to Protists (pp. 281–298). Burlington, MA: Elsevier.
- Greeve, Y. (2025). Spatial distributions and temporal changes of coastal bivalve populations. Doctoral thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg,
- Guo, G., Kong, Y., Su, J., Wang, G., Zhang, M., Wang, S., Song, Z. (2022). Immunomodulatory activity of aqueous extract from *Crassostrea sikamea* in the splenocytes of Sprague-Dawley rats. Food Science and Nutrition, 10: 813–821.
- Hallström, E., Bergman, K., Mifflin, K., Parker, R., Tyedmers, P., Troell, M., Ziegler, F. (2019). Combined climate and nutritional performance of seafoods. Journal of Cleaner Production, 230: 402-411.
- Hasselström, L., Thomas, J.-B., Nordström, J., Cervin, G., Nylund, G. M., Pavia, H., & Gröndahl, F. (2020). Socioeconomic prospects of a seaweed bioeconomy in Sweden. Scientific Reports, 10: 1610.
- Hedensjö, A. (2024) Habitat preferences of the Pacific oyster (*Magallana gigas*) in the early invasion stages. Master thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- Hedensjö, A., Greeve, Y., Reamon, M.C., Strand, Å., Laugen, A.T. (2024). Populationsmodell av stillahavsostronet (*Magallana gigas*) på den svenska västkusten. Leverans D3.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2024-12-01.
- Henriksson, E., Strand, Å. (2024). Stillahavsostron som en ny livsmedelsresurs: Ett satellitprojekt inom Blå Mat. Rapport C865, IVL Svenska Miljöinstitutet, 30s.

- Héral, M. (1989). Traditional oyster culture in France. In G. Barnabe, J. F. de I. B. Solbe (Eds.), *Aquaculture: biology and ecology of cultured species* (pp.342-387). Ellis Horwood series in aquaculture and fisheries support. Chichester, UK: Wiley and Sons.
- Herbert, R.J.H., Humphreys, J., Davies, C.J., Roberts, C., Fletcher, S., Crowe, T., P. (2016). Ecological impacts of non-native Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) and management measures for protected areas in Europe. *Biodiversity and Conservation*, 25: 2835–2865.
- Heß, S. (2024). To clear or not to clear? Ecosystem service and cost-efficiency implications for Pacific oyster (*Magallana gigas*) management in Sweden. Master thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- Hordoir, R., Dieterich, C., Basu, C., Dietze, H., Meier, H.E.M. (2013) Freshwater out flow of the Baltic Sea and transport in the Norwegian current : A statistical correlation analysis based on a numerical experiment. *Continental Shelf Research*, 64: 1–9.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.
- Kinnby, A., Robert, C., Havenhand, J., De Wit, P. (2023). Prognos för framtida spridning av stillahavsostron i Östersjön. Leverans D2.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2024-08-22
- Kinnby, A., Robert, C., Havenhand, J., Broström, G., Bussière, L., De Wit, P. (2025). The roles of plasticity and selection in rapid phenotypic changes at the Pacific oyster invasion front in Europe. *Molecular Ecology*: e17684.
- Lang, A. C., Buschbaum, C. (2010). Facilitative effects of introduced Pacific oysters on native macroalgae are limited by a secondary invader, the seaweed *Sargassum muticum*. *Journal of Sea Research*, 63: 119-128.
- Laugen, A.T., Hollander, J., Obst, M., Strand, Å. (2015). The Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) invasion in Scandinavian coastal waters in a changing climate: impact on local ecosystem services. In Clode, J.C. (Ed.) *Biological Invasions in Changing Ecosystems-Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*. De Gruyter Open, Berlin. Pp. 230-252.
- Laugen, A.T., Wrangé, A.-L., Krång, A.-S., Reamon, M.C., Svedberg, K., Walde-toft, H., Strand, Å. (2023). Kunskapsunderlag för en enhetlig förvaltning av OSPAR-listade *Mytilus*- och *Ostrea*-bankar. Del 1 Nulägesanalys av *Mytilus*- och *Ostrea*-bankar i Sverige. Rapport C729, IVL Svenska Miljöinstitutet, 99s.
- Le Gall, J., Raillard O. (1988). Influence de la temperature sur la physiologie de l'huitre *Crassostrea gigas*. *Oceanis*. 14: 603–608.
- Le Gall, L. (2022). Development of a model to categorize the invasion phases of *Magallana gigas* on the Swedish west coast. D Master thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.

- Lenihan, H.S. (1999). Physical-biological coupling on oyster reefs: how habitat structure influences individual performance. *Ecological Monographs*, 69: 251–275.
- Linder, E. (2022). En jämförelse av användningsområden och kemisk sammansättning av skal från blåmusslor och Stillahavsostron. Bachelor thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- MA (2005). Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Ma, Y., Jiang, S., Zeng, M. (2021). In vitro simulated digestion and fermentation characteristics of polysaccharide from oyster (*Crassostrea gigas*), and its effects on the gut microbiota. *Food Research International*, 149.
- Ma, Y., Zhu, L., Ke, H., Jiang, S., Zeng, M. (2022). Oyster (*Crassostrea gigas*) polysaccharide ameliorates obesity in association with modulation of lipid metabolism and gut microbiota in high-fat diet fed mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 216: 916–926.
- Mania, M., Rebeniak, M., Szynal, T., Wojciechowska-Mazurek, M., Starska, K., Ledzion, E., Postupolski, J. (2015). Total and inorganic arsenic in fish, seafood and seaweeds—exposure assessment. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 66: 203–210.
- Marinho, G.S., Álvarez-Salgado, X.A., Fuentes-Santos, I., Burgués, I., Sousa-Pinto, I., Strand, Å. (2022). New species, processes and products contributing to increased production and improved sustainability in emerging low trophic, and existing low and high trophic aquaculture value chains in the Atlantic. Deliverable No. 6.2. Quantification of Ecosystem Services. <https://aquavitaeproject.eu/wp-content/uploads/2023/10/Deliverable-6.2.pdf>
- Marshall, J., Adcroft, A., Hill, C., Perelman, L., & Heisey, C. (1997). A finite-volume, incompressible Navier Stokes model for studies of the ocean on parallel computers. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 102(C3), 5753–5766.
- Martini, L. (2023). Evaluation of invasion stages and recruitment of the Pacific oyster, *Magallana gigas*, along the Swedish west coast. Examensarbete för kandidatexamen (15p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 28 s.
- Maxwell, S. M., Hazen, E. L., Lewison, R. L., Dunn, D. C., Bailey, H., Bograd, S. J., Briscoe, D. K., Fossette, S., Hobday, A. J., Bennett, M., Benson, S., Caldwell, M. R., Costa, D. P., Dewar, H., Eguchi, T., Hazen, L., Kohin, S., Sippel, T., & Crowder, L. B. (2015). Dynamic ocean management: Defining and conceptualizing real-time management of the ocean. *Marine Policy*, 58, 42–50.
- Mercaldo-Allen, R., Goldberg, R. (2011). Review of the Ecological Effects of Dredging in the Cultivation and Harvest of Molluscan Shellfish. NOAA National Marine Fisheries Service, US DEPARTMENT OF COMMERCE. 84 pp.
- Mercer, M., Gennari, L., Lovatelli, A. (2024). Pacific oyster farming – A practical manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers, No. 696. FAO, Rom.

- Mortensen, S., Laugen, A.T., Strand, Å., Dolmer, P., Naustvoll, L.-J., Jelmert, A., Albretsen, J., Broström, G., Gustafsson, M., Durkin, A., Khogyane, S.E., Partoft, H., Bøgwald, M. (2022). Stillehavsosters i Norden. Datainnsamling og bestandsvurderinger som grunnlag for forvaltning og høsting av nordiske bestander av stillehavsosters, *Crassostrea gigas*. TemaNord 2022: 504, Nordisk ministerråd.
- Mortensen, S., Strand, Å., Bodvin, T., Alfjorden, A., Skår, C.K., Jelmert, A., Aspán, A., Sælemyr, L., Naustvoll, L.-J., Albretsen, J. (2016). Summer mortalities and detection of ostreid herpesvirus microvariant in Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Sweden and Norway. *Diseases in Aquatic Organisms*. 117: 171-176.
- Mortensen S., Strand Å., Dolmer P., Laugen A.T. Naustvold L.J. (2019). Høsting av stillehavsosters. TemaNord 2019:552. Nordic Council of Ministers. Pp 117.
- Nielsen, P., Saurel, C., McLaverty, C., Joyce, P., Krause, K. E., Jiménez-Mena, B., Nielsen, E. E. (2022). Development of mitigation strategies for control of Pacific oysters in Danish coastal waters. DTU Aqua Report no. 414-2022. www.aqua.dtu.dk/publikationer. Hämtad 2024-08-22.
- Nord, J. (2023). Påverkan av storlek och växtsätt på känslighet för värmebehandling hos stillahavsstron (*Magallana gigas*). Examensarbete för kandidatexamen (15p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 22 s.
- Norling, P., Lindegarth, M., Lindegarth, S., Strand, Å. (2015). Effects of live and post-mortem shell structures of invasive Pacific oysters and native blue mussels on macrofauna and fish. *Marine Ecology Progress Series*, 518: 123-138.
- Nyqvist, M. (2022). En kartläggning av användningsområden för kött från stillahavsstron. Bachelor thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- Padilla, D.K. (2010). Context-dependent impacts of a nonnative ecosystem engineer, the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Integrative and Comparative Biology* 50: 213–225.
- Palmqvist, K. (2023). Development of a framework for management objectives and associated tools for the invasive Pacific oyster, *Magallana gigas*, on the Swedish west coast. Bachelor thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.
- Pauley, G. B., Van der Raay, B. M., & Troutt, D. (1988). Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest): Pacific oyster (U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 82(11.85); U.S. Army Corps of Engineers, Technical Report EL-82-4). U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station.
- Ravi, M., Murugesan, B., Jeyakumar, A., Raparathi, K. (2021). A review on utilizing the marine biorefinery waste in construction raw materials to reduce land pollution and enhance green environment. *Advances in Materials Science* 21: 43-62.
- Roesch, C. (2023). Classification of invasion boundaries of *Magallana gigas* on the Swedish west coast and involvement of stakeholders in the dynamic management plan. Master thesis. Department of Marine Sciences, University of Gothenburg.

- Roesch, C., Hedensjö, A., Henriksson, E., Wrangé, A.L., Linder, E., Nyqvist, M., Strand, Å. (2025). Potential uses of oversized and fouled Pacific oysters from wild populations. Rapport C883, IVL Svenska Miljöinstitutet, 48 s. Leverans D4.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad: 2025-03-13
- Saito, H., Cherasse, Y., Suzuki, R., Mitarai, M., Ueda, F., Urade, Y. (2017). Zinc-rich oysters as well as zinc-yeast-and astaxanthin-enriched food improved sleep efficiency and sleep onset in a randomized controlled trial of healthy individuals. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61: 1600882.
- Schulte, D. M. 2017. History of the Virginia oyster fishery, Chesapeake Bay, USA. *Frontiers in Marine Science*. 4:127.
- Simberloff, D., Martin, J.-L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., & Vilà, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(1), 58-66.
- Sinha, R., Thomas, J.-B. T., Strand, Å., Söderqvist, T., Stadmark, J., Franzen, F., Ingmansson, I., Gröndahl, F., Hasselström, L. (2022). Quantifying nutrient recovery by element flow analysis: Harvest and use of seven marine biomasses to close N and P loops. *Resources, Conservation and Recycling*, 178: 106031
- Strand, Å., Blanda, E., Bodvin, T., m.fl. (2012). Impact of an icy winter on the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) populations in Scandinavia. *Aquatic Invasions*, 7: 433-440.
- Strand, Å., Lindegarth, S. (2014). Japanska ostron i svenska vatten - en främmande art som är här för att stanna. Rapport No. 2, Vattenbrukscentrum Väst, University of Gothenburg. Responstryck, Borås.
- Strand, Å., Waenerlund, A., Lindegarth S. (2011). High tolerance of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) to low temperatures. *Journal of Shellfish Research*, 30: 733-735.
- Strand, Å., Wrangé, A.-L., Svedberg, K., Waldetoft, H., Laugen, A.T. (2023). Kunskapsunderlag för en enhetlig förvaltning av OSPAR-listade *Mytilus*- och *Ostrea*-bankar. Del 2 - Metoder för restaurering och skydd av *Mytilus*- och *Ostrea*-bankar. Rapport C730, IVL Svenska Miljöinstitutet, 67s.
- Taylor, V., Goodale, B., Raab, A., Schwerdtle, T., Reimer, K., Conklin, S., Karagas, M. R., & Francesconi, K. A. (2017). Human exposure to organic arsenic species from seafood. *The Science of the Total Environment*, 580: 266-282.
- Thunberg, C.P. (1793). Tekning och Beskrifning på en stor Ostronsort ifrån Japan. *Kungliga Vetenskapsakademiens Nya Handlingar*. 14(4-6): 140-142.
- Wang, Z., Chang, S., Li, Y., Kong, L., Wu, D., Qin, L., Yu, C., Wu, C., Du, M. (2018). Effects of ball milling treatment on physicochemical properties and digestibility of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) protein powder. *Food Science and Nutrition*, 6: 1582-1590.

- Wijsman, J.W.M., Dubbeldam, M., Kluijver, M.J.D., van, E., van Stralen, M., Smaal, A.C. (2008). Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Eindrapportage.
- Wiltshire, K.H. (2007). Ecophysiological tolerances of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, with regard to the potential spread of populations in South Australian waters. Prepared for PIRSA Marine Biosecurity. South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences), Adelaide, 29 pp. SARDI Aquatic Sciences Publication Number F2007/000499-1. SARDI Research report Series Number 222.
- Wrange, A.-L., Stake, H., Greeve, Y., Laugen A.T., Marcussen, J.B., Obst, M., Panova, M., Reamon, M. C., Sahlin, S., Wensveen, S., Strand, Å. (in prep). Establishment of the mud blister worm *Polydora websteri* Hartman (Polychaeta: Spionidae) in Pacific oysters in Scandinavia. Opublicerat manuskript.
- Wrange, A.-L., Valero, J., Harkestad, L. S. m.fl. (2009). Massive settlements of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavia. Biological Invasions, 12 (5): 1145–1152.
- Yoon, G.-L., Kim, B.-T., Kim, B.-O., Han, S.-H. (2003). Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell. Waste Management 23: 825-834.
- Zhang, Z., Su, G., Zhou, F., Lin, L., Liu, X., Zhao, M. (2019). Alcalase-hydrolyzed oyster (*Crassostrea rivularis*) meat enhances antioxidant and aphrodisiac activities in normal male mice. Food Research International, 120: 178–187.
- Zhu, L., Xiao, M., Luo, J., Li, S., Liu, W., Wu, J., Song, Z. (2023). Polysaccharides from *Ostrea rivularis* rebuild the balance of gut microbiota to ameliorate non-alcoholic fatty liver disease in ApoE^{-/-} mice. International Journal of Biological Macromolecules, 235, 123853.

Appendix 1:

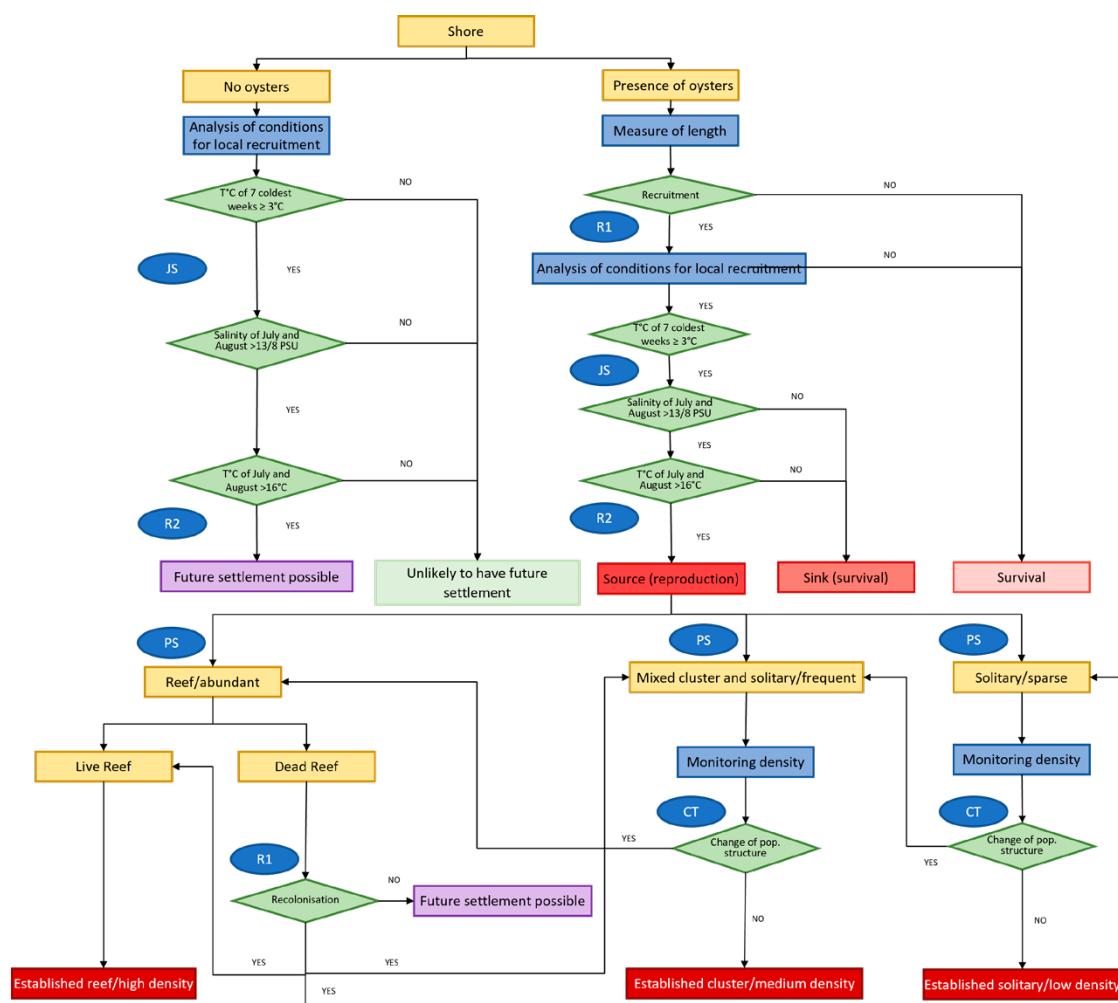
Hur invasionsmodellen används

Baserat på de kriterier som togs fram av Le gall (2022) utvecklades ett flödes-schema för bedömning av invasionsstadium (Figur 1.1). Kriterierna kopplades mot indikatorer som beskrev förekomsten av nyrekryter och abiotiska förhållanden som påverkar yngelöverlevnad på vintern och reproduktionspotential för vuxna ostron under sommaren. Vinteröverlevnad för yngel valdes då yngel är känsligare än adulta ostron för låga temperaturer. För mer detaljer inklusive referenser se Le gall (2022).

De indikatorer som analyserades var:

- Observerade individer >25 mm (tecken på rekrytering)
- Medelsalinitet i juli och augusti >13 (norr om Varberg) eller > 8‰ (söder om Varberg) (möjlighet till förökning)
- Medeltemperatur (°C) i juli och augusti >16°C (möjlighet till förökning)
- Medeltemperatur (°C) för de sju kallaste veckorna under perioden december till mars $\geq 3^{\circ}\text{C}$ (möjlighet till vinteröverlevnad för nyrekryter)

Temperatur och salinitetsdata extraherades från Copernicus. Data för nyrekryter och populationsstruktur samlades in i fält. Tre lokaler per kommun bedömdes, och de lokaler med högst täthet användes om det fanns data för fler än tre lokaler. I tabell 1.1 illustreras rådatat som ligger till grund för klassificering av respektive kommun. Klassificeringen bör uppdateras om populationsstrukturen på de tidigare inventerade lokalerna förändras. Den lokal som uppvisar högst populationstäthet (i form av rev, kluster eller solitära ostron) avgör klassningen för hela kommunen. I tillägg har en instruktion för återinventering av ingående lokaler tagits fram (Appendix 2). Kommunklassificeringen, flödesschemat och inventeringsmanualen finns tillgängliga på DynamOs hemsida.



Figur 1.1. Flödesschema för bedömning av invasionsstadium för stillahavsostron i Sverige.

Tabell 1.1. Sammanställning av rådata och klassificering av kommuner enligt invasionsmodellen.

Invasionsstadium för stillahavsostron i olika kommuner i Sverige analyserat med den framtagna modellen i DynamO (Le Gall 2022). Lila områden visar kommuner där abiotiska förhållanden medger etablering men där inga ostron ännu observerats. Blekrosa områden visar kommuner där ostron påträffats men ingen rekrytering observerats (överlevnad). Blekröda områden visar kommuner där ostron och nyrekryter påträffats men förutsättningarna för reproduktion inte uppfylls (sänka – mottagarpopulationer).

Klarröda områden visar kommuner där ostron och nyrekryter observerats och förutsättningarna för lokal reproduktion uppfylls (källpopulationer). Slutligen visar mörkröda områden kommuner där revbildning observerats, det vill säga den populationsstruktur som visar på att ostronen är fullt etablerade. För att avgöra om

källpopulationer är fullt etablerade eller inte krävs övervakning över tid för att följa populationsutvecklingen. Tabellen är uppdaterad och modifierad från Roesch (2023).

County	Municipality	Site	Site number	Latitude	Longitude	Average Salinity (PSU) July + August 2022	Average Temperature (°C) July + August 2022	Average Temperature (°C) 7 coldest weeks	Recruits observed	Population structure	Municipality classification
Västra Götaland	Strömstad	Svalhagen	1	58.868	11.155	25.5	18.8	4.3	yes	Reef	Established reef/high density
Västra Götaland	Strömstad	Kockholmen	2	58.833	11.141	25.5	18.6	4.3	yes	Reef/Cluster	Established reef/high density
Västra Götaland	Strömstad	Tjärnö	3	58.874	11.146	25.2	19.7	3.1	yes	Cluster	Established reef/high density
Västra Götaland	Tanum	Grebbestad1	4	58.672	11.251	25.5	18.3	4.3	yes	Cluster	Established reef/high density
Västra Götaland	Tanum	Grebbestad2	5	58.672	11.252	25.5	18.5	3.9	yes	Reef	Established reef/high density
Västra Götaland	Tanum	Grebbestad3	6	58.672	11.252	25.5	18.5	3.9	yes	Reef	Established reef/high density
Västra Götaland	Tanum	Skredsvik	7	58.487	11.310	24.6	18.5	4.3	yes	Cluster	Established reef/high density
Västra Götaland	Sotenäs	Skeppsudden	8	58.405	11.399	24	19.5	3.2	yes	Cluster	Source
Västra Götaland	Lysekil	Smalsundet	9	58.248	11.440	23.4	18.4	4.1	yes	Reef	Established reef/high density
Västra Götaland	Uddevalla	Getevik	10	58.275	11.506	20.7	19.1	2.6	yes	Reef	Sink
Västra Götaland	Orust	Broccoli garden	11	58.125	11.818	20	19.5	2	yes	Reef	Sink
Västra Götaland	Stenungsund	Näs	12	58.107	11.824	20	19.5	2.2	yes	Cluster	Sink
Västra Götaland	Stenungsund	NG513	13	57.991	11.802	19.8	19.2	2.8	yes	Cluster	Sink
Västra Götaland	Tjörn	NG33	14	58.045	11.510	22.4	18.8	3.3		Cluster	Source
Västra Götaland	Tjörn	NG90	15	57.941	11.579	21.3	18.8	3.7	yes	Cluster	Source

County	Municipality	Site	Site number	Latitude	Longitude	Average Salinity (PSU) July + August 2022	Average Temperature (°C) July + August 2022	Average Temperature (°C) 7 coldest weeks	Recruits observed	Population structure	Municipality classification
Västra Götaland	Tjörn	NG72	16	58.007	11.557	22	19	3.6		Cluster	Source
Västra Götaland	Kungälv	NG79	17	57.862	11.560	22.1	18.8	4.1		Cluster	Source
Västra Götaland	Kungälv	NG160	18	57.881	11.641	20.4	18.9	3.5	yes	Cluster	Source
Västra Götaland	Kungälv	NG88	19	57.897	11.578	21.4	18.8	3.9		Cluster	Source
Västra Götaland	Kungälv	Insto Kök	20	57.890	11.668				yes	solitary	Source
Västra Götaland	Öckerö	NG223	21	57.744	11.669	20.7	18.9	3.8		Cluster	Source
Västra Götaland	Öckerö	SG179	22	57.669	11.653	18.8	19	3.7	yes	Cluster	Source
Västra Götaland	Öckerö	NG248	23	57.756	11.682	20.7	18.9	3.8		Cluster	Source
Västra Götaland	Göteborg	SG585	24	57.610	11.894	19.1	19.3	3.2		Cluster	Source
Västra Götaland	Göteborg	SG503	25	57.639	11.806	12.5	19.1	3.1	yes	Cluster	Source
Västra Götaland	Göteborg	SG510	26	57.631	11.813	10.4	19	2.7		Cluster	Source
Halland	Kungsbacka	Onsala Halvon	27	57.372	11.984	20.3	19	3.8	yes	Cluster	Source
Halland	Varberg	Ringhals	28	57.268	12.108	19.2	19.3	3.8	yes	Solitary	Source
Halland	Falkenberg	Grimsholmen	29	56.855	12.548	16.6	19.3	3	yes	Cluster	Source
Halland	Halmstad	Bengtsgård	30	56.741	12.624	16.2	19.3	3	no	Solitary	Survival
Halland	Halmstad	Grötviks harbour	31	56.641	12.780	15.3	19.5	2.9		Solitary	Survival
Halland	Halmstad	H2	32	56.727	12.642					Solitary	Survival

County	Municipality	Site	Site number	Latitude	Longitude	Average Salinity (PSU) July + August 2022	Average Temperature (°C) July + August 2022	Average Temperature (°C) 7 coldest weeks	Recruits observed	Population structure	Municipality classification
Skåne	Laholm	Lagaoset	33	56.551	12.946	13.8	19.3	3	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Båstad	Båstad	34	56.435	12.842	13.6	19.4	3.3	yes	Cluster	Source
Skåne	Båstad	Torekov	35	56.428	12.627	14.3	19	3.4	yes	Solitary	Source
Skåne	Ängelholm	Ronnea2	36	56.272	12.835	13.1	19.2	3.4		Cluster	Source
Skåne	Ängelholm	64865852	37	56.238	12.815	12.7	19.2	3.5	yes	Solitary	Source
Skåne	Ängelholm	98757030	38	56.252	12.827	13.1	19.2	3.5	no	No oysters	Source
Skåne	Höganäs	Norra Håjaröd	39	56.222	12.761	12.9	19.2	3.8		Cluster	Source
Skåne	Höganäs	Arild2	40	56.275	12.574	13.3	18.9	3.6	yes	Solitary	Source
Skåne	Höganäs	Revets Bad-plats	41	56.233	12.689	13.1	19.1	3.5	no	Solitary	Source
Skåne	Höganäs	Molle	42	56.283	12.493	13.9	18.7	3.6		Solitary	Source
Skåne	Helsingborg	Helsingborg	43	56.048	12.688	12.4	18.8	3.7		Solitary	Source
Skåne	Helsingborg	Domsten	44	56.116	12.604	13	18.6	3.6	yes	Cluster	Source
Skåne	Helsingborg	Sofiero	45	56.080	12.662	12.7	18.7	3.7	no	No oysters	Source
Skåne	Helsingborg	Raa	46	55.991	12.741	11.9	18.7	3.8	no	No oysters	Source
Skåne	Landskrona	Borstahusen	47	55.895	12.800	11.4	18.7	3.7		Solitary	Source
Skåne	Landskrona	Alabodarna1	48	55.940	12.773	11.7	18.7	3.8	yes	Solitary	Source
Skåne	Landskrona	Landskrona	49	55.868	12.818	11.2	18.9	3.5	no	Solitary	Source
Skåne	Kävlinge	Barseback-shamn	50	55.757	12.902	10.3	18.7	3.7	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Kävlinge	98681469	51	55.737	12.961	9.9	18.9	3.6	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Kävlinge	Barseback-strand	52	55.771	12.925	10	18.8	3.5	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Lomma	Lomma Sma-batshamn	53	55.675	13.058	9.4	19.5	3.7	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Lomma	Bjarred Hamn	54	55.721	13.007	9.5	19.4	3.6	no	No oysters	Future settlement possible

County	Municipality	Site	Site number	Latitude	Longitude	Average Salinity (PSU) July + August 2022	Average Temperature (°C) July + August 2022	Average Temperature (°C) 7 coldest weeks	Recruits observed	Population structure	Municipality classification
Skåne	Lomma	Långa bryggan	55	55.710	13.022	9.5	19.4	3.6	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Malmö	Malmö	56	55.610	12.973	9.4	19	3.8	no	No oysters	Source
Skåne	Malmö	Utsiktspunkt Oresund	57	55.571	12.896	10.1	18.7	3.8	no	No oysters	Source
Skåne	Malmö	Ribersborg Kallbadhus	58	55.604	12.966	9.4	19	3.8	no	No oysters	Source
Skåne	Malmö	Klagshamn Strand	59	55.525	12.895	10	18.7	3.7	no	No oysters	Source
Skåne	Malmö	M1	60	55.598	12.943				no	Solitary	Source
Skåne	Malmö	M3	61	55.597	12.935				yes	Solitary	Source
Skåne	Vellinge	Skanor Hamn	62	55.416	12.829	8.9	18.6	3.7	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Vellinge	Hallviken Falsterbo-kanalen N	63	55.413	12.931	9.8	19	3.3	no	No oysters	Future settlement possible
Skåne	Vellinge	Lilla Hammar	64	55.450	12.948	9.8	18.9	3.3	no	No oysters	Future settlement possible

Appendix 2: Inventeringsmanual för kartläggning av invasions- stadium för stillahavsostron

Syftet med denna undersökning är att dokumentera aspekter för populationer av stillahavsostron som gör att vi kan fastställa hur långt ostronen kommit i sitt invasionsstadie. Arbetet är kopplat mot DynamO projektet, <https://www.ivl.se/projektwebbar/dynamo.html>. Det är frivilligt att fylla i undersökningen och att ange kontaktinformation, om du väljer att inte ange kontaktinformation i slutet av undersökningen så är alla svar anonyma.

Ansvarig för undersökningen är Åsa Strand, IVL Svenska Miljöinstitutet (asa.strand@ivl.se). Bild till höger, Åsa Strand.

Denna undersökning rör endast stillahavsostron. Det europeiska ostronet är vanligtvis cirkulärt och platt och har regelbundna, fina åsar på skalet. Stillahavsostron brukar vara större, avlångt formade eller droppformade, har ofta lila/bruna ränder på skalet, har stora vågor längs skalkanten och växer ofta i kluster.



Använd gärna enkäten på följande *länk* eller QR kod för att skicka in information.

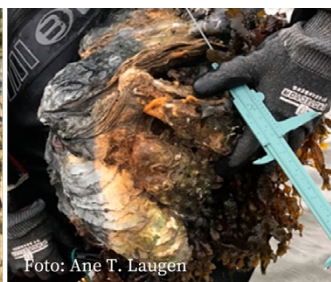
Undersökningen ska endast fyllas i om du är på, eller har besökt, en lokal där det finns ostron. För att delta, gör följande:

Börja med att leta reda på den tätaste förekomsten av ostron på den plats du befinner dig. Svara sedan på nedanstående frågor:

1. Ange datum (år-månad-dag, ex. 2024-02-20)
2. Kolla om lokalen blivit inventerad tidigare (se länk till karta). Om lokalen blivit inventerad tidigare, ange lokalens nummer, annars ange koordinat (WGS84, decimalgrader, ex. 58.87591, 11.145416).
3. Är det framför allt levande ostron på lokaler? (ja/nej)
 - Ja, det är framför allt levande ostron på lokalen
 - Nej, det är framför allt skal av döda ostron på lokalen men det finnslevande ostron med
 - Nej, det är bara ska av döda ostron på lokalen.
4. Hur ser populationsstrukturen ut (levande + döda ostron)? Revbildning = 75 - 100% täckningsgrad och växer på varandra, kluster < 75 % täckningsgrad och växer på varandra i klumpar men inte i sammanhängande ytor, solitära = växer ett och ett och i enstaka fall två tillsammans. Se bilder för exempel.
 - Rev
 - Kluster
 - Solitära



Rev



Kluster



Solitära

5. Finns det nyrekryter på lokalen (små ostron som tydligt är av en annan årskull än övriga, kan sitta både på andra ostron och på stenar, se bilder för exempel)?
 - Ja, det finns rekryter på lokalen
 - Nej, jag kan inte se några rekryter



Bild: Åsa Strand, IVL

6. Om du har frågor, vill ha mer information eller vill komma i kontakt med projektledaren, ange din e-mailadress.
7. Ta gärna en eller flera bilder på nyrekryter och populationsstruktur och maila till asa.strand@ivl.se. Tack för din medverkan!

Appendix 3: Sammanställda kunskapsluckor och framtida forskningsbehov

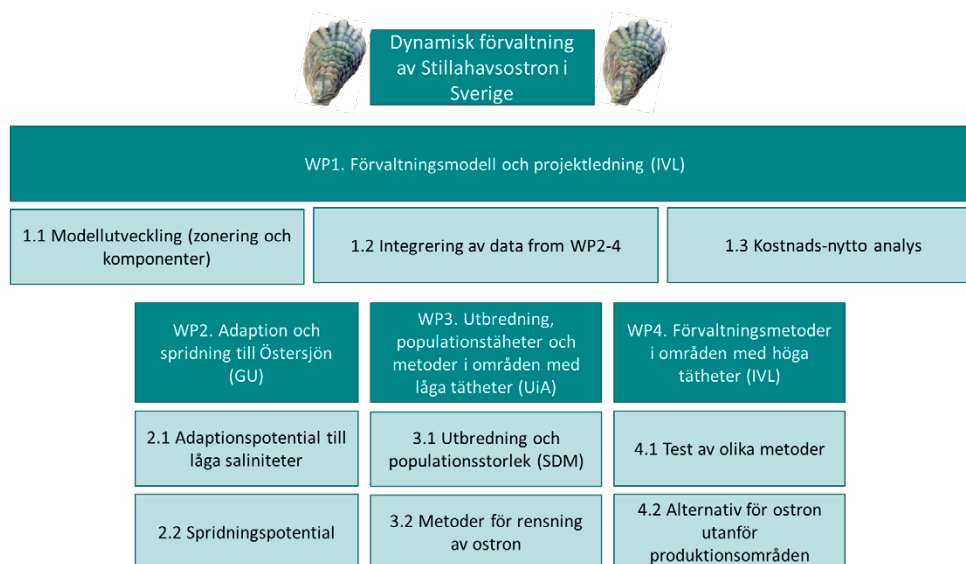
Tabell 3.1 Kunskapsluckor och framtida forskningsbehov som identifierats under projektets fyra arbetspaket.

Arbetspaket	Kunskapslucka
1	Lokalspecifika data för temperatur och salinitet saknas i invasionsmodellen som idag baseras på satellitdata från Copernicus.
1	Populationer som klassificerats som källpopulationer bör övervakas för att fastställa eventuell populationsutveckling eller om populationen är stabil (det vill säga klassas som fullt etablerad).
1	Fler kommuner i sydöstra Sverige bör analyseras för abiotiska förhållanden för att se var möjlighet till framtida etablering tar slut.
1	Indikatorerna för klassificering av invasionsstadium bör utvecklas vidare genom specifika studier av köldtålighet hos juveniler, storlek för rekryter i området söder om Varberg (då låga salthalter kan påverka tillväxtmönster) samt hur påverkan av salinitet och interaktion mellan salinitet och temperatur påverkar ostronens förmåga till reproduktion.
1	Kostnader och nyttor av stillahavsostron i ett systemperspektiv bör kvantifieras, förslagsvis genom analys av ett antal fallstudier för att tydliggöra för- och nackdelar med att genomföra, eller inte genomföra, rensningsåtgärder.
2	Var gränsen går för stillahavsostronens anpassningsförmåga till låg salthalt är ej känd. Att inga genetiska bevis för flaskhalseffekter för närvarande kan observeras tyder på att en vidare anpassningsförmåga är trolig.
2	Stillahavsostronlarvers förmåga att överleva tills de är redo att bottenfälla inuti Östersjön är fortfarande okänd, och bör studeras i framtiden.
2	Huruvida stillahavsostronlarver kan transporteras med strömmar till Sveriges sydkust efter transport genom Öresund in i Östersjön bör studeras vidare.
3	Huruvida ostronpopulationer i marinor försörjer närliggande habitat med larver bör undersökas för att utvärdera effekten av rensningsåtgärder i marinor vid invasionsfronten.
3	Storleksfördelningen av ostron längs med västkusten bör studeras närmare för att bidra till säkrare biomassauppskattningar.
1 och 3	Det saknas kunskap om stillahavsostronens ekologiska och ekonomiska effekter på hårt substrat, såsom på klippor eller på bryggor, vilket behövs för att uppskatta artens påverkan i södra Sverige.
1 och 4	Finansieringsmodeller för rensningsaktiviteter bör utredas, inklusive möjligheten att kombinera förvaltningsskörd med kommersiell skörd.
4	Långsiktiga miljöeffekter av borttagning av stillahavsostron och återkoloniseringspotential behöver utredas.
4	Effektiva men icke-destruktiva metoder för bortrensning av stillahavsostron i blandbankar behöver utvecklas.
4	Rensningsförsök bör expanderas till olika täthetsområden, framför allt handplockning i höga tätheter, och mer data behövs för storskaliga metoder.
4	Skördemetoder för hårt substrat behöver utvecklas; idag är manuell plockning och destruktions det enda alternativet på hårt substrat.
4	Utnyttjandet av stillahavsostron i olika produkter samt processhantering av skördade ostron behöver utvecklas vidare.
4	Utveckling av nya, ostronbaserade produkter, behöver åtföljas av analys av marknadspotential, hållbarhetsanalys och framtagandet av affärsplaner.

Appendix 4: Om projektet

Syftet med DynamO - Dynamisk förvaltning av det invasiva stillahavsostromet, var att underlätta för myndigheterna att besluta hur marina invasiva främmande arter med ett ekonomiskt värde ska hanteras. Genom att använda rätt metod på rätt ställe kan ostromens negativa effekter minskas samtidigt som de ekonomiska och miljömässiga fördelarna tas tillvara. Detta bidrar till två mål som är i fokus i samhället idag: cirkulär ekonomi (att minska produktionen av skräp och restprodukter och istället använda detta som en värdefull råvara) och hållbarhet. Syftet med projektet var mer formellt att utreda hur miljömässiga och socioekonomiska perspektiv för invasiva arter med ett kommersiellt värde kan integreras i förvaltning av dessa arter så att negativ påverkan minimeras och positiva effekter nyttjas.

För att lyckas med detta har vi tagit fram kunskap om vart och hur mycket ostrom som finns i Sverige, ostromens anpassningspotential till nya områden, spridningsvägar, påverkan och vi har utvärderat olika åtgärder för att rensa bort ostrom för att skapa en modell som kan hjälpa myndigheter att välja lämpliga åtgärder i specifika situationer. Grundtanken i modellen är att man behöver hantera arten olika i olika områden beroende hur långt den kommit i sin etableringsprocess, det vill säga hur länge arten har funnits i ett område och hur många ostrom det finns i området. Arbetet har skett i olika arbetspaket illustrerade i figuren nedan.



Projektet är ett samarbetsprojekt mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborgs Universitet, KTH och Universitetet i Agder. Författarna av rapporten har sammanställt och presenterat den information som samlats in och utvärderats under projektets gång, men är inte ensamma ansvariga för datainsamlingen. Totalt har 12 studenter deltagit i projektet, vi har samarbetat med sju olika företag och har haft ett fantastiskt stöd från vår referensgrupp bestående av deltagare från Naturvårdsverket, Havs och Vattenmyndigheten, länsstyrelserna i Västra Götaland, Halland, och Skåne, och WWF. I tillägg har vi haft kontakt med de flesta kustkommuner längs västkusten och över 20 markägare. Nedan presenteras författarna kort varefter de studentprojekt som bedrivits inom ramarna för projektet presenteras.

Kort om författarna



Åsa Strand jobbar på IVL Svenska Miljöinstitutet och är docent i marin ekologi. Hon har sedan 2009 bland annat arbetat med förvaltning av marina resurser med fokus på blåmusslor, inhemska ostron och det invasiva stillahavsostronet, och har kartlagt utbredning och habitatpreferenser av arterna, kvantifierat ekosystemtjänster och utvärderat förvaltningsåtgärder. I projektet har Åsa agerat projektledare och har lett arbetspaket 1 och 4.



Pierre De Wit är universitetslektor vid institutionen för Biologi och Miljövetenskap vid Göteborgs Universitet. Hans forskningsintressen fokuserar på hur organismer sprider sig i haven och hur brist på spridning mellan olika geografiska områden både kan skapa en struktur med lokalt anpassade bestånd, och mer sårbara lokalt isolerade bestånd. I projektet har Pierre lett arbetspaket 2.



Linus Hasselström är forskare på KTH, Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik. Hans forskning berör ekonomiska och finansiella frågor kopplade till bioekonomi och hållbart användande av marina resurser. Linus har medverkat i arbetspaket 1.



Alice Hedensjö har en master i marinbiologi och jobbar på IVL Svenska Miljöinstitutet och Universitet i Agder. Hennes forskningsintresse är marin ekologi, med expertis inom habitatmodellering. I projektet har Alice ansvarat för en del av arbetspaket 3, med fokus på stillahavsostronets utbredning och habitatpreferenser i Sverige.



Svenja Heß jobbar på IVL Svenska Miljöinstitutet med bl.a. hantering av stillahavsostron, ekosystem-tjänst- och policyanalyser. Hennes forskningsintresse inkluderar ett hållbart nyttjande av marina resurser. Hon har bidragit till arbetspaket 1 och 4.



Ane Timenes Laugen är professor vid Institutionen för Naturvetenskap på Universitet i Agder. Arbetar med effekten av antropogen påverkan på kustnära ekosystem med huvudfokus på bivalver. I projektet har Ane lett arbetspaket 3 och bidragit till generell projektledning.

Övriga deltagare i projektet

Anna-Lisa Wrange – tidigare anställd på IVL
Claire Roesch – tidigare anställd på IVL
Elisabet Henriksson – IVL
Frej Gustavsson – tidigare anställd på IVL
Helene Juliusson – IVL
Johanna Stadmark – IVL
Linda Dahlquist – IVL
Magnus Jansson – tidigare anställd på IVL
Alexandra Kinnby – Tidigare anställd på Göteborgs universitet
Chloé Robert – Göteborgs universitet
Göran Broström – Göteborgs universitet
Jonathan Havenhand – Göteborgs universitet
Youk Greeve – Göteborgs universitet
Molly C. Reamon – Universitetet i Agder

Fältassistenter

Thomas Holthuis – Överby naturvård
Celine Mood Egsæter – Universitetet i Agder
Johanna Bjånes Marcussen – Universitetet i Agder
Kaja Naima Viddal-Eide – Universitetet i Agder
Pauline Barras – Universitetet i Agder
Siri Årsheim Rutgersen – Universitetet i Agder

Övriga samarbetspartners som varit aktiva inom projektet

Anna Hörling form AB

Bryggudden

Elisa Hedin

Folkhögskolan i Grebbestad (lärare och elever på marinlinjen)

Hamn och sjö

Interesting Times Gang

Ivana Macek – Stockholms universitet

Leveranser och projektrapporter

Alla leveranser och projektrapporter ligger på DynamOs hemsida:
<https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>

Leveranser

D1.1 Publikation av en förvaltningsmodell för stillahavsostron (under framtagande).

Strand, Å., De Wit, P., Hasselström, L., Hedensjö, A., Heß, S., Laugen, A.T. (denna rapport). DynamO – dynamisk förvaltning av det invasiva stillahavsostronet. Leverans D1.2 Slutrapport inom DynamO projektet. Naturvårdsverket rapport.

Strand, Å., De Wit, P., Hasselström, L., Hedensjö, A., Heß, S., Laugen, A.T. (2025). DynamO – dynamisk förvaltning av det invasiva stillahavsostronet. Policy brief. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Kinnby, A., Robert, C., Havenhand, J., De Wit, P. (2023). Prognos för framtida spridning av stillahavsostron i Östersjön. Leverans D2.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2024-08-22

Broström, G., Kinnby, A., Robert, C., Havenhand, J., De Wit, P. (2024). Sannolikhet för framtida kolonisation av Stillahavsostron i Östersjön. Leverans D2.2 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-01-13

Hedensjö, A., Greeve, Y., Reamon, M. C., Strand, Å., Laugen, A. T. (2024). Populationsmodell av stillahavsostronet (*Magallana gigas*) på den svenska västkusten. Leverans D3.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2024-12-01.

D3.2 .shp filer av predikterade ostronhabitat läns svenska västkusten baserat på Hedensjö m.fl. (2024).

Roesch, C., Hedensjö, A., Henriksson, E., Wrangé, A.-L., Linder, E., Nyqvist, M., Strand, Å. (2025). Potential uses of oversized and clustered Pacific oysters from wild populations - Mapping of existing and future products. Rapport C883, IVL Svenska Miljöinstitutet, 48 s. Leverans D4.1 inom DynamO. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-03-11

Projektrapporter

I tillägg till ovanstående deltagare har ett flertal studenter från Göteborgs universitet och Universitet i Agder (UiA) deltagit i projektet. De rapporter och examensarbeten som har skrivits av studenter listas nedan. Två satellitprojekt finansierade av Blå mat – centrum för framtidens sjömat (som finansieras av Formas (diarienummer 2020-02834) och Västra Götalandsregionen (diarienummer RUN 2020-00352)) har också genomförts i samarbete med DynamO och är inkluderade i nedanstående lista.

Boëthius, T. (2022). Density dependent effects of the pacific oyster (*Magallana gigas*) on biodiversity. Examensarbete för masterexamen i marinbiologi (60p) vid avdelningen för marinbiologi, Göteborgs universitet. 27 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Cao Sanchez, J. (2022). Is the invasive Pacific Oyster promoting habitat forming macroalgae? Praktikantarbete för praktikplats på Tjärnö marina laboratorium, Göteborgs universitet. 1 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Costa, E., Wrangé, A.-L., Collier, E.S., Niimi, J., Strand, Å. (2023). Beyond raw: Investigating alternative preparation methods as a tool to increase acceptance of oysters in Sweden. *Future Foods*, 7: 100217. <https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1740159&dswid=3997>. Hämtad 2025-06-17

Eloranta, M. (2023). Pacific Oyster in the Baltic Sea? Answering the question if it could be possible and potential evolutionary issues. Examensarbete för masterexamen i biologi (30p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 23 s.

Hedensjö, A. (2024). Habitat preferences of the Pacific oyster (*Magallana gigas*) in the early invasion stages. Examensarbete för masterexamen (60p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 58 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Heß, S. (2024). To clear or not to clear? Ecosystem service and cost-efficiency implications for Pacific oysters (*Magallana gigas*) management in Sweden. Examensarbete för masterexamen (30p) vid Institutet för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 117 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Henriksson, E., Strand, Å. (2024). Stillahavsostron som en ny livsmedelsresurs: Ett satellitprojekt inom Blå Mat. Rapport C865, IVL Svenska Miljöinstitutet, 30 s. <https://ivl.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1914360&dswid=-5583>. Hämtad 2025-06-17

Le Gall, L. (2022). Development of a model to categorise the invasion phases of *Magallana gigas* on the Swedish west coast. Examensarbete för masterexamen (30p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 26 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Linder, E. (2022). En jämförelse av användningsområden och kemisk sammansättning av skal från blåmusslor och stillahavsostron. Examensarbete för kandidatexamen (30p) vid Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet. 48 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Martini, L. (2023). Evaluation of invasion stages and recruitment of the Pacific oyster, *Magallana gigas*, along the Swedish west coast. Examensarbete för kandidatexamen (15p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 28 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Nord, J. (2023). Påverkan av storlek och växtsätt på känslighet för värmebehandling hos stillahavsostron (*Magallana gigas*). Examensarbete för kandidatexamen (15p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 22 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Nyqvist, M. (2022). En kartläggning av användningsområden för kött från stillahavsostron. Examensarbete för kandidatexamen (30p) vid Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet. 36 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Palmqvist, K. (2023). Development of a framework for management objectives and associated tools for the invasive Pacific oyster, *Magallana gigas*, on the Swedish west coast. Kandidatarbete för kandidatexamen vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 49 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Roesch, C. (2023). Classification of invasion boundaries of *Magallana gigas* on the Swedish west coast and involvement of stakeholders in the dynamic management plan. Examensarbete för masterexamen (30p) vid Institutionen för marina vetenskaper, Göteborgs universitet. 66 s. <https://www.ivl.se/projekt/dynamo/publikationer-och-lankar.html>. Hämtad 2025-06-17

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

DynamO – Dynamisk förvaltning av stillahavsostron i Sverige

Framtagande av en adaptiv och dynamisk förvaltningsmodell som kan användas av myndigheterna för att hantera det invasiva men också kommersiellt intressanta stillahavsostronet i Sverige.

Rapportens författare har utvärderat ostronens förmåga att anpassa sig till låga salthalter, och deras spridningskapacitet till nya områden, samt har tagit fram data för att modellera ostronens utbredning och populationsstorlek. Olika metoder för att rensa bort ostron i både högtäthets- och lågtäthetsområden har testats, och kostnadseffektiviteten för olika metoder har analyserats. Möjligheten att utnyttja bortrensade ostron till olika produkter har också undersökts. Denna information kombineras i en analys av hur miljömässiga och socioekonomiska effekter av stillahavsostron kan integreras i en förvaltningsstrategi för arten. För att uppnå en effektiv förvaltning krävs en holistisk och adaptiv modell som kontinuerligt kan anpassas till nya förhållanden. Målet är att balansera kostnader och nyttor för att optimera förvaltningsinsatser och minimera ostronens negativa effekter samtidigt som dess positiva egenskaper utnyttjas. Förvaltningsstrategier bör kopplas till ostronens invasionsstadier och geografiska spridning. I rapporten presenteras också hur modellen kan generaliseras till andra liknande invasiva arter.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag och från Formas.



Havs
och Vatten
myndigheten