

Restaurering av övergödda havsvikar med hjälp av miljömusselodling

Rapport från projekt Hav möter Land



Hav møter Land

Klima vatten samfundsplanlægning sammen

Rapportnummer: 21

Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:46

ISSN: 1403-168X

Författare: Per Bergström, Mats Lindegarth och Susanne Lindegarth, Institutionen för Biologi och Miljövetenskap, Göteborgs Universitet

Utgivare: Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Datum: 2013-05-31

Omslagsfoto: Claes Hillén

Ämnesord: Vattenbruk, Blåmusslor, Havsbotmsmaskar, Övergödning, Förvaltning, Vattenkvalitet

Kontakt information

Per Bergström

per.bergstrom@bioenv.gu.se

Institutionen för Biologi och Miljövetenskap

Göteborgs Universitet

Box 463

405 30 Göteborg

Ange källa: Bergström, P., Lindegarth, M. och Lindegarth, S. 2013 Restaurering av övergödda havsvikar med hjälp av miljömusselodling.

Rapporten finns på www.havmoterland.se



Hav møter Land



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Interreg IVA
ÖRESUND - KATTEGÅT - SKAGERAK



GÖTEBORGS UNIVERSITET

| | |
|---|-----------|
| Sammanfattning | 4 |
| Bakgrund | 7 |
| Sambandet mellan ökad näringstillförsel och musslornas roll i näringsväven för att minska eutrofieringseffekter | 9 |
| Projektets övergripande syfte | 10 |
| Blåmusslor | 11 |
| Musselodling i Sverige | 12 |
| Delprojekt – syfte och status | 13 |
| 1. Tillväxt hos blåmusslor - rumslig och tidsmässig variation | 13 |
| Preliminära resultat | 14 |
| 2. Modellering av tillväxt | 16 |
| 3. Storskalig effektstudie | 17 |
| Preliminära resultat | 18 |
| 4. Havsborstmaskar under odlingar | 19 |
| Preliminära resultat | 20 |
| 5. Musselcatcher – övervakning av mussellarver | 23 |
| Preliminära resultat | 24 |
| Projektet i dag | 26 |
| Referenser | 27 |
| Hav möter Land | 28 |

Sammanfattning

År 2010 startade ett doktorandprojekt vid Göteborgs Universitet som syftar till att undersöka möjligheten att använda odling av blåmusslor för att motverka och minska effekten av övergödning i kustområdena längs den svenska västkusten. Den här rapporten ger en översiktlig beskrivning av projektet som helhet, dess bakgrund och hittills uppnådda resultat.

Blåmusslor filtrerar plankton och andra partiklar från vattenmassan som föda. I vattenområden med mycket blåmusslor – vilda eller odlade – kan blåmusslorna via sin filtreringskapacitet ta upp stora mängder näringsämnen (i huvudsak kväve och fosfor) och organiskt material, som annars skulle falla till botten och ev. orsaka syrebrist. Näringsämnena binds istället in som biomassa i musslorna. Genom att odla musslor som sedan skördas, kan näringsämnena och organiskt material föras bort från havet och effekterna av övergödningen minskas.

Till skillnad från en musselodling som är inriktad på att producera konsumtionsmussla, där produktionsstorlek och lönsamhet är viktiga faktorer, är ett framgångsrikt nyttjande av musselodling som en miljöåtgärd – miljömuskelodling - beroende av att den mängd musslor som kan skördas inom ett område är tillräckligt stor för att mängden näringsämnen som tas ur havet vid skörd skall ha en betydande påverkan på koncentrationerna av dessa näringsämnen i området. Odlingen i sig själv skall inte heller orsaka påtagliga negativa effekter på miljön.

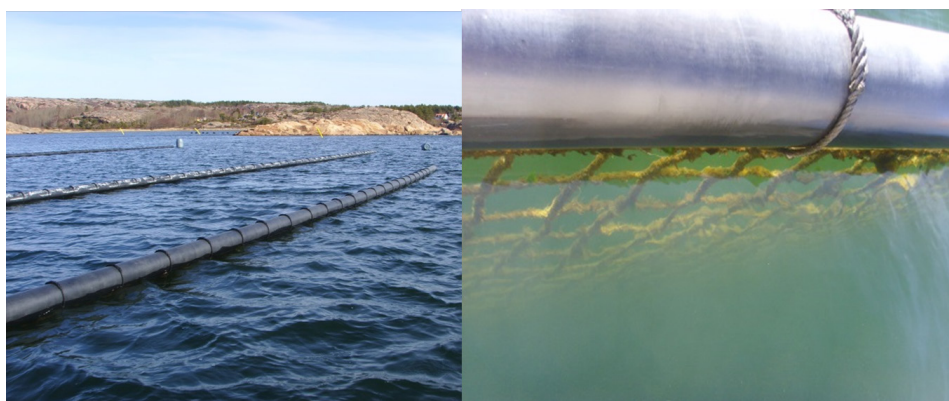
Möjligheten och potentialen att restaurera och åtgärda övergödda kustområden med hjälp av miljömuskelodlingar har undersökts i fem delprojekt med tillhörande försök:

- 1) Tillväxt hos blåmusslor - rumslig och tidsmässig variation
- 2) Modeller av tillväxt
- 3) Storskalig effektstudie
- 4) Havsborstmaskar under odlingarna
- 5) Övervakning av larvrekrytering - Musselcatcher

I delprojekt (1) har tillväxt (längd och biomassa) hos blåmusslor längs västkusten mätts och analyserats med avseende på hur tillväxten varierar

över tid och mellan områden. Då det av praktiska och ekonomiska skäl är omöjligt att mäta tillväxt i varje enskilt område så utformades en modelleringsstudie (2) där de uppmätta tillväxtvärdena och tillgänglig information om olika biologiska och hydrologiska parameterar nyttjas för att förutsäga tillväxten längs kuststräckan, både där tillväxt har mätts och där det inte kunde göras.

För att undersöka effekter av musselodlingar på omgivande vatten och bottenmiljö startades ett storskaligt försök i samarbete med ett musselodlingsföretag (3) där nya musselodlingar sattes ut i områden utan befintlig odling. Förändringarna på vattenkvalitetsparametrar och bottenmiljön i odlingsområdena och tillhörande referensområden följdes under en 2 års period (Figur 1). Experimentet var utformat så att den eventuella effekten som musselodlingar har på såväl liten skala (100-tals meter) som stor skala (km) skulle kunde utvärderas.



Figur 1. Musselodling med Smartfarm teknik vid den svenska västkusten. Foto: Per Bergström

Då det är känt att musselodlingar lokalt kan bidra till en anrikning av organiskt material och därmed till strukturella och biologiska förändringar i underliggande sediment (i.e. syrebrist) utformades ett laboratorieexperiment där effekten av omblandning och syresättning av sediment med hjälp av havsbortsmaskar utvärderades med avseende på bland annat nedbrytning av organiskt material (4). Syftet var att utvärdera en potentiell användning av dessa maskar under musselodlingar för att minimera de negativa lokala effekterna på bottenarna. Musselodling bygger på naturlig rekrytering av

musselyngel och en lyckad odling förutsätter därför att odlaren hänger ut repen vid rätt tillfälle då det är god tillgång på mussellarver som är redo att sätta sig fast för att börja tillväxa. Det gäller såväl för miljömusselodling som för odling för konsumtion. En ny metod – ”Musselcatcher” - för att övervaka rekryteringen av mussellarver och andra konkurrerande påväxtarter, med syfte att hitta det optimala tidsfönstret för att hänga ut sina odlingsrep, utvecklades och utvärderades (5).

Preliminära resultat från projektet tyder på att det finns en stor tillväxtskillnad hos blåmusslan mellan olika platser och att de olika platsernas exponeringsgrad har en betydande inverkan på skillnaderna i tillväxt. I bästa fall så kan produktionshastigheten fördubblas genom att rätt lokaler väljs ut. Från försöken med havsborstmaskar kommer lovande resultat som indikerar att effekten av nedfallet organiskt material från odlingar kan minskas genom att grävande maskar transplanteras in och odlas i sedimentet under odlingen. Musselcatcher-metoden har visat sig betydelsefull för identifiering av lokaler med god tillgång på mussellarver samt som metod att kunna välja rätt tidpunkt att hänga ut odlingen vid säsongstart. Dessutom fungerar metoden som en hjälp för att undvika konkurrerande organismer så som sjöpungar. Musselcatcher ökar således möjligheten att framgångsrikt få just blåmusslor att växa på odlingsutrustningen, som är en förutsättning för all musselodling.

Rapporten inleds med en kortare beskrivning av bakgrunden till projektet följt av en beskrivning av blåmusslan som organism och dess roll i näringsväven. Därefter presenteras de olika delprojektens syfte och nuvarande status. Rapporten avslutas med en kortfattad summering av de preliminära resultaten och projektets planerade fortskridande.

Bakgrund

I marina kustområden finns några av de mest värdefulla ekosystemen på jorden¹. Dessa områden är också några av de mest utsatta och känsliga för mänsklig påverkan. Ett av de globalt största hoten mot havet generellt, och de känsliga kustområdena i synnerhet är

Övergödning är: "Ökad primärproduktion som en följd av ett överskott av näringsämnen från mänskliga aktiviteter, oberoende av den naturliga produktiviteten för området i fråga" Europeiska miljöbyrå

orsakade av ökad tillförsel av näringsämnen fr.a. kväve och fosfor som en följd av människans aktivitet. Den ökade mängden näringsämnen orsakar övergödning vilket kan leda till många oönskade förändringar i ekosystemets sammansättning och funktion². Det finns flera olika definitioner av vad övergödning egentligen är men idag är den Europeiska miljöbyråns definition den mest frekvent använda.



Figur 2. Bottendöd till följd av övergödning. Foto: Per Bergström

Närheten till land där belastningen av näringsämnen är hög och vattenutbytet är begränsat gör att effekterna av övergödning är särskilt tydliga i kustområdet. Dessa områden har en avgörande betydelse för kustens produktionsförmåga och utgör viktiga miljöer i form av barnkammare och födokällor för både bottenlevande djur, fisk och fåglar. Den ökade primärproduktionen orsakar en ökad belastning av organiskt material i det biologiska systemet, vilket i sin tur kan leda till sänkta syrehalter i såväl vattenmassan som bottensedimentet, förändrad artsammansättning och bottendöd^{3,4} (Figur 2).

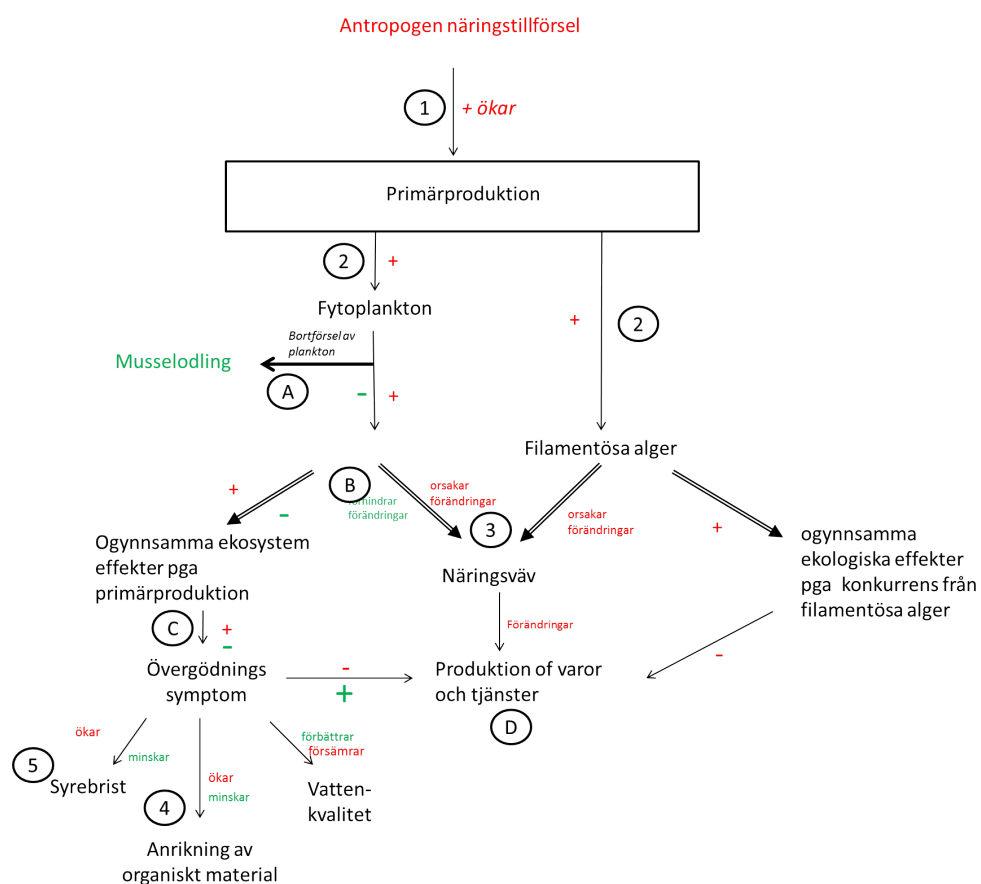
Idag finns få om något enda kustnära område som inte är påverkat av mänsklig aktivitet världen över⁵. Den viktiga funktionen som kustnära ekosystem utgör och det ökade trycket på dessa områden från mänsklig påverkan har lett till att fler och fler försök görs både för att reducera näringsinflödet till havet och för att återställa påverkade områden. För att minska övergödningen och dess effekter krävs att utsläppen av framför allt kväve och fosfor, kontrolleras och reduceras^{6,7}. Detta är ganska enkelt att göra för väldefinierade punktkällor som går via reningsverk, medan det är mycket svårare för diffusa källor så som avrinning från land eller via luften. Generellt kan man dela upp åtgärder i två grupper, orsaksbehandlande och symptombehandlande beroende på insatsens karaktär. Orsaksbehandlande insatser angriper källan till näringsämnena medan de symptombehandlande åtgärderna tar sig an näringsämnena som redan nått havet.

Längs Sveriges kuster är effekten av övergödning tydlig och initiativ till att minska övergödningen i dessa miljöer har tagits på både EU-nivå genom Marina direktivet (MSFD) och Vattendirektivet (WFD) och lokalt (bland annat genom LOVA-bidraget). I rapporten ”Restaurering av övergödda havsvikar i Västerhavets vattendistrikt”⁸ föreslås flera olika åtgärder för att förbättra kustområdena. En av de åtgärder som föreslås är odling av musslor för att ta bort näringsämnena från vattnet och förbättra miljöstatusen i dessa områden.

Principen bakom musselodling som miljöåtgärd i övergödda kustområden baseras på att musslorna binder in kväve och fosfor i sin biomassa via filtrering av plankton och partiklar från vattenmassan (Figur 3). En odling kan liknas vid ett stort filter som kontinuerligt filtrerar ut partiklar från vattnet som rinner igenom den. Musslorna tillväxer och när musslorna sedan

skördas plockas de inbundna näringsämnena bort från vattnet och återbördas till land. Då blåmusslans biomassa består av ca 1% kväve och 0,1% fosfor så kommer en skörd av 1000 ton musslor att innebära att man tar bort ungefär 10 ton kväve och 1 ton fosfor från havsmiljön.^{9,10}

Sambandet mellan ökad näringstillförsel och musslornas roll i näringsväven för att minska eutrofieringseffekter



Figur 3. Schematisk skiss över näringsflöden och förväntade effekter av musselodlingar.

Den antropogena näringstillförseln (1) via diffusa utsläppskällor orsakar en ökad primärproduktion vilket gynnar växtplanktonarter och fintrådiga alger som snabbt kan ta upp näringsämnena och inkorporera dessa vilket medför att de snabbt kan producera stora mängder biomassa och i vissa fall bilda ”mattor” som täcker stora områden (2). Det leder till en ökad biomassa och förändringar i artsammansättningen hos organism-samhället (3). Då mängden fytoplankton dvs. organiskt material ökar till följd av kväve och

fosfortillförseln riskerar en ökad ackumulation ske på bottenarna när planktonblomningarna avtar (4). Det organiska materialet bryts ner i syreförbrukande processer och i förlängningen kan den ökade primärproduktionen leda till syrefria bottenar och bottenöd (5). Musslornas funktion i näringsväven är att filtera fytoplankton och andra partiklar från vattenmassan (A). Då minskar mängden organiskt material som faller ner till bottenarna. Vid skörd av odlade musslor förs kväve, fosfor och organiskt material som bundits in i musslornas biomassa bort från havet och återförs till land (B). På så sätt tas näringsämnen ut ur det marina ekosystemet. Odling av musslor utgör därmed en möjlighet att motverka övergödning och restaurera övergödda havsvikar (C). Något som säkerställer att ekosystemets produktion av varor och tjänster inte försämras (D).

Projektets övergripande syfte

Projektet syftar till att fånga upp de slutsatser och förslag på fortsatta åtgärder för musselodling som restaureringsåtgärd som finns framtagna i rapporten “Restaurering av övergödda havsvikar i Västerhavets vattendistrikt”.⁸

Även om musselodling har lyfts fram i flera viktiga utredningar som möjlig åtgärd i övergödda kustområden så återstår en hel del utmaningar innan odlingar kan etableras i syfte att restaurera övergödda områden. Områden som är lämpliga för musselodling behöver identifieras, såväl ur produktionssynvinkel som ur olika användar-anspråk längs kusten för att undvika konflikter. De vattenbruksplaner som tagits fram för Västra Götalands län¹¹ samt för Kosterhavets Nationalpark¹² är ett första steg mot att identifiera potentiella musselodlingsområden ur ett användarperspektiv. Detta projekt syftar till undersöka den biologiska/produktionsmässiga delen av miljömusselodling.

För att kunna planera för miljömusselodling behövs ökad kunskap om musslors tillväxt och potential att ta upp näringsämnen i framförallt de grundare områdena längs kusten, där effekterna av övergödning är som kraftigast. Med hjälp av tillväxtdata kan modeller för miljömusselodling utarbetas och användas i planer och riktlinjer för vattenbruket, där lämplighet dels ur odlingssynpunkt men också ur restaureringssynpunkt ställs i relation till andra värden och intressen.

Projektet är ett doktorandprojekt vid Göteborgs Universitet och beräknas vara slutfört under 2014. Det innebär att resultaten som redovisas i rapporten skall betraktas som preliminära. Slutresultaten från projektet kommer att presenteras i en doktorsavhandling under 2014, där bl.a. en plan för miljömusselodling i Västerhavet kommer att föreslås.

Blåmusslor

Filtrerande musslor är en ofta förekommande och funktionellt viktigt organismgrupp i kustområden världen över^{13,14}. Blåmussla (*Mytilus edulis*) är en av de vanligaste arterna i Europa i tidvattenzoner ner till 10-15 meters djup och förekommer ofta i stora mängder, fastsittande på substrat via byssustrådar (Figur 4). Förutom att blåmussla är en ekonomiskt viktig art i odling och fiske så har den också en mycket viktig roll i grunda marina områden där blåmusslor ofta bildar stora bankar bestående av både levande musslor och döda skal. Dessa bankar utgör en viktig del av hela ekosystemets näringsväv och struktur. Den bottenstruktur som blåmusslorna skapar har ofta en hög artrikedom och biodiversitet samt påverkar många biologiska och kemiska processer i den omgivande miljön^{15,16}. Musslorna i sig utgör en viktig födokälla för predatorer så som krabbor, fiskar och fåglar¹⁷.



Figur 4. Tät matta av blåmusslor fästa till substratet och varandra med hjälp av byssustrådar. Foto: Hans Segers.

Då blåmusslorna filtrerar sin föda, som består av växtplankton, detritus (dött organiskt material) och andra mikroskopiska organismer (0,002-0,2 mm stora) från vattenmassan, påverkar dom både funktion och biodiversitet i bottenmiljön och den fria vattenmassan^{17,18}. Musselpopulationerna kan via sin filtreringskapacitet ha en enorm påverkan på planktonsamhället, då en enda individ av normal skördestorlek (5.5 cm, 15 g våtvikt) kan filtrera ungefär 1-3 liter vatten per timme och ännu större musslor kan filtrera 4-6 liter per timme.^{17,19} En odling på 200 ton med skördefärdiga musslor skulle filtrera allt vatten i ett område som täcker 1 km² och är i genomsnitt 10 m djupt (= 10 miljarder liter) på mellan 1 vecka och 1 månad. Filtreringshastigheten är till stor del bestämd av de hydrodynamiska förhållandena (dvs strömförhållanden) då musslornas aktivitet är beroende av födotillgången och densiteten av plankton vilka påverkas av de hydrodynamiska förhållandena.

Musselodling i Sverige

I Sverige används framför allt den så kallade ”long-line”-metoden för att odla musslor, vilket i korthet innebär att man hänger ut odlingsband som mussellarverna kan sätta sig fast och tillväxa på (Figur 5). På senare år har även andra metoder, bland annat Smartfarm[®] (www.smartfarm.no), testats (Figur 1). Där används långa rör som flythjälpmiddel med stormaskiga nät som hänger ner i vattnet och som mussellarverna fäster och växer på. Det är främst Smartfarm tekniken som har förespråkats och testats för att odla miljömusslor då denna anses vara mer kostnadseffektiv och kräver mindre underhåll jämfört med long-line metoden. Smartfarm odling har bl.a. provats i Östersjön²⁰ samt i detta projekt.

I Sverige har musselindustrins utveckling gått långsamt, trots en kraftig global ökning. Med en produktion om >2000 ton per år (SCB) är Sverige knappt märkbara på den globala marknaden med endast ungefär 0.01 % av den totala produktionen. En andel som skulle kunna vara betydligt större då den svenska västkusten har en stor utvecklingspotential för musselodling med många lämpliga odlingsplatser och näringsrika vatten som ger en hög tillväxthastighet.

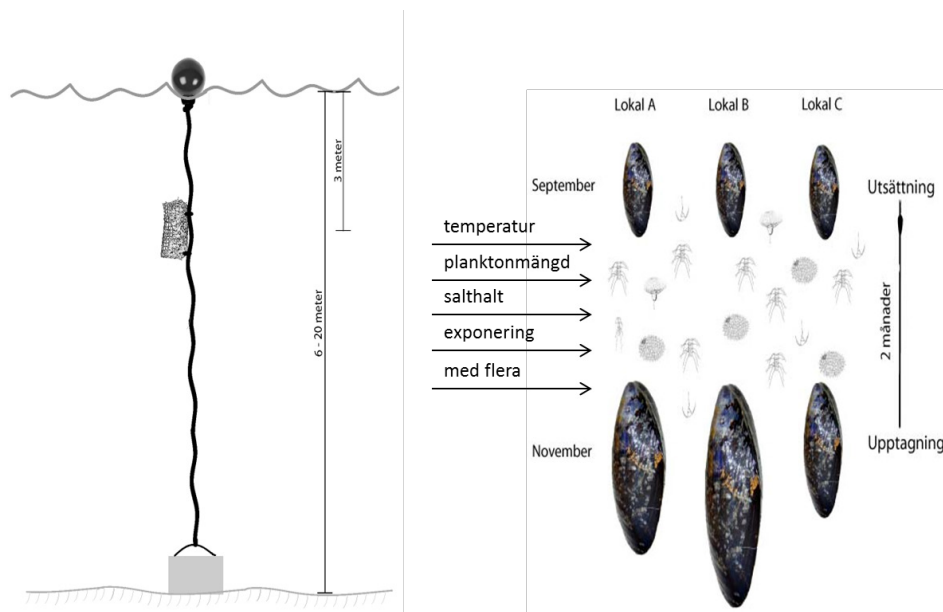


Figur 5. Long-line odling på Svenska västkusten. Foto: Per Bergström

Delprojekt – syfte och status

1. Tillväxt hos blåmusslor - rumslig och tidsmässig variation

Projektets första del består av ett fältexperiment där tillväxtdata från mer än 100 lokaler har samlats in (se Figur 7). Burar med blåmusslor har hängts ut under 2 månader för att därefter mäta och beräkna tillväxten i längd och biomassa (Figur 6). Tillväxtmätningar av biomassa kräver att musslorna avlivas och därför användes i försöket en gemensam population av musslor av känd medelstorlek. Genom att beräkna skillnaderna mellan medelstorleken vid försökets start och uppmätt storlek/vikt efter att musslorna hängt ute kunde medeltillväxten beräknas. Tillväxtförsöket har genomförts vid fyra olika tillfällen mellan 2010 och 2012. Information och kunskap om tillväxtmönster är av stor vikt för att kunna förstå ekosystemets funktion, för att kunna analysera och utvärdera hur mycket näringsämnen som kan plockas bort från havet med hjälp av miljömusselodlingar samt för en framgångsrik planering och hantering av miljömusselodling.



Figur 6. Illustration över tillväxtexperimentets konstruktion (vänster), samt exempel på lokala tillväxtskillnader och faktorer som kan påverka tillväxtskillnaden mellan lokaler

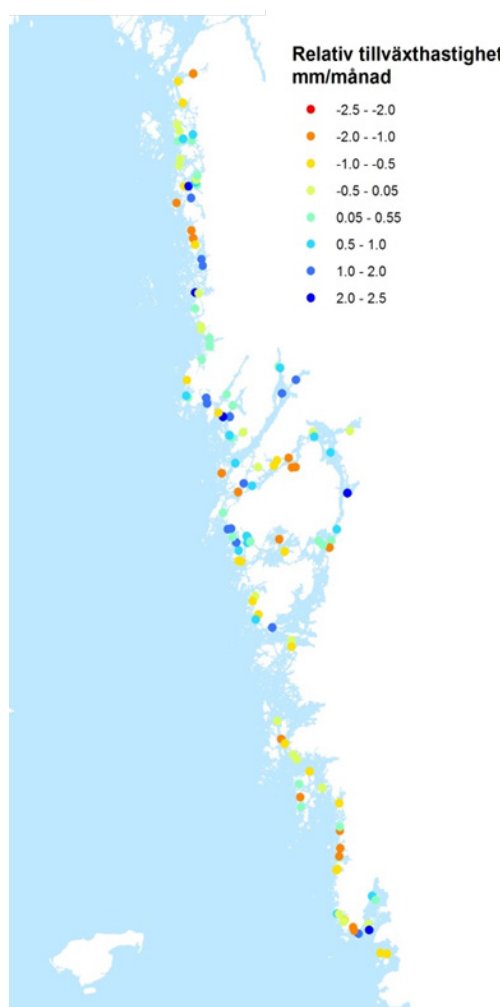
Det insamlade materialet används dels för att studera rumsliga mönster i tillväxt och hur förutsägbara dessa mönster är över tid men också för att undersöka hur tillväxten ser ut i förhållande till olika biologiska och fysikaliska parametrar, som vi exemplifierat med parametern ”Exponeringsgrad” nedan. Större delen av dessa analyser kommer ske i samband med delprojekt 2 ”Modellering av tillväxt”, där förutom exponeringsgrad också data för flera näringsämnen, syrehalter i vattnet, klorofyll samt parametrar rörande vattenrörelser kommer att användas.

Preliminära resultat

Genom att analysera tillväxtdata från ett antal lokaler och tillfällena har vi kunnat visa att de rumsliga mönster som finns i tillväxt mellan olika lokaler är stabila över tid, vilket också kan uttryckas som att en specifik lokal som, i förhållande till andra lokaler, har hög tillväxt år 1 också kommer att ha det år 2. Detta medför att vissa områden har bättre förutsättningar för snabb tillväxt än andra och därmed är bättre ur odlings synpunkt.

De uppmätta tillväxthastigheterna tyder på att genom att välja ut rätt lokaler så kan musselproduktionen och därmed bortförslagen av näringsämnen från ekosystemet via skörd av odlade musslor i bästa fall fördubblas jämfört med

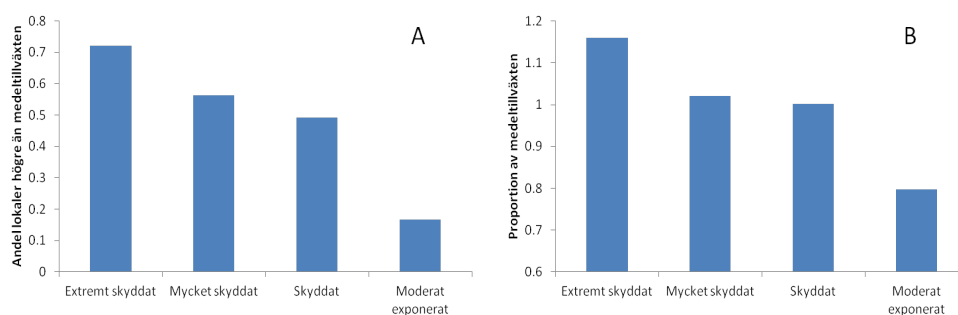
om odling sker i ett mindre lämpligt område med låg tillväxthastighet (Figur 7). Detta medför också att det ur restaureringssynvinkel är viktigt att undersöka och välja ut rätt område för miljömusselodling då dess positiva effekt kan vara betydligt högre om rätt område väljs ut.



Figur 7. Preliminära resultat över tillväxthastighet längs den svenska kusten. Tillväxt anges som relativ tillväxt i mm per månad.

De preliminära resultaten visar också på att exponeringsgrad, dvs hur utsatt lokalen är för vågpåverkan är en faktor som kraftigt påverkar tillväxthastigheten. Klassificeringen av exponeringsgrad följer det europeiska EUNIS-systemet²¹ som används i nationella och internationella naturvårdssammanhang. Våra mätningar visar tydligt på att mängden näringsämnen som kan tas bort per tidsenhet kan vara betydligt lägre i exponerade områden än i mer skyddade områden pga sämre tillväxt i de exponerade lägena. Som exempel kan man beräkna att en odling i ett moderat exponerat läge kan komma att ge en skörd som är ungefär 20% lägre än medeltalet för alla undersökta områden, medan en odling i mer skyddade områden istället kan ge en skörd som är ca 15% högre än medelodlingen (Figur 8).

Då skörden blir mindre i mer exponerade områden kommer också mängden näringsämnen som kan tas bort från havet via miljömuskelodlingar att bli lägre i dessa områden och därmed kan den positiva effekten på miljön bli mindre tydlig här. Vidare visar de preliminära analyserna på att 70% av lokalerna i extremt skyddade miljöer uppvisar en högre tillväxthastighet än den genomsnittliga lokalen, medan endast 15% av de moderat exponerade lokalerna uppvisar en bättre tillväxt (Figur 8).

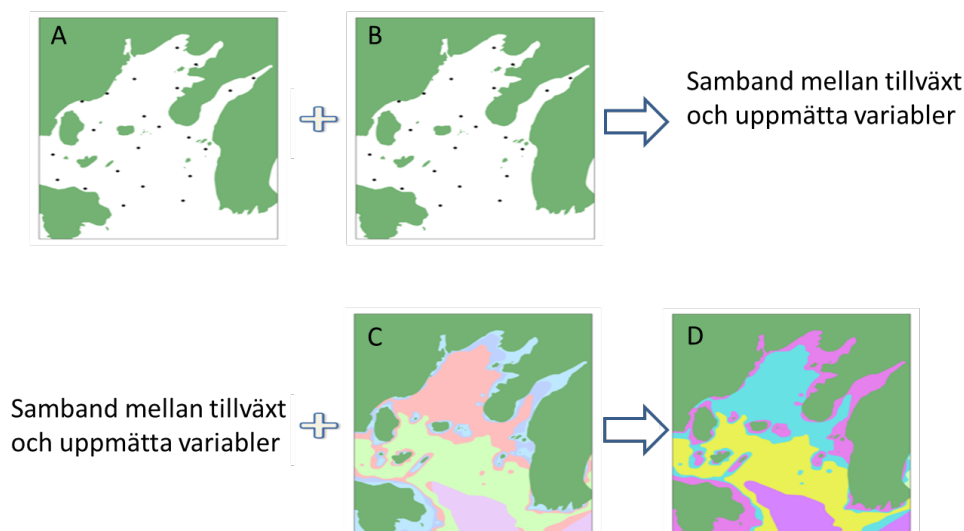


Figur 8. Samband mellan museltillväxt och exponeringsgrad. (A) Andelen lokaler med en högre tillväxthastighet än genomsnittet och (b) Relativ tillväxthastighet för de fyra olika exponeringsgraderna.

2. Modellering av tillväxt

De resultat som erhålls från delprojekt (1) kommer tillsammans med tillgänglig information för flera olika vattenparametrar (exponering, salthalt, temperatur m.fl.) användas för modellering av tillväxthastigheten i olika områden. Modelleringen syftar till att undersöka samband mellan den uppmätta tillväxthastigheten (Figur 9A) och olika vattenparametrar (Figur 9B) för lokalerna. Sedan utnyttjas dessa identifierade samband tillsammans med data för samma vattenparametrar från områden där tillväxthastighet ej mätts (Figur 9C) för att förutsäga hur tillväxten kommer se ut i dessa områden (Figur 9D). Mycket förenklat kan man likna det vid att om man observerar att tillväxten hos en organism är snabbare ju mer skyddat området den växer i är (likt observeras i Figur 8) med ett visst samband t.ex. ”tillväxt = exponeringsgrad*grundtillväxt för musslor” eller ”tillväxt = musslans storlek*exponeringsgrad²”, så kan man använda sig av detta samband för att förutsäga vad tillväxten kommer att vara i ett område där man vet exponeringsgraden men som man saknar information om tillväxthastigheten för.

Genom att ta fram och utvärdera modeller för förutsägelse av musseltillväxt, dvs samband mellan musseltillväxt och flera olika variabler för respektive lokal, kommer vi att kunna producera heltäckande kartor över tillväxtpotential längs västkusten. Kartor som kan användas för en framgångsrik planering av miljömusselodling och skötsel längs västkusten.



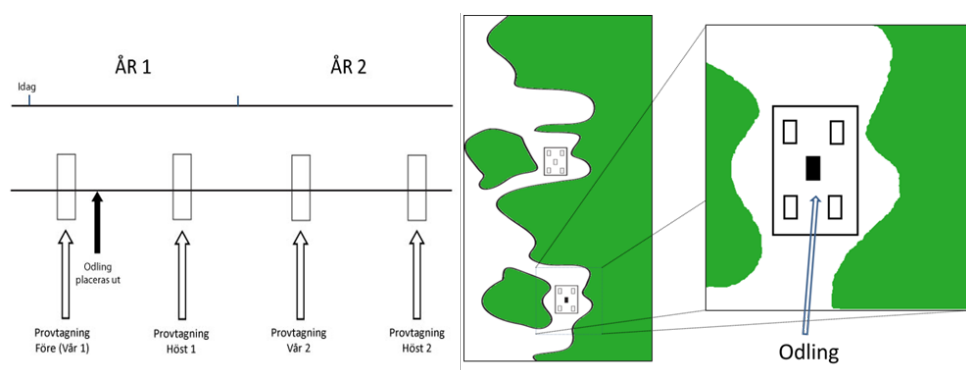
Figur 9. Schematisk illustration över hur tillväxtdata och information om vattenparametrar kan användas för att förutsäga tillväxten i områden där mätdata saknas. A) lokaler där tillväxthastighet mätts, B) data för vattenparametrar (t.ex. salthalt eller temperatur) för samma lokaler, C) heltäckande data för samma vattenparametrar och D) förutsagd tillväxthastighet för hela området.

Detta delprojekt kommer att slutföras under hösten 2013 vilket gör att inga resultat finns tillgängliga vid rapportens tillkomst.

3. Storskalig effektstudie

I denna studie undersöks vilken effekt en musselodling kan ha på omgivande vatten- och bottenmiljö. Att veta vilka effekter, såväl positiva som negativa, som musselodlingar har på olika skalor är viktigt när man ska utvärdera musselodlingar som en miljöåtgärd i övergödda områden. För att undersöka detta sattes nya musselodlingar ut i två områden och flera vatten- och bottenvariabler följdes upp under två säsonger (vår och höst). Försöken gjordes i samarbete med musselodlingsföretaget Orust Shellfish AB och vi använde oss av odlingstekniken Smartfarm för våra experiment. Provtagning skedde under våren respektive hösten, med två

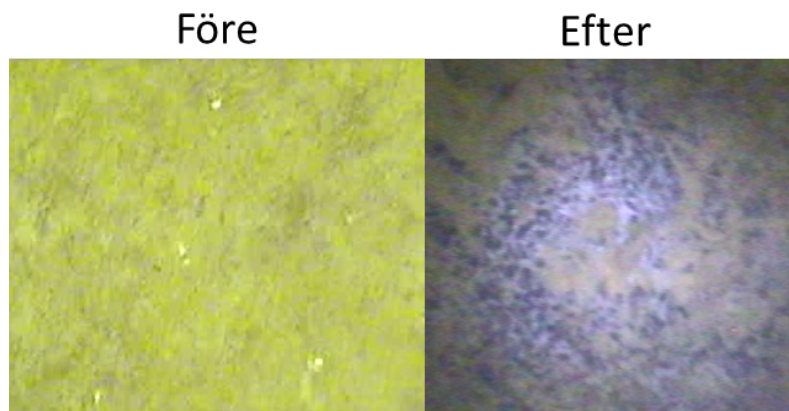
provtagningstillfällena inom varje säsong (Figur 10). Genom att filma botten, mäta siktdjup och analysera närhalter och klorofyllkoncentrationerna i de olika lokalerna. Genom att jämföra data för odlingarna med data från referensområden på två olika avståndsskalor (100 m respektive 1 km skala) är målet att kunna identifiera vilka effekter musselodlingar har på de olika avståndsskalorna. Då vattenparametrarna varierar i såväl tid som rum replikerades provtagningarna inom varje lokal för att säkerställa ett så bra dataunderlag som möjligt.



Figur 10. Översikt över provtagning och schematisk illustration av experimentuppställning i effektstudien.

Preliminära resultat

Data från effektstudien är ej färdiganalyserade, men de första preliminära resultaten tyder på att musselodlingar har en mycket snabb (2-3 månader) negativ effekt på botten direkt under odlingen med ökad mängd organiskt material, syrebrist och viss bottendöd som följd (Figur 11). Tyvärr så försvann stora mängder av musslorna från odlingarna mellan säsong 1 och 2 pga att ejdrar åt upp musslorna. Det kommer att minska möjligheterna att upptäcka effekter som musselodlingen skulle ha haft med ”normal” mängd mussla. Då alla analyser ej är gjorda kan vi i detta läget varken utesluta positiva eller negativa effekter på vatten- och bottenmiljön.



Figur 11. Före och ca 3 månader efter en odling satts ut. Före: Levande, syresatt botten. Efter: Syrebrist och till stor del död botten. Foto: Per Bergström

4. Havsborstmaskar under odlingar

När musslor filtrerar föda från vattnet produceras fekalier som tillsammans med annat nedfall från odlingar (döda och levande musslor, skal, andra djur som lever i och kring odlingen etc.) kan öka sedimentationen och ackumuleringen av organiskt material på sedimentytan. Denna ackumulation av organiskt material kan leda till många oönskade effekter på bottensamhället och den kemiska statusen i sedimentet. Dock har tidigare studier visat på att effekten oftast är väldigt lokal (<50 m) kring odlingen.

För att man på ett lyckosamt sätt skall kunna utnyttja musselodlingar i ett miljöarbete så är det viktigt att kontrollera och minimera dessa effekter. En möjlighet kan vara att tillsätta grävande organismer såsom havsborstmaskar, som lever på organiskt material och rör om och syresätter sedimentet. För att undersöka till vilken grad två arter av grävande maskar kan påverka sedimentkemin sattes flera mindre experiment upp i samarbete med Dansk Skaldyrcenter i Limfjorden (Nykøbing Mors). Hypotesen är att maskarna genom sitt grävande skapar tre-dimensionella strukturer och förbättrar syresättningen i sedimentet och därmed sker en stimulering av nedbrytningen av organiskt material (Figur 12).



Figur 12. Exempel på grävande maskar, *Hediste diversicolor* (till vänster) och tre-dimensionell struktur, här i form av en gång (se röd pil) som maskarna skapar i sedimentet. Foto: Per Bergström

Tanken bakom idén är att genom att tillsätta uppodlade maskar i sedimentet i samband med utsättning av musselodlingar så skulle man kunna förhindra att organiskt material ackumuleras under odlingarna genom maskarnas aktivitet i sedimentet. De inledande studierna har fokuserat på maskarnas inverkan på flöden av näringsämnen och syre mellan sediment och vattenmassan. Nästa delmoment som kommer att genomföras under sommaren 2013 är att undersöka hur bra musselfekalier är som födoämne för maskarna, och om maskarna kan överleva och tillväxa lika bra i ett ”fekalieberikat sediment” som i ett naturligt sediment.

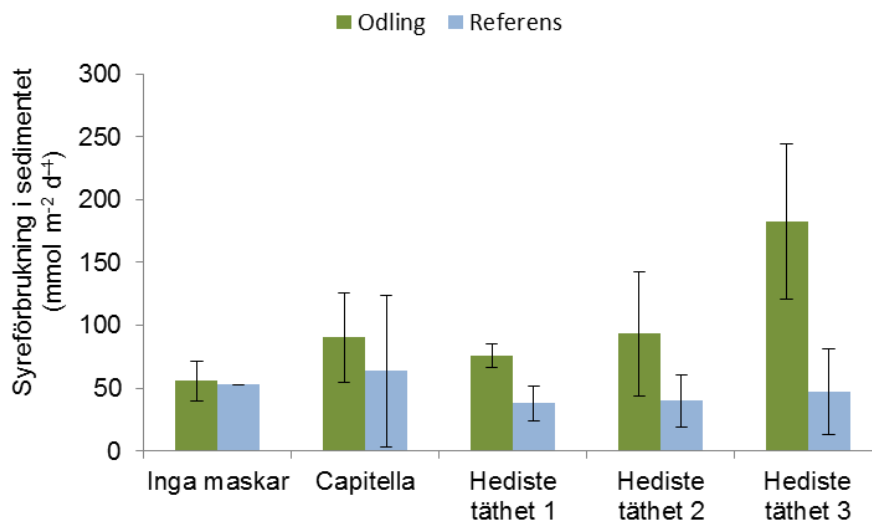
Preliminära resultat

De preliminära resultaten från de inledande maskstudierna tyder på att de två olika maskarterna som ingått i försöken har olika stora effekter på nedbrytningen av organiskt material. Den mindre arten (*Capitella* sp.), som har ett grävande mönster som är mer ytligt än den större och mer djupgrävande arten (*Hediste diversicolor*), verkar ha en mindre effekt på nedbrytningen jämfört med *Hediste*, och den effekt som kan ses är i sedimentets översta centimeter. *Hediste* verkar däremot ha en tydlig effekt på nedbrytningen av det organiska materialet och effekten ökar med högre tätheter av maskar (Figur 13).

Trots att det kan, genom att bara titta på att titta på den ökade syreförbrukningen, tyckas negativt med havsbortsmaskar i sedimentet då

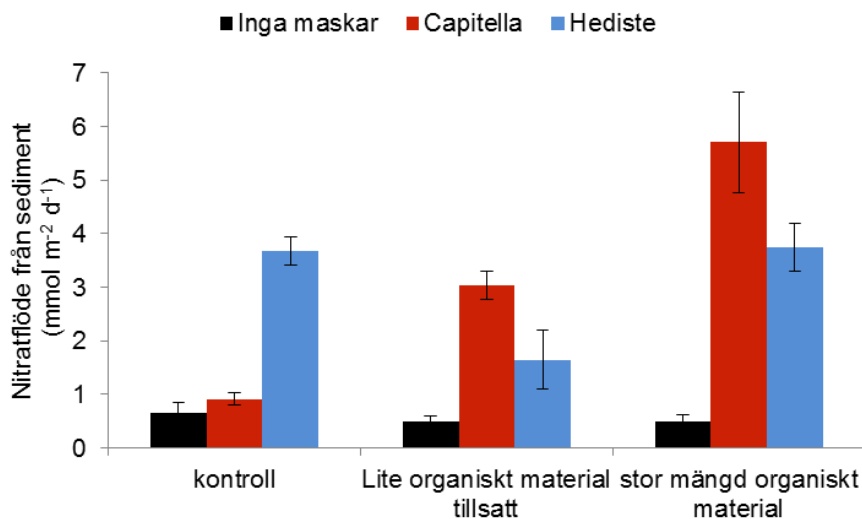
syreförbrukningen ökar så har havsborstmaskarna en positiv effekt på bottenmiljön. Detta då den ökade förbrukningen innebär att nedbrytningen av organiskt material sker snabbare och minskar risken för att organiskt material ackumuleras på bottenarna. Därmed minskar risken för att syreförbrukningen i ett senare skede kommer överstiga mängden tillgängligt syre i sedimentet. Maskarnas aktivitet innebär också att syre blandas ner i sedimentet vilket ökar syrekoncentrationen i sedimentet och därmed kommer nedbrytningen av organiskt material och den syreförbrukning som sker då inte att förbruka allt syre. Sedimentet kommer att vara syresatt och dessutom innehålla mindre mängd organiskt material än om inga maskar hade funnits.

Resultaten visar också på att syreförbrukningen bara ökar då mängden organiskt material i bottensedimentet är hög, som under en musselodling. När sedimentet är välmående som vid en referensstation utan en anrikning av organiskt material så sker ingen markant förändring i sedimentets syreförbrukning (Figur 13). Från dessa resultat kan slutsatsen dras att sediment som innehåller *Hediste diversicolor* har en högre kapacitet att ta emot organiskt material utan att en ackumulering sker, jämfört med sediment som saknar *Hediste*. Dessa resultat tyder på att det skulle kunna vara en möjlighet att delvis förhindra de negativa effekterna från en musselodling genom att samtidigt ”odla” *Hediste diversicolor* eller andra arter med liknande effekt på nedbrytningen av organiskt material under odlingarna.



Figur 13. Preliminära resultat över syreförbrukningen i sediment som innehåller maskar respektive saknar maskar efter 5 veckor.

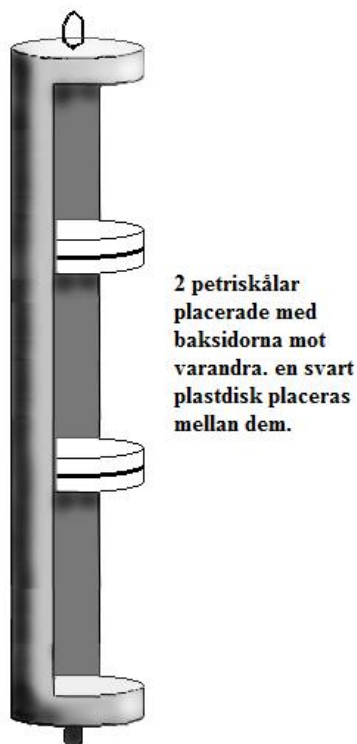
Resultat över förändringar i näringsflöden mellan sediment och ovanliggande vattenmassa (Figur 14) stärker ytterligare resultatet av en ökad nedbrytningshastighet och förbättrad miljö i sediment som är anrikad med organiskt material får en musselodling. Resultaten visar tydligt på att både *Capitella* och *Hediste* har en direkt påverkan på flödet av nitrat, med ett ökat flöde som tyder på en ökad nedbrytning i sedimentet.



Figur 14. Preliminära resultat över hur flödet av nitrat från sedimentet till det omgivande vattnet ökar med ökad mängd tillsatt organiskt material för de olika arterna

5. Musselcatcher – övervakning av mussellarver

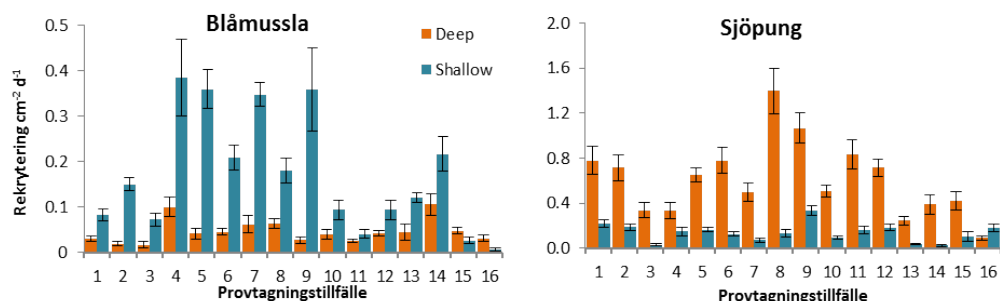
All lyckad musselodling bygger på framgångsrik rekrytering av mussellarver som sätter sig fast på odlingen samtidigt som att andra konkurrerande påväxtorganismer helst inte skall förekomma. För att bättre kunna förutsäga tidpunkten att sätta ut musselband i odlingar testades och utvärderades en metod för att mäta rekryteringsfärdiga mussellarver. Försöken gjordes i samverkan med fyra musselodlingsföretag. Metoden kallas Musselcatcher och mäter framförallt förekomsten av settlingsfärdiga mussellarver, men också larver av bl.a. den besvärliga konkurrenten *Ciona intestinalis* – tarmsjöpfung - som idag utgör ett av de största problemen för musselodlare längs den svenska kusten. Musselcatcher bygger på att man under settlingsperioden sätter ut plattor – Petriskålar - i ett specialdesignat PVC-rör i havet där man önskar odla (Figur 15). Plattorna tas upp och byts ut ca var tredje dag och därefter artbestäms och räknas musselyngel och eventuella andra arter i en standardlupp. Metoden ger en bild över hur mängden mussellarver och andra larver sätter sig fast över tid och därmed kan den optimala tidpunkten för utsättning av odlingar bättre bestämmas. En mer detaljerad beskrivning av metoden finns att läsa i rapporten ”Musselcatcher” utgiven av Vattenbrukcentrum Väst vid Göteborgs Universitet under 2013. Rapporten finns tillgänglig på:
http://www.vbcv.science.gu.se/digitalAssets/1447/1447102_musselcatcher_130415.pdf



Figur 15. Schematisk figur över Musselcatcher-kollektorn i vilken provplattorna fästs. Figur: Thomas Holthuis Dunér

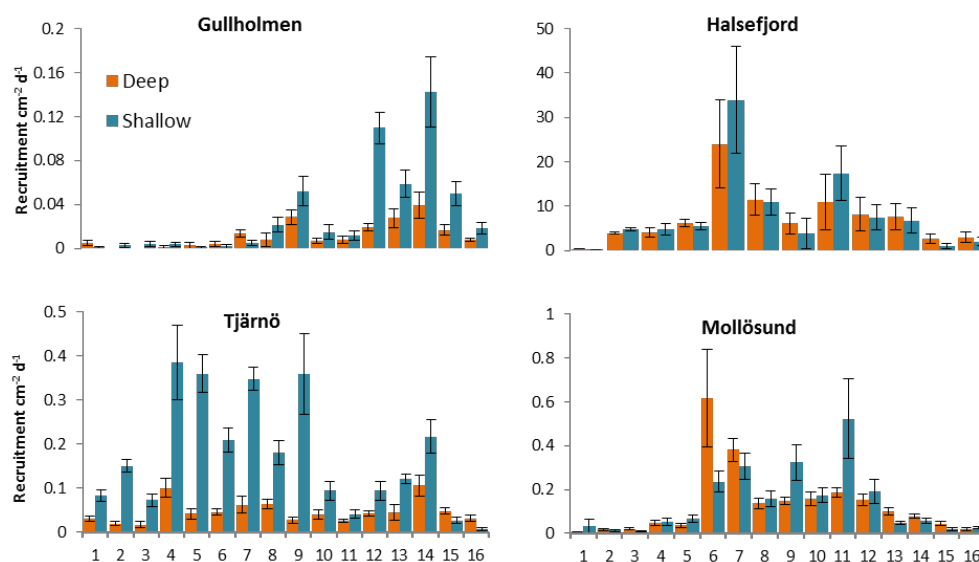
Preliminära resultat

De utförda testerna av metoden tyder på att den ger en god uppskattning av sammansättningen av de larver som är redo att sätta sig fast och att tidsupplösningen är stor. Med andra ord kan nyttjande av Musselcatcher-metoden bidra till att musselodlingen kan sättas ut när andelen mussellarver i förhållande till andra organismers larver är som störst, alternativt när andra för odlingen besvärliga arters larver inte finns i vattnet. Resultaten visar också på att det är viktigt att mäta rekryteringen på olika djup då olika arter uppvisar olika mönster. I vår studie så såg man tydligt att mussellarverna främst satte sig fast lite grundare medan sjöpungen *C. intestinalis* föredrog lite djupare områden (Figur 16).



Figur 16. Rekrytering av blåmusslor respektive sjöpung beroende på djupet vid en av de undersökta lokalerna. Modifierat från T. Holthuis Dunér.

Vi kunde också visa att den optimala tidpunkten för att sätta ut odlingsbanden på säsongen varierade mellan platser och att det därmed är viktigt att övervakningen av larver sker lokalt i det område där odlingen planeras (Figur 17). Vissa lokaler hade en hög rekrytering tidigt på säsongen (Tjärnö) medan andra hade sin rekryteringstopp betydligt senare (Gullholmen) under 2012. Periodens längd under vilken rekryteringshastigheten är som högst varierar också kraftigt mellan olika områden där vissa bara hade väldigt korta perioder med hög rekrytering (Halsefjorden) medan andra hade en mer utdragen period (Tjärnö). Resultaten visar också på att den potentiella rekryteringen varierar stort mellan platser med upp till 40-50 musslor per cm^2 och dag för vissa medan andra knappt når upp i 6 individer per cm^2 och månad.



Figur 17. Variation i rekrytering av blåmusslor mellan lokaler vid olika tidpunkter 27/5-25/7 -12 (tidpunkt 1- tidpunkt 16). Notera de olika skalorna på y-axlarna. Modifierat från T. Holthuis Dunér.

Genom att använda Musselcatcher-metoden kan odlare och andra intressenter på ett snabbt och enkelt sett avgöra om 1) ett område är lämpligt för musselodling, 2) när det finns settlingsfärdiga mussellarver, 3) när det finns larver av oönskade påväxtorganismer och 4) när det är den optimala tiden att sätta ut odlingar på olika platser. Detta gör att musselodlingen kan effektiviseras och skörden förbättras.

Projektet i dag

Projektet går under 2013 in i sin avslutande fas och det sista året kommer till största del att innefatta arbete och analys av data och arbete med att publicera resultaten i vetenskapliga tidskrifter. Detta gör att alla resultat som presenterats i denna rapport är att betrakta som preliminära. Hittills har vi kunnat visa bl.a. att det finns en stor skillnad i tillväxt hos blåmussla mellan olika platser som karaktäriseras av olika exponeringsgrad och att genom att välja ut rätt lokaler så kan man i bästa fall fördubbla produktionshastigheten.

Lovande resultat från försöken med havsbortsmaskar indikerar att nedfallet av organiskt material från odlingar och negativa effekter på bottenmiljön eventuellt kan minskas genom att transplantera grävande maskar i sedimentet under odlingen. Med Musselcatcher-metoden kan de lokaler som bäst lämpar sig för odling väljas ut, konkurrerande organismer undvikas till stor del och rätt tid för att hänga ut odlingen vid säsongstarten kan bestämmas. De slutgiltiga resultaten från hela projektet och dess betydelse för möjligheten att använda musselodling som en miljöåtgärd, så kallad ”Miljömusselodling” kommer att redovisas och presenteras i en doktorsavhandling, planerad att utkomma under 2014.

Referenser

- 1 Costanza, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**, 253-260 (1997).
- 2 Paerl, H. W. & Piehler, M. F. in *Nitrogen in the marine environment* Vol. 2 (eds D. G. Capone, M. Mulholland, & E. Carpenter) (Academic, Orlando, 2008).
- 3 Cloern, J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **210**, 223-253 (2001).
- 4 Diaz, R. J. & Rosenberg, R. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science* **321**, 926-929, doi:DOI 10.1126/science.1156401 (2008).
- 5 Richardson, A. J. & Poloczanska, E. S. Under-Resources, Under Threat. *Science* **320**, 1294-1295 (2008).
- 6 Smith, V. H., Tilman, G. D. & Nekola, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ Pollut* **100**, 179-196 (1999).
- 7 Conley, D. J. *et al.* ECOLOGY Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. *Science* **323**, 1014-1015, doi:DOI 10.1126/science.1167755 (2009).
- 8 Länsstyrelsen i Västra Götaland. Restaurering av övergödda havsvikar i Västerhavets vattendistrikt - redovisning av regeringsuppdrag. Rapport 2009:57. (2009).
- 9 Lutz, R. A. *Mussel culture and harvest: a North American perspective.* (Elsevier Scientific Publishing Company, 1980).
- 10 Petersen, J. K. & Loo, L.-O. Miljøkonsekvenser af dyrking av blåmuslinger. Interregproject III-A "Blåskjellanlegg og nitrogenkvoter". Report No. Slutrapport 31.8.2004, (2004).
- 11 Bergström, P. Vattenbruksplan för Västra Götaland - marina områden. (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2011).
- 12 Bergström, P. Vattenbruksplan för Kosterhavets nationalpark. (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2009).
- 13 Suchanek, T. H. in *The Ecology of Rocky Coasts: Essays Presented To J.R. Lewis, Hodder and Stoughton* (eds P. G. Moore & R. Seed) 70-96 (1985).
- 14 Gutiérrez, J. L., Jones, C. G., Strayer, D. L. & Iribarne, O. O. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos* **101**, 79-90 (2003).
- 15 Borthagaray, A. I. & Carranza, A. Mussels as ecosystem engineers: Their contribution to species richness in a rocky littoral community. *Acta Oecologica* **31**, 243-250 (2007).
- 16 Buschbaum, C. *et al.* Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Mar Res* **63**, 47-58, doi:DOI 10.1007/s10152-008-0139-2 (2009).
- 17 Seed, R. & Suchanek, T. H. in *The mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture* Vol. 25 (ed E Gosling) 87-170 (Elsevier Science Publishing, 1992).

- 18 Field, A. I. Biology and Economic value of the sea mussel, *Mytilus edulis*.
Bulletin of the Bureau of Fisheries (1922).
- 19 Winter, J. E. Filtration-rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal
concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus.
Mar Biol **22**, 317-328 (1973).
- 20 Lindahl, O. in *BalticSea 2020* (2012).
- 21 Davies, C. E., Moss, D. & Hill, M. O. EUNIS Habitat Classification
Revised 2004. (2004).

TACK

Detta projekt finansieras av Naturvårdsverket (Havsmiljöanslaget), Länsstyrelsen i Västra Götaland, Interreg IVA och Institutionen för Biologi och Miljövetenskaper vid Göteborgs Universitet. Ett särskilt tack till Adriaan van de Plasse (Orust Shellfish AB) som ansvarat för de musselodlingar som använts i den storskaliga effektstudien och som levererat musslor till övriga försök. Tack också till Marita Sundstein Carlsson och Dansk Skaldyrcenter där försöken med havsbortsmaskar har genomförts. Thomas Holthuis Dunér har varit drivande i delprojekt Musselcatcher, där också fyra musselodlingsföretag deltog; Scanfjord Mollösund AB, Saltea AB, Orust Shellfish AB samt Tjärnö Vattenbruk AB. Stort tack till dessa aktörer!



Hav meter Land

Om projekt Hav möter Land

Klimat, vatten, samhällsplanering tillsammans

Hav möter Land samlar 26 organisationer i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak.



Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser.

Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap.

I projektet arbetar kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter tillsammans. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

Hjälp gärna till på www.havmoterland.se.



Partners

Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Østfold fylkeskommune

Artdatabanken

Aust-Agder fylkeskommune

Buskerud fylkeskommune

Falkenbergs kommun

Fylkesmannen i Aust-Agder

Fylkesmannen i Buskerud

Fylkesmannen i Telemark

Fylkesmannen i Vestfold

Fylkesmannen i Østfold

Göteborgs universitet

Havs- och vattenmyndigheten

Kungsbacka kommun

Larvik kommune

Lysekils kommun

Länsstyrelsen i Hallands län

Nøtterøy kommune

Orust kommun och projekt 8 fjordar

Region Halland

SMHI

Sotenäs kommun

Telemark fylkeskommune

Vestfold fylkeskommune

Västra Götalandsregionen

Århus Universitet

Restaurering av övergödda havsvikar med hjälp av miljömusselodling

I den här rapporten beskrivs kortfattat det doktorandprojekt vid Göteborgs Universitet som syftar till att undersöka möjligheten att motverka övergödning med hjälp av odling av blåmusslor. De huvudsakliga delprojekteten beskrivs och preliminära resultat redovisas. Avslutningsvis summeras projektets nuvarande status och hur det fortsatta arbetet med utvärderingen av ”miljömusselodlingar” planeras.



Hav möter Land

Projekt Hav möter Land samlar 26 kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak. Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser. Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

www.havmoterland.se



Hav møter Land



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Interreg **IV**
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK