



Pilotmusselodlingar i Östergötlands skärgård

Kunskapsunderlag för storskaliga
musselodlingar



Förord

Östgötaskärgården är mycket vacker, med många öar och ett rikt växt- och djurliv. Trots detta har algbloomningar och bottendöd blivit allt vanligare under de senaste decennierna. Många insatser har gjorts för att minska utsläppen av näringsämnen till länets vatten, men trots detta ser vi inga tydliga förbättringar i miljötillståndet. Övergödningen har visat sig svårare att hejda än vad vi trodde från början. Fler insatser måste göras för att minska övergödningen och vi måste vara uthålliga. Stora mängder näringsämnen finns upplagrade i mark och bottensediment och det tar tid att vända trenden. Vi behöver minska alla utsläpp vi människor själva rör över, men vi kan också behöva lindra effekten av de näringsämnen som redan hamnat i vattenmiljön. Musselodling kan vara ett kostnadseffektivt komplement till de åtgärder som utförs för att minska utsläppen direkt vid källan. Vår önskan om en friskare östgötaskärgård fick oss att starta upp detta projekt.

Under vägen har vi haft stor hjälp av yrkesfiskare och skärgårdsbor som bistått oss med det praktiska arbetet med pilotodlingarna. Stort tack till Mats Emilson, Bo och Björn Aronsson, Anders Johansson och Karl Gustav Rolf. Er erfarenhet och kunnande, samt den inspiration ni visat för detta projekt, har varit till stor nytta och glädje för oss!

Vi vill även tacka Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten som gett bidrag till detta projekt.

Magnus Holgersson
Länsråd

Helene Ek Henning
Vattenekolog

Maria Åslund
Vattenekolog



Titel:	Pilotmusselodlingar i Östergötlands skärgård - Kunskapsunderlag för storskaliga musselodlingar
Författare:	Helene Ek Henning och Maria Åslund, <i>Länstyrelsen Östergötland</i>
Utgiven av:	Länstyrelsen Östergötland
Hemsida:	http://www.lanstyrelsen.se/ostergotland
Beställningsadress:	Länstyrelsen Östergötland 581 86 Linköping
Länstyrelsens rapport:	2012:8
ISBN:	978-91-7488-304-6
Upplaga:	100 st.
Rapport bör citeras:	Ek Henning, H. & Åslund, M. 2012. Pilotmus- selodlingar i Östergötlands skärgård - Kunskaps- underlag för storskaliga musselodlingar. Läns- styrelsen Östergötland, rapport 2012:8. ISBN: 978-91-7488-304-6
Omslagsbilder:	Uppifrån: Janne Forsby, Maria Åslund, Helene Ek Henning

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Bakgrund	3
Metod	6
Resultat & Diskussion	10
Var i Östergötlands skärgård kan musselodlingar bedrivas?	10
Vilka odlingsmetoder är bäst?	14
Hur stor är miljönyttan?	16
Vad kan musslorna användas till?	19
Slutsatser	29
Referenser	31

Sammanfattning

Övergödning är det största miljöproblemet i Östergötlands skärgård och det krävs många insatser för att minska mängden näringsämnen i kustvatten. Blåmusslor livnär sig på att filtrera bort plankton och andra små partiklar ur omgivande vatten. När man skördar musslorna tar man samtidigt bort de näringsämnen som musslan tagit upp. Länsstyrelsen genomförde under åren 2009-2011 musselodlingar i pilotskala. Syftet var att utreda miljönyttan med musselodlingar samt att finna lämpliga placeringar och metoder för storskaliga musselodlingar i Östergötlands skärgård. Länsstyrelsen ville tillsammans med intresserade aktörer även hitta lösningar för att musselskörden skulle komma till nytta som djurfoder, gödselmedel eller för framställning av biogas. Målet var att skapa ett kunskapsunderlag som ska underlätta för etablering av storskaliga musselodlingar i skärgården, så att musselodlingar kan användas som en åtgärd för att minska övergödningen. Utöver miljönyttan är ett mål att företagandet på landsbygden ska öka.

I juni 2009 placerade Länsstyrelsen ut 14 pilotmusselodlingar längs en salt-haltsgradient i länets tre stora havsvikar; Bråviken, Slätbaken och Valdemarsviken. Dessutom placerades fyra pilotodlingar ut i länets mellanskärgård, där även olika odlingssubstrat testades. De substrat som testades var två sorters rep av polyesterull och polypropylen, två sorters nät med olika maskstorlekar (80 mm och 100 mm) och ett ca 10 cm brett finmaskigt band av polyeten. Inför sommaren 2010 placerades ytterligare tre odlingar ut, delvis för att kompensera odlingar som försvunnit under den hårda vintern. Det praktiska arbetet utfördes av yrkesfiskare och skärgårdsbor, och de ansvarade även för kontinuerlig tillsyn av odlingarna.

I september-oktober 2011 avslutades projektet och musselodlingen utvärderades med avseende på närsaltsupptag, miljögiftinnehåll, lokalisering och metodik. Resultaten från Länsstyrelsens pilotmusselodlingar visade att det finns goda förutsättningar för att odla blåmusslor i mellanskärgården. Skörderesultatet, och därmed upptaget av fosfor och kväve, varierade beroende på vilket odlingssubstrat som använts och var odlingen varit placerad. Odlingar med störst skörd låg i Kärrfjärden i Sankt Annas skärgård, trots att dessa endast legat ute under två sommarperioder (1 år och 4 månader). Skörden uppgick här upp till ca. 12 kg blåmussla per finmaskigt plastband om 10 m. Detta innebär ett upptag av kväve på 119 g och upptag av fosfor på 10 g. Hur mycket kväve och fosfor som avlägsnas i en hektar odling beror på hur tätt man sätter odlingssubstraten. Skörden från en musselodling i Mönsterås uppskattas till 150 ton musslor per ha och år, medan skörden vid en musselodling vid Åland uppskattades till dryga hälften. Detta innebär borttagande av upp till 1500 kg

kväve och 150 kg fosfor per hektar och år på ostkusten. Länsstyrelsens resultat visar att man i Östergötland skärgård skulle kunna plocka bort 1200 kg kväve och 100 kg fosfor per hektar och år. Musselodling kan därmed fungera som ett komplement till andra mer platsspecifika åtgärder för att lokalt förbättra vattenkvaliteten. Områden som är olämpliga för musselodlingar är de inre och mellersta delarna av Bråviken, samt Slätbaken innanför Stegeborg. Det kraftigt utsötade vattnet i dessa havsvikar utgör ett hinder för att bedriva musselodlingar.

Av de testade substraten var det finmaskiga plastbandet bäst. Detta beror sannolikt på att musslan hade lättast att sätta sig fast och hålla sig kvar på detta substrat, samt att det finmaskiga plastband tillät en viss vattengenomströmning som förde med sig mat till blåmusslorna. Även rep lämpar sig bra som substrat för blåmusslor. Skörderesultatet från rep i Källstafjärden var bara marginellt sämre än finmaskigt plastband från samma område. Rep och finmaskigt plastband är att föredra framför nät, eftersom dessa både gav en större skörd och var lättare att hantera vid skörd. Blåmusslorna hade svårt att fästa till det glatta nätet och satt framför allt i noder och i sjok av fintrådiga alger.

Länsstyrelsens pilotodlingar visade att fastsättning av blåmussla kan ske åtminstone två gånger under maj-augusti. Länsstyrelsen rekommenderar därför att man lägger ut odlingssubstraten under senare delen av maj och att man i normalfallet skördar i september året därpå. För att optimera skörden är det viktigare att välja en bra placering av odlingen än att förlänga tidpunkt för skörd. Musslan växer som snabbast under sommarmånaderna och att vänta ytterligare en säsong innan skörd utgör en större risk än miljönytta. Om odlingen hänger ute för länge ökar risken att musslorna faller av på grund av dess tyngd och att de blir uppätta av fisk eller fågel som gärna livnär sig på blåmussla. En jämförelse av närsaltupptag visar ingen större skillnad mellan de blåmusslor som varit två eller tre somrar i vattnet.

Det finns ett stort intresse för att etablera storskaliga musselodlingar i Östergötlands län. Ett problem är att det ännu inte finns avkastning för de små blåmusslorna på ostkusten, och detta gör det svårt att få lönsamhet i musselodlingarna. Det vore önskvärt att de nyttiga musslorna kunde användas i djurfoder, t.ex. för fisk och höns. Länsstyrelsens studie visade att odlade blåmusslor från Östergötlands skärgård innehöll låga halter av främmande ämnen och att de med god marginal klarar de gränsvärden som finns för användning i foder eller gödning. För att utreda om blåmussla lämpar sig för produktion av biogas genomfördes ett test av blåmusslans metanpotential. Resultatet visade att musslor som biogassubstrat är likvärdigt med färskt primärslam från ett reningsverk. Förmodligen behövs någon form av miljöstöd om musselodling ska fungera som miljöåtgärd på ostkusten.

Bakgrund

Övergödning - kräver många insatser

Övergödning är det största miljöproblemet i Östergötlands kustvatten. För mycket näringsämnen ger upphov till algbloomingar, bottendöd och förändringar av växt- och djurlivet. Många insatser har gjorts för att minska utsläppen av näringsämnen. Utsläppen av fosfor och kväve från punktkällor (t.ex. reningsverk och industrier) har minskat markant de senaste tiotal åren. Svårast att komma åt är alla små diffusa läckage som sker från åkermark och skogsmark, samt kvävenedfallet från luften. Näringsämnen läcker även från syrefria bottenbotten. Många olika insatser krävs för att minska mängden näringsämnen i våra vatten.

Blåmusslor renar vattnet

Ett sätt att minska mängden näringsämnen i kustvattnet är att anlägga musselodlingar. Det enda man behöver tillföra vattnet är ett fast material (t.ex. ett rep) som blåmusslan kan sätta sig fast på. Blåmusslan kommer dit av sig själv, som små har de nämligen ett frisimmande stadium. En mussla filtrerar i princip alla partiklar större än 0,002 mm och mindre än 1 mm. En 3 cm mussla filtrerar 2-3 liter vatten i timmen. Eftersom musslorna bildar täta bestånd får de stor inverkan på planktonsamhället i omgivande vattenmassor – något man kan utnyttja för att förbättra vattenkvaliteten. När man skördar musslorna tar man samtidigt bort de näringsämnen som musslan tagit upp.



*Övergödning är ett stort problem längs östgötakusten.
FOTO: Bo Gustafsson*

Blåmusslan trivs bäst i havsvatten

Eftersom blåmussla är en marin art är den stressad i länets bräckta vatten. I Östergötlands kustvatten blir blåmusslan endast omkring tre cm lång (figur 1), medan den på västkusten blir upp till 10 cm lång. Blåmusslan behöver en salthalt på omkring fyra promille för att kunna föröka sig (Odd Lindahl, muntligen). I länets mellan- och ytterskärgård är salthalten tillräckligt hög, men i länets inre havsvikar kan salthalten vara för låg för att musslorna ska kunna föröka sig. Salthalten i Bråviken varierar mellan ca 1-4 promille i Pampusfärden, ca 1-6 promille vid Esterön, 5-6 promille öster om Lönö (Data från Motala ströms vattenvårdsförbund). I Slätbaken, i höjd med Stegeborg, är salthalten ca 4 promille. I inre Valdemarsviken (innanför Krogsmåla) är salthalten ca 6-6,5 promille i såväl yt- som bottenvatten, och därför borde salthalten inte utgöra något hinder för blåmusslans fortplantning.



Figur 1. Musslor renar vattnet genom att filtrera bort plankton och andra små partiklar. De blir inte så stora på ostkusten, endast upp till ca. 4 cm långa.

FOTO: Janne Forsby

Blåmusslans liv

Blåmusslan har två stadier; ett frisimmande och ett fastsittande. Den blir könsmogen efter ungefär ett år. På våren, när vattentemperaturen är omkring 10 grader, släpper hannar och honor ut mjölke och ägg i vattnet. De befruktade äggen blir till små larver som ungefär tre veckor senare sätter sig fast på ett lämpligt ställe. Detta sker någon gång under maj-juni och larverna är då ca 0,3-0,5 mm långa (Lindahl et al, 2004).

Blåmusslan har en körtel som utsöndrar klibbiga trådar när den vill förankra sig i underlaget. Om musslan inte trivs släpper den förankringen till underlaget och förflyttar sig med hjälp av strömmar och sin fot. Ju mindre/lättare musslan är desto längre kan den förflytta sig med hjälp av strömmarna. Det händer också att vågor gör så att blåmusslan ofrivilligt slits loss från underlaget. Blåmusslan kan bilda täta bestånd, s.k. musselbankar. De förekommer från ett par meters djup till drygt 20 meter. Blåmusslan är populär som föda till bland annat ejder, plattfisk och sik.

Underlag för musselodlingar

Det finns en stor potential för musselodlingar i Östergötlands skärgård, med många skyddade lägen med förhållandevis god vattenomsättning. Störst behov av insatser för att minska övergödningen har länets långsmala havsvikar. Vattenet i dessa havsvikar är dock kraftigt utsötat och det begränsar var musselodlingar kan bedrivas. Regeringen vill att storskaliga musselodlingar ska byggas ut på utvalda områden på bl.a. ostkusten, och att metoder ska utvecklas såväl kommersiellt som miljömässigt (Regeringens havsmiljöproposition 2009).

Länsstyrelsen Östergötland anser att musselodlingar är mycket intressant som miljöåtgärd, men även för att skapa sysselsättning för skärgårdsbefolkning. För att utreda miljönyttan med musselodlingar samt finna lämpliga metoder och placeringar, t.ex. med avseende på salthalt, vågexponering, har Länsstyrelsen under åren 2009-2011 genomfört musselodlingar i liten skala. Kunskapsunderlaget ska underlätta för skapandet av storskaliga musselodlingar i skärgården. Länsstyrelsen vill tillsammans med intresserade aktörer även hitta lösningar för att musselskörden ska komma till nytta som djurfoder, gödselmedel eller för framställning av biogas. Länsstyrelsen har även finansierat ett projekt som syftar till att hitta en ekonomisk bäring i musselodlingar (se nedan).

Stort intresse i länet!

Det finns ännu ingen storskalig musselodling i Östergötlands län, men intresset för att skapa musselodlingar är mycket stort. Redan 2008 skapades en ”musselgrupp” med representanter från länets kustkommuner, Energikontoret Östra Götaland, Länsstyrelsen Östergötland, Jordbruksverket, Skärgårdsrådet, yrkesfiskare samt producenter av biogas, biogödsel och foder. Denna grupp har ett gemensamt intresse att undersöka förutsättningarna för att anlägga storska-



I Östergötlands skärgård finns många områden som lämpar sig för musselodling.

FOTO: Thomas Johansson

liga musselodlingar i länet samt att utvärdera affärsnyttan med musselodling. Gruppens arbete ledde så småningom fram till det lokala vattenvårdsprojektet ”Affärsmodell för eko-effektivt vattenbruk (musselodling)” med Energikon-toret som projektledare. Resultatet från detta projekt ledde i sin tur till ett projekt finansierat av SIDA där de tekniska kraven för storskalig musselodling utvärderades vidare. Detta SIDA-projekt resulterade i en projekt-ansökan till EU:s Interreg IVA - Central Baltic program med projektet ”Baltic EcoMus-sel”. Detta projekt godkändes och startades upp i början av 2012.

Syfte

Syftet med Länsstyrelsens pilotodlingsprojekt var att utreda miljönyttan med musselodlingar, samt att ge underlag för storskaliga musselodlingar i Östergöt-lands skärgård. Följande frågor skulle besvaras:

- Var i Östergötlands skärgård kan musselodlingar bedrivas?
- Vilka odlingsmetoder är bäst?
- Hur stor är miljönyttan?
- Vad kan musslorna användas till?

Målet med projektet är att underlätta etablering av storskaliga musselodlingar i Östergötlands skärgård. Genom att anlägga musselodlingar minskar halten av näringsämnen så att vi får ett klarare vatten med färre algblomningar och en förbättrad syretillgång på havsbottnarna. Detta bidrar i sin tur till ett hav i balans, med bättre förutsättningar för ett rikt växt- och djurliv. Utöver miljö-nyttan är ett mål att företagandet på landsbygden ska öka.

Metod

Förarbete

I februari 2009 gjordes ett studiebesök vid en försöksmusselodling i Mönsterås för att ta del av erfarenheter från den första musselodlingen på ostkusten. Under projektets gång hade vi även fortlöpande kontakt med musselforskaren Odd Lindahl, vid Sven Lovén centrum för marina vetenskaper i Kristineberg. Vi fick även information av Anna Thore vid Kalmar kommun. Innan fältdelen startades upp tog vi, genom litteraturstudier, lärdomar från andra musselod-lingar i Norden. Fem yrkesfiskare i skärgården anlätades för det praktiska arbe-tet med musselodlingarna.

Innan musselodlingarna lades ut tog Länsstyrelsen kontakt med fastighetsä-gare/vattenrättsägare som gav oss tillstånd att placera ut odlingarna. Även Kustbevakningen och Sjöfartsverket fick information och möjlighet att ge syn-punkter på pilotmusselodlingarna.

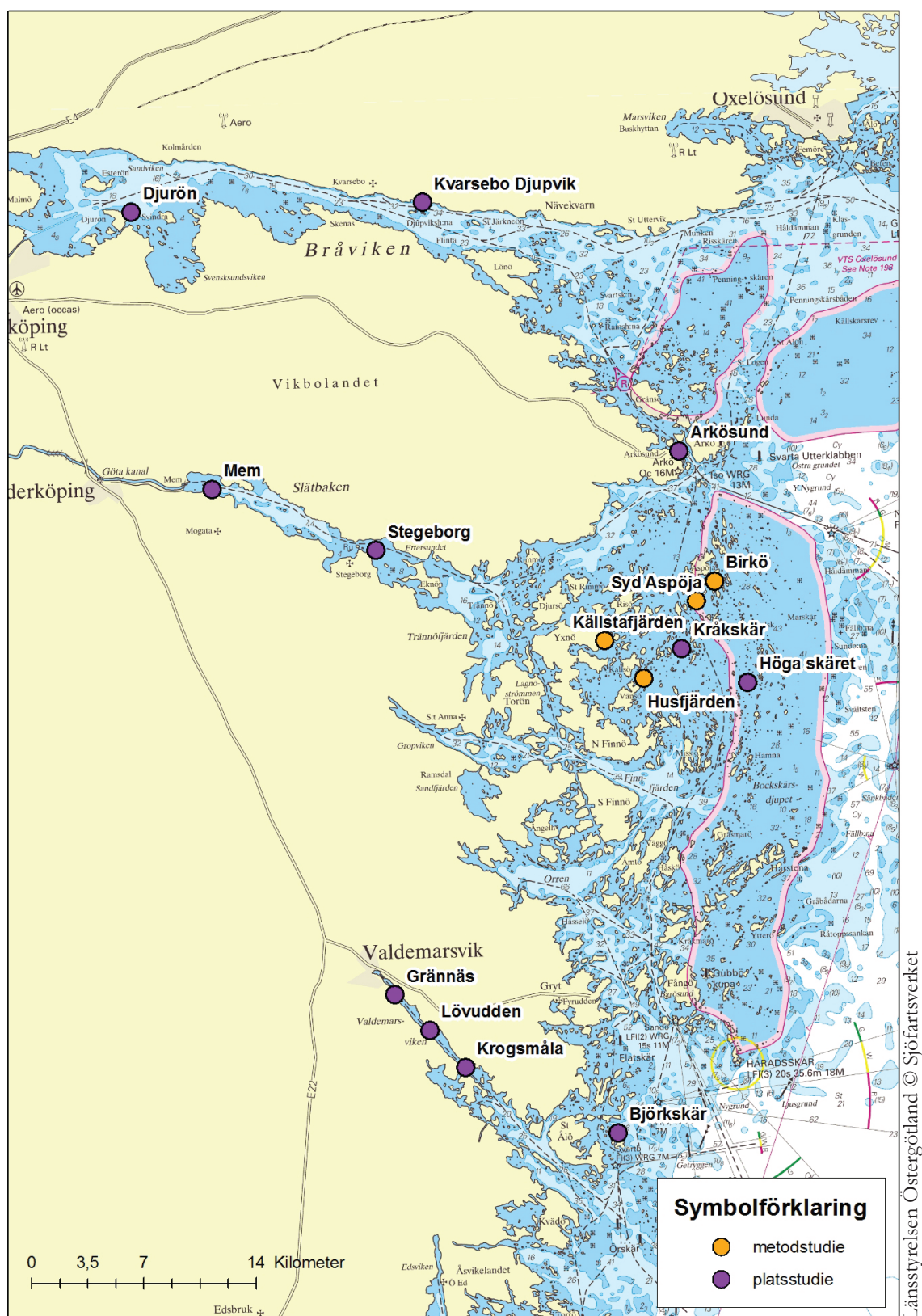
Geografisk placering och odlingsmetoder

För att studera var vi bäst kan bedriva musselodlingar i länet placerade Länsstyrelsen i juni 2009 ut 14 pilotmusselodlingar (figur 3). Dessa odlingar placerades ut längs en salthaltsgradient i länets tre stora havsvikar; Bråviken (tre stationer), Slätbaken (två stationer) och Valdemarsviken (tre stationer). Dessutom placerades fyra pilotodlingar ut i länets mellan- och ytterskärgård. Pilotodlingar utgjordes av en boj, ett rep av polyesterull och ett ankare.

För att studera vilka typer av substrat som lämpar sig bäst för musselodling i Östergötlands skärgård utfördes en metodstudie i två områden i mellanskärgården, vid Aspöja (Aspöfjärden) och Kallsö/Vänsö (Källsta- och Husfjärden). De substrat som testades var två sorters rep (polyesterull och polypropylen), två sorters nät (10 m x 3 m) med olika maskstorlekar (80 mm och 100 mm) och ett ca 10 cm brett finmaskigt plastband av polyeten (även kallad nätstrumpa) (figur 2). Varje reptyp testades i duplikat, således bestod varje horisontell långlina av två rep av polyesterull, två rep av polypropylen och två finmaskiga plastband. Replängden var 6-10 m. Valet av odlingssubstrat gjordes utifrån lärdomar av försöksodlingen i Mönsterås, samt efter diskussioner med yrkesfiskare och genomgång av litteratur. Det finmaskiga plastbandet inhandlades på Dansk skaldyrcenter medan övriga substrat inhandlades på lokalt repslageri.



Figur 2. Pilotmusselodling med nät i Husfjärden (bild t.v.). Bild t.h. visar en långlina med ett vertikalt rep av polyesterull. På den horisontella långlinan (blått rep) finns också vertikala rep av polypropylen och finmaskigt plastband (syns ej i bild). FOTO: Helene Ek Henning.



Figur 3. Karta med placering av pilotmuskelodlingar i Östergötlands skärgård.

Tillsyn av musselodlingarna skedde två ggr/månad under juni-september, och därefter endast enstaka gånger under året. Skörd skedde i september-oktober 2011, dvs. två år och fyra månader efter musselodlingarna lades ut. Länsstyrelsen har vid flera tillfällen haft kontaktat med Odd Lindahl för rådgivning om metodval och utvärdering. Odd medverkade även vid en av provtagningarna i Östergötlands skärgård och bistod också med hjälp att analysera och sammanställa tillväxtdata.

Miljönytta och användning av musselskörd

Vid den slutliga skörden i september-oktober 2011 togs representativa musselprover ut för analys av fosfor, kväve, protein, kalcium, metaller och organiska föroreningar. Från varje rep och finmaskigt band togs tre musselprover från ca 1 m, 3-5 m och 5-8 m djup (beroende på substratets längd). Varje delprov bestod av musslor från en längd på 10 cm, dvs. totalt 30 cm per rep. Från näten togs musselprover från två maskor om 100 x 100 mm och 80 x 80 mm. Den totala musselvikten per delprov vägdes, och mängden mussla per 10 m substrat beräknades. Även havstulpaner sorterades ut och vägdes. Antalet musslor med längd i 5 mm-intervall räknades för varje delprov (figur 4). Musslorna förvarades infrysta i plastburkar fram till dess att prepareringen utfördes i mars 2012.



Figur 4. Musslor sorterade i storleksklasser, från mindre än 5 mm - större än 30 mm.
FOTO: Maria Åslund

Analys av grundämnen gjordes i mjukdelar och skal i samlingsprov från omkring 100 musslor från Valdemarsviken, 400 musslor från Höga skäret och Kråkskär (Kärrfjärden), samt 900 musslor från Aspö-, Källsta- och Husfjärden. Odlingen i Kråkskär hade varit i vattnet i 1 år och 4 månader, medan de andra odlingarna legat i vattnet ytterligare ett år. Musslornas längd samt andelen köttvikt i förhållande till hela musslans vikt mättes. Torrsubstansen bestämdes i alla samlingsprov, medan fetthalten endast bestämdes för samlingsprov som analyserades med avseende på organiska föroreningar. Upparbetning och kemiska analyser utfördes av ackrediterat laboratorium (ALS Scandinavia). Metaller och näringsupptag analyserades i duplikat, och presenteras i rapporten som medelvärde. Analysresultaten från pilotodlingarna jämfördes med resultat för musslor tagna inom Motala ströms vattenvårdsförbund och den nationella miljöövervakningen som utförs av Naturhistoriska riksmuseet. I de fall det

förekommer gränsvärden för användning i foder eller gödning jämfördes de uppmätta halterna med gällande gränsvärden sammanställda i Kollberg och Ljungvist (2005).

För att undersöka blåmusslans biogaspotential genomförde Svensk Biogas i Linköping, på uppdrag av Länsstyrelsen, ett småskaligt utrötningsförsök på blåmusslor. I utrötningsförsöket undersöktes blåmusslans metanpotential. Metanpotentialen anger musslornas maximala gasproduktion under optimala röttningsförhållanden. För att få en marknadsvärdering för användning av musselskörd för produktion av biogas, gödning och hönsfoder har Länsstyrelsen genom lokala vattenvårdsmedel (LOVA) delfinansierat projektet ”Affärsmodell för eko-effektivt vattenbruk”.

Resultat & Diskussion

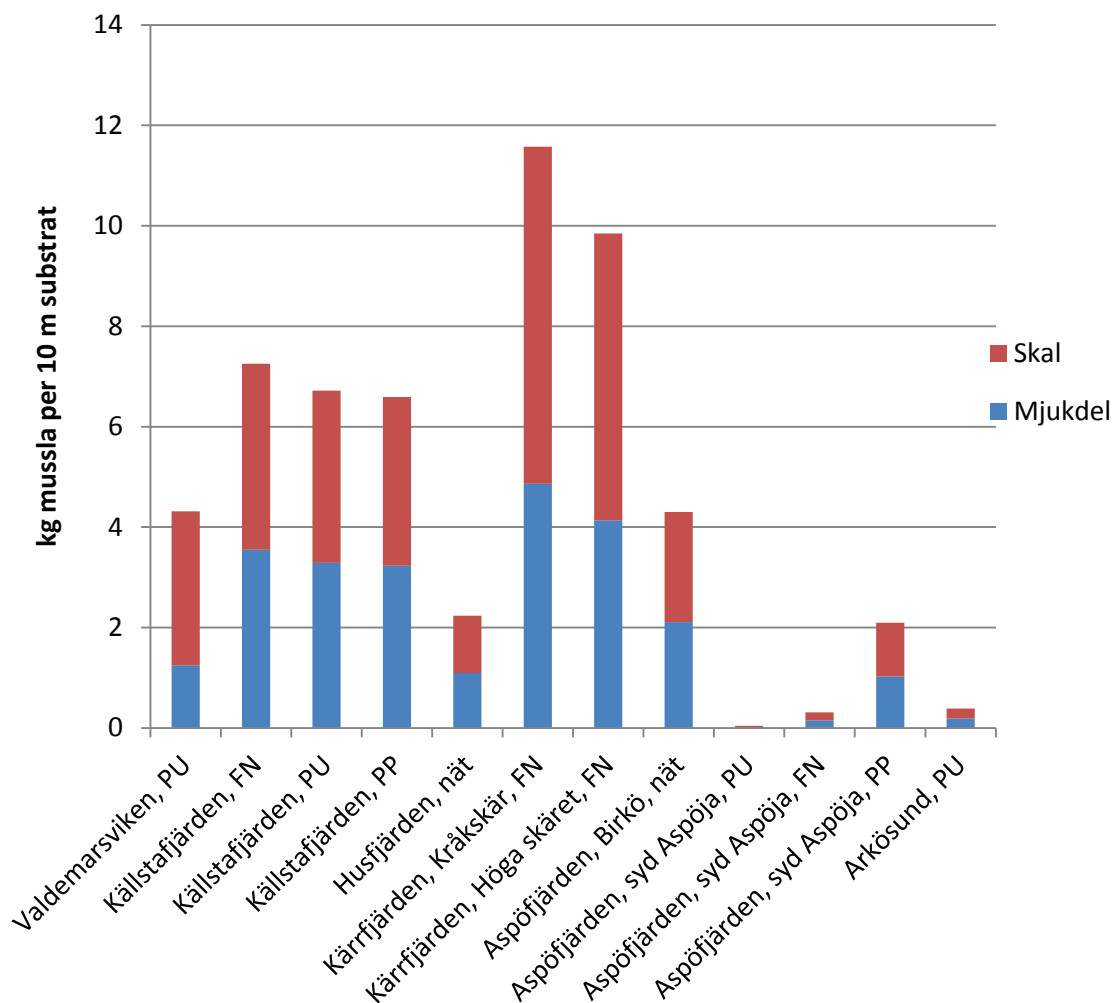
Var i Östergötlands skärgård kan musselodlingar bedrivas?

Allmänt

Bedömningen av vilka platser som lämpar sig för musselodlingar i Östergötlands kust och skärgård grundar sig på studier av fastsättning av blåmussla under två-tre sommarsäsonger och skörderesultatet vid avslut. De flesta pilotmusselodlingar låg i vattnet under 2 år och 4 månader. Det innebär att blåmusslan hade varit i vattnet under tre tillväxtsåsonger dvs. tre somrar. Tre av Länsstyrelsens pilotodlingar vid Arkösund, Höga skäret och Björkskär försvann under första året, vilket troligtvis beror på stormar eller den hårda isvintern. Inför andra sommaren (2010) sattes tre pilotmusselodlingar ut vid Arkösund, Höga skäret och Kråkskär. Dessa musselodlingar låg i vattnet i ett år och fyra månader.

Mellan - och ytterskärgård

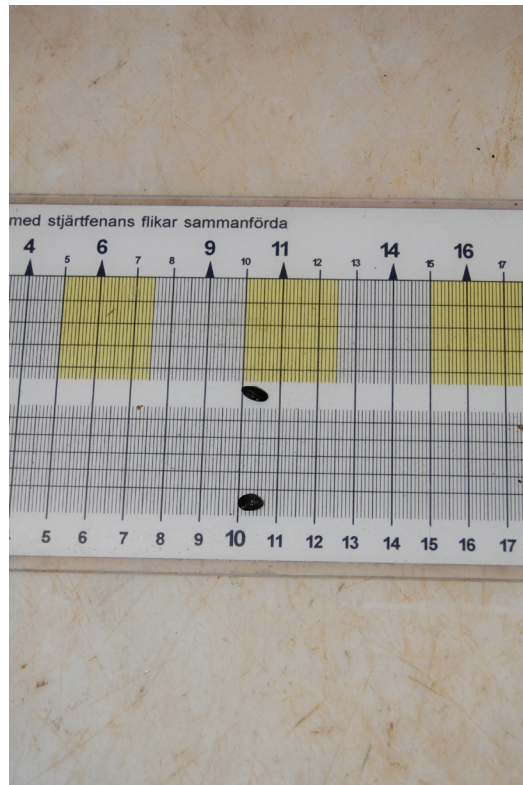
Resultaten från Länsstyrelsens pilotmusselodlingar visar att det finns mycket goda förutsättningar för att odla blåmusslor i stora delar av länets kust och skärgård, särskilt i länets mellanskärgård. Här finns många lagom skyddade områden med bra vattengenomströmning och med god tillgång på näringsämnen. Trots att odlingarna i Kråkskär och Höga skäret endast legat ute 1 år och 4 månader hade de högst totalvikt vid skörd (figur 5). Skörden uppgick här till ca 12 kg respektive 10 kg blåmussla per 10 m substrat, i detta fall finmaskigt plastband. Anledningen till den mycket goda skörden i Kråkskär och Höga skäret beror troligtvis på att där är bra strömförhållanden och lagom skyddat.



Figur 5. Skörd av blåmussla vid olika platser i Östergötlands skärgård, hösten 2011. Data presenteras som kg blåmussla per 10 m substrat (rep, finmaskigt plastband eller nät*) och uppdelat i skal och mjukdel.

*PU=Rep av polyesterull, FN=Finmaskigt plastband, PP=Rep av polypropylen, Nät=100X100 mm alt. 80X80 mm maska. Med 10 meter nät avses här 10-12,5 maskor, dvs. inte hela nätets bredd.

Efter sommaren 2009 var settlingen störst i Aspöfjärden och skörden såg ut att bli mycket stor (figur 6). Under våren 2011 var dock odlingssubstraten i Aspöfjärden rensade, i stort sett tomma (figur 7). Detta berodde troligtvis på att exempelvis ejder eller sik ätit upp musslorna. Yrkesfiskarna hittade rester av blåmussla i sikarnas magar och noterade att ejder hållit till i området. Skörden i Aspöfjärden hade sannolikt blivit större om skörden hade skett efter andra sommaren. Musselrepen i Aspöfjärden var vid skörden 2011 fulla av tusentals små musslor (ca 5 mm) som satt sig fast under sommaren 2011. Inga musslor var större än 25 mm. Det är möjligt att skörden i Aspöfjärden hade blivit god om man väntat med att skörda till hösten 2013.



Figur 6. Efter ca fem månader i Aspöfjärden vattnet var det finmaskiga plastbandet täckt av små musslor upp till ca 7 mm långa. Få musslor hade satt sig fast på näten efter första sommaren. FOTO: Bo och Björn Aronsson.

Odlingen i Arkösund var utplacerad i endast 1 år och 4 månader, och skörden blev mycket liten. Odlingarna i Kråkskär och Höga skäret hade ett gott skörderesultat trots att de legat i samma tidsperiod. Odlingssubstratet var dock olika, rep av polyesterull i Arköfjärden och finmaskigt plastband i Kråkskär och Höga skäret. Inga blåmusslor var större än 20 mm i Arköfjärden, men repet var täckt av många små musslor som settlat 2011. Kanske är strömmen för stark i vissa kustområden så att musslorna inte klarar att hålla sig fast vid underlaget, eller så har odlingen utgjort skafferier åt fisk och fågel.

Bråviken och Slätbaken

Områden som var olämpliga för musselodlingar var de inre och mellersta delarna av Bråviken, samt Slätbaken innanför Stegeborg. I Slätbaken, utanför Mem, påträffades inga blåmusslor och vid Stegeborg påträffades enstaka blåmusslor. Under sommaren 2009 utförde dykare inventeringar av makroalger i de inre delarna av Slätbaken. Inte heller vid dessa inventeringar påträffades blåmusslor innanför Stegeborg (Edlund och Siljeholm, 2009). Däremot har blåmusslor påträffats vid dykinventeringar i inre Bråviken, men den låga salthalten kan eventuellt bidra till att fästsättningen på repen inte blev tillräckligt stark alternativt att de musslor som finns där har följt med strömmar.



Figur 7. Vid skörden, efter två år och fyra månader, var det finmaskiga plastbandet i Aspöfjärden i stort sett rensat från musslor (bild till vänster). Detta kan bero på att sjöfågel och sik använt odlingen som skafferier. På näten från Aspöfjärden fanns en stor mängd havstulpaner och mindre blåmusslor (bild till höger)

FOTO: Helene Ek Henning och Maria Åslund

Valdemarsviken

Resultatet från pilotmusselodlingarna visade att det finns gott om blåmussla i Valdemarsviken. Skörden från Valdemarsviken bestod dock mestadels av små musslor, de flesta hade settlat (satt sig fast) samma år eller året innan. Salthalten i Valdemarsviken utgör därför inget hinder för blåmusslans fortplantning. Havstulpaner var vanligt förekommande på repen och de små musslorna satt fast ovanpå havstulpanerna. Inga musslor var längre än 25 mm. Skörden – i både antal blåmusslor och i total biomassa – blev högst i mellersta Valdemarsviken och lägst i yttre Valdemarsviken. I yttre Valdemarsviken fanns endast två storleksklasser; 0-5 mm och 15-20 mm långa blåmusslor.

Enligt yrkesfiskaren, som ansvarat för tillsyn över musselodlingen, hade det tidigare förekommit rikligt med blåmussla på repen. Skörden hade därför blivit större om man skördat ett år tidigare. Avsaknaden av större musslor kan bero på att det var för strömt i Valdemarsviken och att de på grund av tyngden inte lyckats hålla sig kvar. Ett annat alternativ är att blåmusslorna blivit uppätta av fågel eller fisk. Valdemarsviken är en långsmal vik utan skyddande öar som dämpar vattengenomströmningen, och detta medför att det är svårt att hitta lämpliga placeringar för musselodlingar.



I den långsmala Valdemarsviken finns få skyddande öar. FOTO: Helene Ek Henning

Vilka odlingsmetoder är bäst?

Tid för settling och skörd

Tidpunkt för fastsättning av blåmussla på hårda substrat kan variera beroende på vattnets temperatur. Fastsättning kan även ske flera gånger under en säsong. Vid inspektion av musselodlingarna i slutet av maj 2011 hade fastsättning redan skett, och vid skörden fyra månader senare hade ytterligare en fastsättning skett under sommaren.

Fastsättningen av blåmusslor var liten under sommaren 2009, och betydligt större under sommaren 2010 och 2011. Normalt skördar man musselodlingar efter två tillväxt-/sommarsäsonger, men eftersom fastsättningen av blåmusslor under 2009 var så liten fick musslorna hänga ute ytterligare en sommar (dvs. totalt två år och fyra månader). Det spekulerades i att 2009 var ett ”dåligt” musselår, eftersom inte heller yrkesfiskarnas utlagda rep/redskap blev påväxta av blåmusslor i lika hög utsträckning som normalt. Det är oklart varför fastsättningen av blåmussla blev så liten under sommaren 2009, men det skulle kunna bero på att försommaren 2009 var ovanligt kall. Enligt yrkesfiskarna skedde inte fastsättningen av musslor förrän i juli. Eventuellt kom musselrepen för sent i vattnet, dvs. efter att en eventuell första fastsättning av mussellarver hade skett.

Odlingar som hade legat i vattnet under tre somrar hade inte en större skörd (biomassa) jämfört med odlingar som legat i vattnet under två somrar (figur 5). En rekommendation är därför att normalt planera för skörd efter 1 år och 4 månader. Väntar man för länge till skörd blir troligtvis tyngden så stor att fastsättningen till repet lossnar. Mussellarver kan vid brist på substrat fästa till skalet på andra blåmusslor, och det kan bildas tunga sjok av blåmusslor på repen.

Odlingssubstrat

I denna studie testades sex odlingssubstrat; två typer av rep, två nät med olika maskstorlek och ett finmaskigt plastband. Jämförande studier utfördes i Källsta- och Husfjärden samt Aspöfjärden. Skörderesultatet från metodstudien i Aspöfjärden är svårt att utvärdera eftersom musslorna försvann från rep och finmaskigt plastband innan skörd (figur 7). Efter sommaren 2009 hade avsevärt flest blåmusslor satt sig fast på de finmaskiga plastbanden, medan få musslor satt sig på rep och nät (figur 6). Det är möjligt att nyinköpta rep och nät var för glatta som fästytor till musslorna, eftersom fastsättningen blev betydligt bättre efter ett år i vattnet. Efter tre somrar var skörderesultatet från rep i Källstafjärden endast marginellt sämre än finmaskigt plastband från samma område (figur 5). Rep och finmaskigt plastband är att föredra framför nät med maskor om 80 mm och 100 mm, eftersom dessa både gav en bättre skörd och var lättare att hantera vid skörd. Blåmusslorna hade svårt att fästa till det glatta nätet och satt framför allt i noder och i sjok av fintrådiga alger.

Sammanfattningsvis, av de testade substraten var det finmaskiga plastbandet bäst (figur 8). Detta beror sannolikt på att musslan hade lättast att sätta sig fast och hålla sig kvar på detta substrat, samt att det finmaskiga nätet tillät en viss vattengenomströmning som förde med sig mat till blåmusslorna. Även rep lämpar sig bra som substrat för blåmusslor.

Det finmaskiga plastbandet fungerade även bra i försöksodling i Mönsterås och substratet används även i vissa danska musselodlingar. I Kalmar och Trosa

testades under 2009-2012 en norsk metod att odla mussla s.k. ”Smart Farm”(www.smartfarm.no), som består av ett nyckelfärdigt system med flytrör, nät och skördemas-
skin. Skördemetoden fungerar som en biltvätt med borstar, varefter musslorna faller ned i en tratt. På grund av kalla vintrar med tjock is och kraftig isdrift förstördes delar av bojar och flytrör, och det var därför svårt att utvärdera skörderesultatet (Lindahl, 2012).



Figur 8. Flest musslor satte sig på det finmaskiga plastbandet. FOTO: Maria Åslund

Även i en dansk metodjämförelse påpekades vissa nackdelar med Smart Farm-konceptet. Istäcke ansågs utgöra en produktionsrisk och investeringskostnaden är hög (Tørring et al, 2008).

Enligt den danska metodstudien finns det inget odlingssubstrat som lämpar sig bäst i alla kustområden, och det gäller även för svenska kustområden. Längs den svenska västkusten odlas blåmussla på platta band, men enligt försöksodling i Mönsterås fungerar inte den metoden på östkusten eftersom blåmusslan inte utvecklar lika starkt fäste till substratet (pga. den låga salthalten). Skörde-
metoder måste utvecklas för att på ett enkelt sätt skörda musslor, både av arbetsmiljöskäl och tidsmässiga skäl. Det är troligtvis enklare att skörda musslor från ett rep jämfört med ett finmaskigt plastband.

Hur stor är miljönyttan?

Allmänt

Blåmusslans mjukdelar innehåller högre halter av fosfor och kväve jämfört med blåmusslans skaldelar (tabell 1). Blåmusslans skal var desto rikare på kalcium. Torrsubstansen i blåmusslans mjukdelar var 11-12 % i mellanskärgården och 19 % i de något mindre musslorna från Valdemarsviken. En stor del av blåmusslan består således av vatten. Torrsubstansen i blåmusslans skal var högre, omkring 74 %. Musslor i Valdemarsviken hade en lägre andel mjukdel i förhållande till den totala vikten jämfört med musslor i mellanskärgården. Andel mjukdel av den totala våtvikten var 29 % i Valdemarsviken, 42 % vid Kråkskär och Höga skäret, 49 % i Aspö-, Källsta-, och Husfjärden. Anledningen till den lägre andelen mjukdel i blåmussla från Valdemarsviken kan bero på att musslorna där är mer påverkade av sötvattenstillförsel än i mellanskärgården. Medellängden hos de analyserade musslorna från Valdemarsviken var i genomsnitt ca 5 mm kortare än musslor från mellanskärgården.

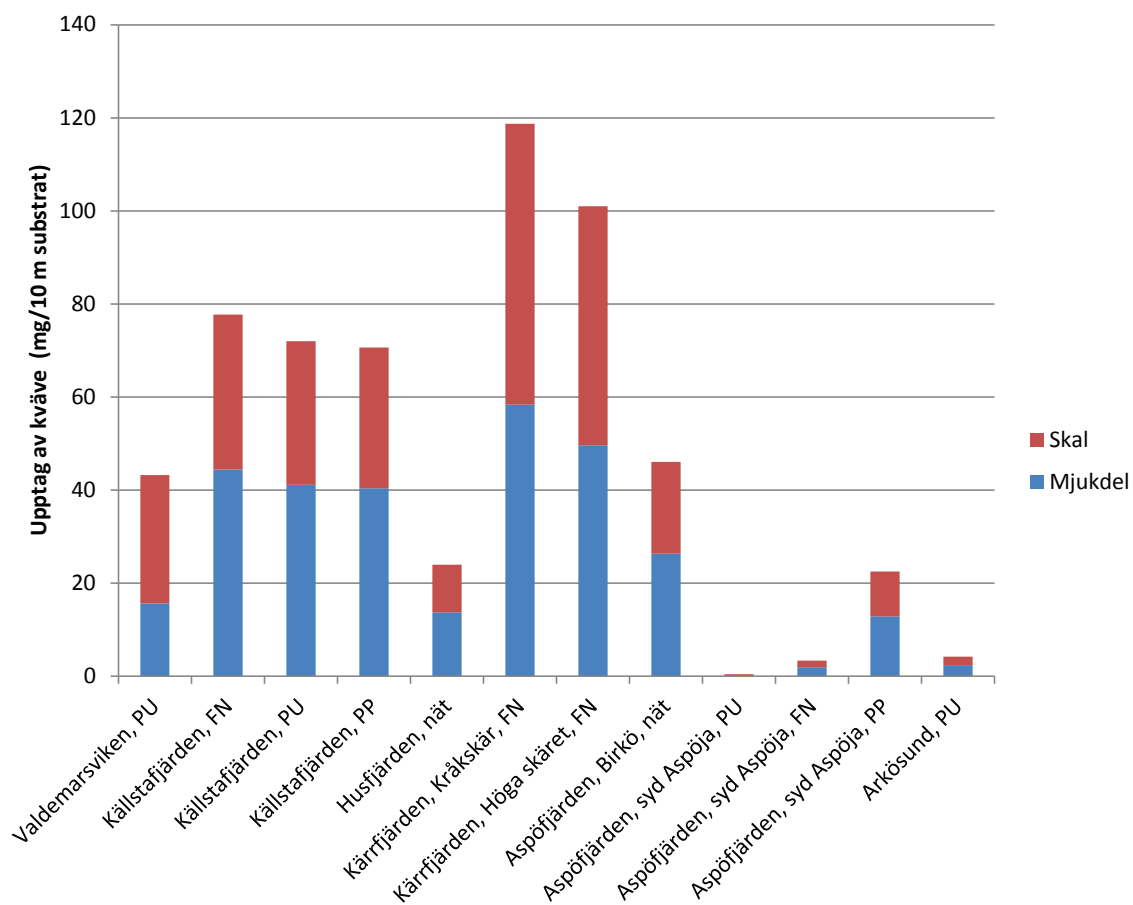
En jämförelse av närsaltsupptag visar ingen större skillnad mellan de blåmusslor som varit två eller tre somrar i vattnet. För att optimera skörden och närsaltsupptag är det viktigare att välja en bra placering av odlingen än att förlänga tidpunkt för skörd (figur 9 och 10).

Upptag av fosfor och kväve

Analys av blåmusslans kväve- och fosforinnehåll visade att omkring 1,1 % av blåmusslans totala våtvikt utgjordes av kväve, medan 0,11 % utgjordes av fosfor (tabell 1). Näringsinnehållet stämmer överens med resultat från odlingar i Kalmar län (Lindahl, 2008). Skörderesultatet, och därmed upptaget av fosfor och kväve, varierade beroende på vilket odlingssubstrat som användes och lokalisering (figur 9 och 10). Odlingar med högst kväve- och fosforupptag låg i Kärrfjärden i Sankt Annas skärgård, trots att dessa endast legat ute under två sommarperioder (1 år och 4 månader). Skörden uppgick här till omkring 12 kg blåmussla per finmaskigt plastband om 10 m. Detta innebar ett upptag av 119 g kväve och 10 g fosfor (figur 9 och 10). Motsvarande skörderesultat från musselodlingen i Mönsterås var mellan 10-46 kg per finmaskigt plastband om 10 m (Lindahl, 2008). Hur mycket kväve och fosfor som avlägsnas i en hektar odling beror på hur tätt man sätter repen eller plastbanden. Skörden från en musselodling i Mönsterås uppskattas till 150 ton musslor per ha och år, medan skörden vid en musselodling vid Åland uppskattades till dryga hälften (Lindahl, 2008). Detta innebär borttagande av upp till 1500 kg kväve och 150 kg fosfor per hektar och år på ostkusten.

Tabell 1. Analys av blåmusslornas innehåll av totalkväve, totalfosfor, protein och kalcium. Halterna presenteras som våtvikt (g/100 g eller mg/kg) i blåmusslans mjukdel och skal.

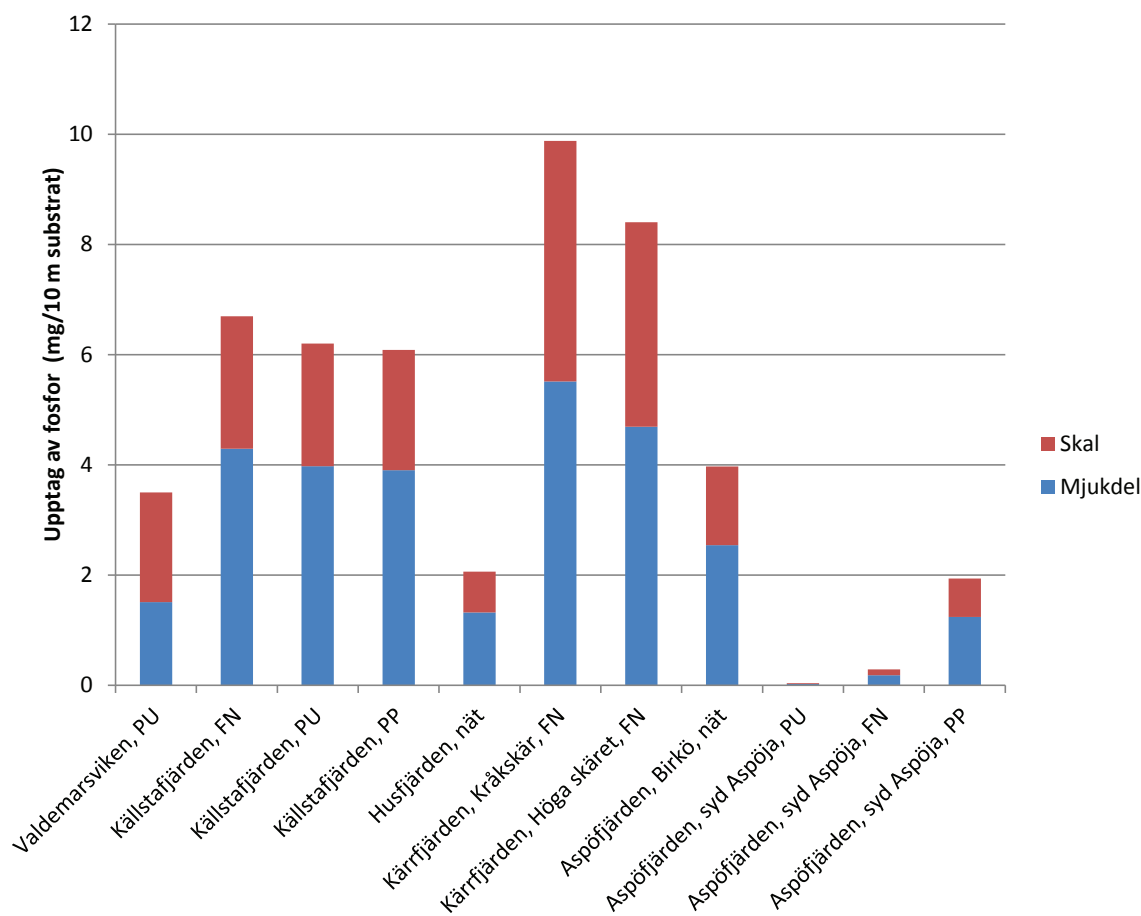
		Kråkskär och Höga skäret	Aspö-, Källsta- och Husfjärden	
		Mjukdel	Mjukdel	Skal
Totalkväve	g/100 g	1,20	1,25	0,90
Totalfosfor	mg/kg	1135	1208	650
Protein	g/100 g	7,3	7,7	5,7
Kalcium	mg/kg	1334	1345	264152



Figur 9. Upptag av kväve i blåmusslans mjukdel och skal, uttryckts som g totalkväve per 10 m substrat (rep, finmaskigt plastband eller nät*).

*PU=Rep av polyesterull, FN=Finmaskigt plastband, PP=Rep av polypropylen, Nät=100X100 mm alt. 80X80 mm maska. Med 10 meter nät avses här 10-12,5 maskor, dvs. inte hela nätets bredd.

Enligt Sveriges åtagande i BSAP (Baltic Sea action plan) ska kvävebelastningen minska med 8 100 ton/år och fosforbelastningen med 290 ton/år från Sverige till Egentliga Östersjön (Naturvårdsverket rapport 5830). Musselodling är enligt Miljömålsrådets bedömning den mest lönsamma metoden för att minska belastningen av näringsämnen i vatten (Miljödepartementet, 2009). Musselodlingar kan åtminstone lokalt förbättra vattenkvaliteten i skärgården och kan utgöra ett komplement till andra åtgärder för att minska övergödningen.



Figur 10. Upptag av fosfor i blåmusslans mjukdel och skal, uttryckt som g totalfosfor per 10 m substrat (rep, finmaskigt plastband eller nät*).

*PU=Rep av polyesterull, FN=Finmaskigt plastband, PP=Rep av polypropylen, Nät=100X100 mm alt. 80X80 mm maska. Med 10 meter nät avses här 10-12,5 maskor, dvs. inte hela nätets bredd.

Vad kan musslorna användas till?

Musslan - rik på näringsämnen och fettsyror

Musslor innehåller flera viktiga vitaminer, mineraler och fettsyror (tabell 2). Det vore därför önskvärt att de nyttiga musslorna kom till nytta i gödsel eller djurfoder, t.ex. för fisk och höns. En pilotstudie har visat att värphöns gärna äter kokt musselkött (Kollberg och Ljungqvist, 2005). Från 2014 beräknas EU ha infört att ekologiska höns ska få foder som är till 100 % KRAV-godkänt. Forskning pågår att ersätta fiskmjöl med musselmjöl vilket skulle ligga väl i linje med detta krav. Ifall det finns en marknad för sådant foder så skulle musselodling bli en intressant åtgärd även för ostkusten.

Forskare vid Sveriges Lantbruksuniversitet har i samarbete med Aquaculture Protein Center och Sahlgrenska sjukhuset, testat att ersätta fiskmjölet i fiskfoder med alternativa proteinkällor. Det rör sig dels om en sorts trådbildande svampar, så kallade zygomyceter (*Rhizopus oryzae*), som kan odlas på avfallsvatten från pappersindustrin. Man har också testat musslor som foderråvara i foder för regnbåge och röding. Foder där fiskmjölet helt hade ersatts med musselmjöl och till 20 procent med zygomyceter gav inga skillnader i tillväxt jämfört med fiskar som utfodrats med traditionellt fiskbaserat foder. I nuläget kan hälften av både fiskoljan och proteinet i fodret bytas ut mot t.ex. musslor, zygomyceter och rapsolja utan risk för fiskens tillväxt och hälsa. Fördelen med musselmjöl är att detta innehåller de långa, fleromättade, marina omega 3-fettsyror, som saknas i vegetabiliska råvaror. Det långsiktiga målet för forskarna är att 90 procent av fiskprodukterna i fiskfodret ska kunna bytas ut mot mer hållbara foderkällor. Ett framtidsscenario är ett kretslopp där mussel- och fiskodling kombineras, så kallat multitroft vattenbruk. Musslorna tar upp de näringsämnen som läcker från fiskodlingen och kan sedan malas ner till mjöl för att ingå i fiskfodret.

Tabell 2. Musslors innehåll av vitaminer, mineraler och fettsyror i 100 g musselkött. Data från Livsmedelsverket, 2012.

Fettsyror		Mängd	
Mättade fettsyror		0.4 g	
Enkelomättade fettsyror		0.4 g	
Fleromättade fettsyror		0.5 g	
Eikosapentaensyra (EPA) – Omega 3-fettsyra		0.2 g	
Dokosaheksaensyra (DHA) – Omega 3-fettsyra		0.1 g	

Vitaminer	Mängd	Mineraler	Mängd
Vitamin A	84 µg	Fosfor	235 mg
Vitamin B1	0.16 mg	Jod	180 µg
Vitamin B2	0.21 mg	Järn	3.4 mg
Vitamin B3	1.6 mg	Calcium	88 mg
Niacin (ekv.)	4.2 mg	Kalium	315 mg
Vitamin B6	0.1 mg	Magnesium	23 mg
Vitamin B9	42 µg	Natrium	290 mg
Vitamin B12	10.2 µg	Selen	60 µg
Vitamin E	0.9 mg	Zink	1.5 mg

Sedan tio år tillbaka har ekologiska jordbrukare på Orust utnyttjat musselrester som gödning (Olrog och Christensson, 2008). Förutom en ökad tillväxt hos grödan har man noterat bättre jordstruktur och förhöjt pH. Den största nackdelen har emellertid varit att musselresterna producerat obehaglig lukt. Utveckling av någon form av komposteringsprocess skulle kunna omvandla musselresterna till en mer lätthanterlig gödningsprodukt.

Utgör musslans miljögiftsinnehåll ett hinder för användning i foder eller gödning?

Om blåmussla ska kunna användas som gödsel eller djurfoder får inte halterna av vissa främmande ämnen överskridas. Länsstyrelsen har därför skickat in musslor för analys av metaller och vissa organiska föroreningar. Resultaten presenteras i tabell 3 och 5, och i de fall det förekommer gränsvärden redovisas även dessa. Halter av främmande ämnen i blåmusslan från Länsstyrelsens pilotodlingar var genomgående betydligt lägre än de gränsvärden som finns för användning i foder och gödning (tabell 3 och 5).

Metallhalterna var lägre i musslans skal jämfört med mjukdelar, bortsett från halten av mangan som var högre i musslans skal. Det ämne som låg närmast gränsvärdet för användning i foder eller gödning var kadmium men de uppmätta värdena var ändå hälften så höga som gränsvärdet. Mätningar från Motala ströms vattenvårdsförbund och nationell miljöövervakning visar dock att bottenlevande musslor innehåller så höga kadmiumhalter att de inte är godkända att använda som foder eller gödning (tabell 4). Kadmiumhalten i bottenlevande blåmussla är ungefär dubbelt så hög som blåmussla från Länsstyrelsens pilotodlingar. Detta beror sannolikt på att bottenlevande blåmussla exponeras för högre halter av kadmium eftersom detta ämne ansamlas i bottensedimenten. Kadmiumhalten i vattenfas är normalt låg och därför innehåller odlade blåmusslor lägre halter. När man fattar beslut om det är möjligt att använda blåmussla i foder eller gödning kan man således inte använda befintlig data från miljöövervakning som utförs på bottenlevande blåmusslor.

Organiska miljögifter analyserades enbart i musslans mjukdel eftersom dessa ämnen ansamlas i fettvävnaden. Länsstyrelsens mätningar visade att halterna av organiska föroreningar klarade de gränsvärden som finns för foder och gödning med god marginal. Flertalet organiska ämnen detekterades inte i den kemiska analysen.

Tabell 3. Halter av grundämnen i blåmussla från Länsstyrelsens pilotodlingar, angivna i mg/kg torrsubstans. I Valdemarsviken och Aspö-, Källsta- och Husfjärden har grundämnen mätts i både mjukdelar och skal. I Kråkskär och Höga skäret i Kärrfjärden har enbart mjukdel analyserats. Även torrsubstans (TS) och medellängd presenteras. De uppmätta halterna jämförs med gränsvärden för användning i foder och gödning, i de fall restriktioner finns.

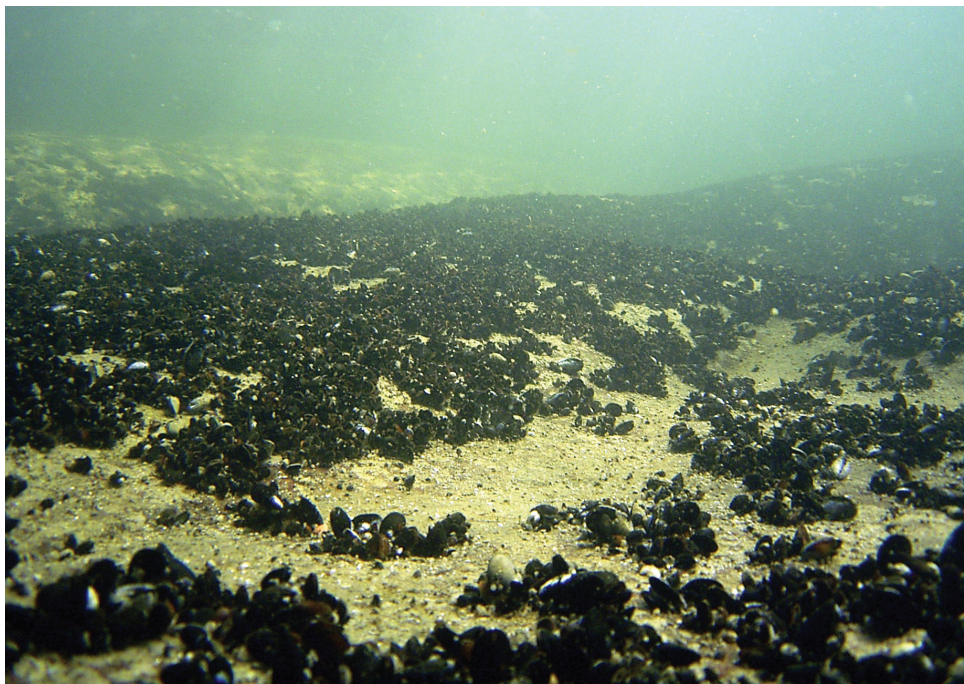
		Valdemarsviken		Aspö-, Källsta- och Husfjärden		Kråkskär och Höga skäret		
		Mjukdel	Skal	Mjukdel	Skal	Mjukdel	Foder	Gödning
Matris								
Torrsubstans %		19,4	72,5	11,9	74,2	10,5		
Medellängd mm		17	17	22	22	21		
Ag	mg/kg TS	<0.03	<0.007	<0.04	<0.009			15
As	mg/kg TS	3,87	0,29	3,88	0,20	3,93	17,05	
Ca	mg/kg TS			11300	356000	12700		
Cd	mg/kg TS	0,64	0,05	0,96	0,05	0,94	2,27	2
Co	mg/kg TS	0,49	0,06	0,54	0,09	0,33		
Cr	mg/kg TS	6,30	1,22	0,60	0,62	0,39		100
Cu	mg/kg TS	8,5	2,21	9,3	2,00	8,7		600
Hg	mg/kg TS	0,064	<0.006	0,046	<0.009	0,053	0,57	2,5
Mn	mg/kg TS	64	67,05	59	94,55	52		
Ni	mg/kg TS	1,4	0,36	1,6	0,31	1,5		50
Pb	mg/kg TS	0,61	0,08	0,68	0,18	0,52	11,36	100
Sn	mg/kg TS	0,063	<0.01	0,091	0,02			35
Zn	mg/kg TS	85	7	78	5	70		800

Tabell 4. Halter av grundämnen i mjukdelar från bottenlevande blåmussla, angivna i mg/kg torrsubstans. Data från Motala ströms vattenvårdsförbund 2011 och nationell miljöövervakning (medel 2008-2009). Analyserade musslor är mellan 20-30 mm långa. De uppmätta halterna jämförs med gränsvärden för användning i foder och gödning.

		Kväddö- fjärden	Yttre Brå- viken	Trännö- fjärden	Inre Val- demars- viken	Yttre Valde- mars- viken	Orren		
Torrsubstans %		12	15,7	13	13,3	11,5	13,3	Foder	Gödning
Ag	mg/kg TS	0,03							15
As	mg/kg TS	10,8						17,05	
Cd	mg/kg TS	3,6	1,9	2,1	1,5	2,2	2,0	2,27	2
Cr	mg/kg TS	2	0,92	1,10	2,40	0,76	0,74		100
Cu	mg/kg TS	8,8	9,0	12,0	19,0	23,0	12,0		600
Hg	mg/kg TS		<0,13	<0,16	<0,16	<0,18	<0,16	0,57	2,5
Ni	mg/kg TS	2,2	1	2,7	1,6	2	1,5		50
Pb	mg/kg TS	1,90	0,37	0,74	0,82	1,30	0,71	11,36	100
Zn	mg/kg TS	99	82	120	140	160	100		800

Undersökningar av blåmusslor vid pilotodlingar i Kalmar sund, Ljungsnäs och Mönsterås har visat att halterna av samtliga analyserade grundämnen i odlade blåmusslor var betydligt lägre än gällande gränsvärden för användning i foder och gödning (Nilsson, 2009). Även halterna av organiska miljögifter understeg uppsatta gränsvärden. I studien från Kalmar mättes även innehåll av bromerade flamskyddsmedel, 4-nonylfenol och toxafen. Halterna var mycket låga eller inte detekterbara, och dessa ämnen utgör således inget hinder för användning i foder eller gödning. Miljögiftshalterna var något högre utanför Mönsterås än i Ljungsnäs, vilket är förväntat med tanke på högre påverkanstryck från industri. Halterna av organiska miljögifter var i regel lägre i odlade musslor i Östergötland jämfört med odlade musslor i Kalmar län. Detta beror på att påverkan från miljöstörande aktiviteter är förhållandevis låg i Östergötlands skärgård. Trots att Valdemarsviken har problem med höga kromhalter klarar de med god marginal uppsatta gränsvärden för användning som gödning. Det kustområde i länet som är utsatt för högst påverkanstryck i form av utsläpp från industrier, reningsverk och sjöfart är Bråviken. Länsstyrelsens pilotodlingar visar dock att dessa områden inte är lämpade för storskaliga musselodlingar p.g.a. den låga salthalten.

Sammanfattningsvis utgör miljögifter inget hinder för att odlade blåmusslor ska kunna användas i foder och gödning. Halterna i de odlade musslorna är så låga att de med god marginal understiger gällande gränsvärden för användning i foder och gödning. Det ämne som ligger närmast gränsvärdet är kadmium, men de uppmätta halterna är ungefär hälften så höga som gränsvärdet.



Bottenlevande musslor innehåller högre halter av miljögifter än musslor från odlingar. Odlade musslor klarar med marginal gränsvärdena för användning i foder eller gödning. FOTO: Eva Siljeholm / Jonas Edlund

Tabell 5. Halter av organiska föroreningar från blåmussla i Länsstyrelsens pilotodlingar i mellanskärgrården. Analyserna har utförts i blåmusslans mjukdel och presenteras som våtvikt och torrsvikt. Observera att enheterna varierar. Torrsubstansen var 11,9 %, fetthalten 1,1 g/100 g och medellängden hos de analyserade blåmusslorna var 22 mm. De uppmätta halterna jämförs med de gränsvärden som finns för användning i foder och gödning.

Klorerade pesticider				Foder	Gödning
		våtvikt	torrsvikt	torrsvikt	torrsvikt
pentaklorbensen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
hexaklorbensen	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
alfa-HCH	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,023	
beta-HCH	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
gamma-HCH (lindan)	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,23	
aldrin	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
dieldrin	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
endrin	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
isodrin	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
telodrin	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
heptaklor	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,011	
cis-heptaklorepoxyd	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
trans-heptaklorepoxyd	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
o,p-DDT	mg/kg	<0,0002	<0,00002	0,057 (DDT)	
p,p'-DDT	mg/kg	<0,0002	<0,00002		
o,p-DDD	mg/kg	<0,0002	<0,00002		
p,p'-DDD	mg/kg	<0,0002	<0,00002		
o,p-DDE	mg/kg	<0,0002	<0,00002		
p,p'-DDE	mg/kg	0,00039	0,00005		
alfa-endosulfan	mg/kg	<0,0010	<0,0001	0,11	
hexaklorbutadien	mg/kg	<0,0050	<0,0006		
trifluralin	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
1,2,3-triklorbensen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
1,2,4-triklorbensen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
1,3,5-triklorbensen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er)

		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	Foder <i>torrvikt</i>	Gödning <i>torrvikt</i>
naftalen	mg/kg	<0,0050	<0,0006		
acenaftylen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
acenaften	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
fluoren	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
fenantren	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
antracen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
fluoranten	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
pyren	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
bens(a)antracen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
krysen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
bens(b)fluoranten	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
bens(k)fluoranten	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
bens(a)pyren	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
dibenso(ah)antracen	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
benso(ghi)perylene	mg/kg	<0,0010	<0,0001		
indeno(123cd)pyren	mg/kg	<0,0010	<0,0001		

Ftalater

		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>
dimetylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
dietylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-n-propylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-n-butylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-iso-butylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-pentylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-n-oktylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-(2-etylhexyl)ftalat	mg/kg	0,083	0,010		
butylbensylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		
di-cyklohexylftalat	mg/kg	<0,050	<0,01		

Tennorganiska föreningar

		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>
tributyltenn	µg/kg	<1,0	<0,12		

Polyklorerade bifenyl: PCB (7)

		Foder Göd- ning			
		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>
PCB 28	pg/g	29	3		
PCB 52	pg/g	30	4		
PCB 101	pg/g	94	11		
PCB 118	pg/g	100	12		
PCB 138	pg/g	170	20		
PCB 153	pg/g	340	40		
PCB 180	pg/g	60	7		
Summa PCB7	pg/g	820	98		
Summa PCB7	mg/kg	0,0008	0,0001	0,227	0,4

Dioxiner och furaner

		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>
2,3,7,8-tetraCDD	pg/g	<0,05	<0,006		
1,2,3,7,8-pentaCDD	pg/g	<0,13	<0,015		
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	pg/g	<0,11	<0,013		
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	pg/g	<0,11	<0,013		
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	pg/g	<0,11	<0,013		
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	pg/g	<0,19	<0,023		
oktaklordibensodioxin	pg/g	<0,35	<0,042		
2,3,7,8-tetraCDF	pg/g	0,25	0,03		
1,2,3,7,8-pentaCDF	pg/g	<0,083	<0,010		
2,3,4,7,8-pentaCDF	pg/g	<0,083	<0,010		
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	pg/g	<0,069	<0,008		
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	pg/g	<0,069	<0,008		
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	pg/g	<0,069	<0,008		
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	pg/g	<0,069	<0,008		
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	pg/g	<0,11	<0,013		
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	pg/g	<0,11	<0,013		
oktaklordibensofuran	pg/g	<0,15	<0,018		
sum WHO-PCDD/F-TEQ lowerbound	pg/g	0,03	0,003		
sum WHO-PCDD/F-TEQ upperbound	pg/g	0,16	0,019		
sum WHO-PCDD/F-TEQ lowerbound	mg/kg	3*10-8	3*10-9	1,42*10-6	
sum WHO-PCDD/F-TEQ upperbound	mg/kg	1,6*10-7	1,9*10-8	1,42*10-6	

Dioxinlikna PCB:er

				Foder	Gödning
		<i>våtvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>	<i>torrvikt</i>
PCB 77	pg/g	<4,5	<0,54		
PCB 126	pg/g	<0,87	<0,10		
PCB 169	pg/g	<1,1	<0,13		
PCB 81	pg/g	<1,8	<0,21		
PCB 105	pg/g	25	3,0		
PCB 114	pg/g	<3,6	<0,43		
PCB 123	pg/g	<3,7	<0,44		
PCB 156	pg/g	15	1,8		
PCB 157	pg/g	<4,4	<0,52		
PCB 167	pg/g	14	1,7		
PCB 189	pg/g	<5	<0,60		
sum WHO-PCB-TEQ upperbound	pg/g	0,11	0,013		
sum WHO-PCB-TEQ upperbound	mg/kg	1,1*10 ⁻⁷	1,3*10 ⁻⁸	5,11*10 ⁻⁶	

Lönsamhet har utretts

Intresset för musselodlingar i Östergötland är stort, men i dagsläget saknas aktörer som kan finansiera musselodling som miljöåtgärd. Flera alternativ diskuteras för att utveckla musselodling på ostkusten kommersiellt. Länsstyrelsen har genom lokala vattenvårdsmedel (LOVA) delfinansierat projektet ”Affärsmodell för eko-effektivt vattenbruk”. I detta projekt gjordes en utredning av tre användningsområden (biogas, gödning och hönsfoder) för att få en marknadsvärdering för musselskörd. I denna utredning framkom att miljönyttan och sysselsättningsvinsten av musselodling är stor men att affärsnyttan fortfarande är mycket låg. Det finns en viss marknad för musselmjöl som foder men kostnaderna för framställning är höga. Utredningen visade att det behövs en långsiktig finansieringspolitik där t ex ett miljöstöd är att föredra framför ett investeringsstöd eftersom ingen kommer att investera i en olönsam affär (Energikontoret Östra Götaland, 2010).

Blåmusslor som biogassubstrat

Hösten 2009 gjorde Svensk Biogas, på uppdrag av Länsstyrelsen, ett utrotningsförsök på blåmusslor. I utrotningsförsöket undersöktes blåmusslans metanpotential. Metanpotentialen anger musslornas maximala gasproduktion under optimala rötningsförhållanden. Försöket visade att blåmusslans metanpotential ligger på 418 Nm³ CH₄/ton våsubstans. Detta innebär att musslor som biogassubstrat är likvärdigt med färskt primärslam från ett reningsverk.

En förväntad maximal skörd på ca 65 000 ton musslor kan ge 670 – 865 000 Nm³ uppgraderad fordonsgas (Energikontoret Östra Götaland, 2010). Det kan jämföras med Svensk Biogas totala försäljning av fordonsgas 2009 som uppgick till 8,7 miljoner Nm³. Musslor som substrat ger ca 4 gånger mer gas än gödsel och är ett relativt bra substrat utan skal. I dagsläget klarar dock inte biogasanläggningarna att hantera så stora mängder musslor per år, eftersom det skulle innebära en ojämn belastning. Musselskalen ställer också till med stora behandlingsproblem, då dessa måste avlägsnas innan rötning. Om musselskörden dessutom ska transporteras in till exempelvis biogasanläggningen i Linköping tillkommer också en kostsam transport.

Biogödsel från rötning av blåmusslor

Biogödsel från rötning av enbart hela musslor får ett förhållandevis lågt värde på näringsämnen. En gödselgiva på nästan 30 ton produkt/ha tillför endast knappa 10 kg växttillgängligt kväve och knappt 5 kg av fosfor respektive kalium. Marknadsvärdet (feb 2010) för biogödseln producerad från endast hela musslor är för lantbrukaren negativt jämfört med konventionell användning av mineralgödsel. Problemet är även här mängden skal och vatten i musselskörden. Endast omkring 10 % av musslans torrsvikt består av rötbar fraktion musselkött (Energikontoret Östra Götaland, 2010).

Musslor som hönsfoder

KRAV har uttryckt ett stort intresse för hönsfoder baserat på musselmjöl och vill gärna att musselmjöl i tillräcklig mängd kommer ut på marknaden för foderproduktion. Östergötland är ett av de hönstätaste länen i landet, och särskilt stora på ekologiska höns, så det finns en befintlig potentiell marknad för musselmjölsfoder i länet. Ingen av de två foderanläggningarna i länet producerar dock ekologiskt foder, detta görs endast i respektive företags fabriker i Västergötland. Tyvärr ger det pris som konsumenterna är villiga att betala för musselmjöl ingen vinstmarginal för råvaran eller för investeringar i förbättrad musselmjölsframställning. Dessutom tillkommer kostnader för transporter och förbehandling (separering av skal). Sammanfattningsvis behövs det någon form av miljöersättning till musselodlaren om det skall bli aktuellt att använda råmussla inom foderindustrin (Energikontoret Östra Götaland, 2010).

Slutsatser

- Det finns goda förutsättningar för att odla blåmusslor i mellanskärgården. Områden som är olämpliga för musselodlingar är de inre och mellersta delarna av Bråviken, samt Slätbaken innanför Stegeborg. Det kraftigt utsötade vattnet i dessa havsvikar utgör ett hinder för att bedriva musselodlingar.
- Länsstyrelsen rekommenderar att man lägger ut odlingssubstraten under senare delen av maj och att man i normalfallet skördar i september året därpå. Blåmussslan kan settla flera gånger under en säsong och den första settlingen kan ske redan i maj. Om odlingen hänger ute för länge ökar risken att musslorna faller av på grund av dess tyngd och att de blir uppätta av fisk eller sjöfågel som livnär sig på blåmussla.
- Blåmusslor i Östergötlands skärgård har lättast att sätta sig fast och hålla sig kvar på ett finmaskigt plastband (även kallat nätstrumpa). Även rep lämpar sig bra som substrat för blåmusslor, medan nät med 80 mm och 100 mm maskstorlek fungerar sämre i Östergötlands skärgård.
- Blåmusslor från mellanskärgården innehåller omkring 1,1 % kväve och 0,11 % fosfor. En jämförelse av närsaltsupptag visar ingen större skillnad mellan de blåmusslor som varit två eller tre somrar i vattnet.
- Efter ett år och fyra månader i vattnet kan man skörda upp till 12 kg blåmussla per 10 m substrat i Östergötlands mellanskärgård. Hur mycket kväve och fosfor som avlägsnas i en hektar odling beror på hur tätt man sätter odlingssubstraten. Om man på ett hektar placerar ut ett finmaskigt plastband/rep med en meters mellanrum, kan man vid skörd ta bort ca 1200 kg kväve och 100 kg fosfor. Musselodling kan fungera som ett komplement till andra mer platsspecifika åtgärder för att lokalt förbättra vattenkvaliteten.
- Det finns potential för användning av de nyttiga musslorna i djurfoder, t.ex. fisk och höns. Odlade blåmusslor från Östergötlands skärgård innehåller låga halter av främmande ämnen vilket gör att de med god marginal klarar de gränsvärden som finns för användning i foder eller gödning.
- Blåmusslor kan användas för produktion av biogas. Resultatet visade att musslor som biogassubstrat är likvärdigt med färskt primärslam från ett reningsverk.

- Det finns ett stort intresse för att etablera storskaliga musselodlingar i Östergötlands län. I dagsläget är det dock svårt att få avkastning för de små blåmusslorna på ostkusten, och det behövs förmodligen någon form av miljöstöd om musselodling ska fungera som miljöåtgärd på ostkusten. Under 2012-2013 driver Energikontoret Östra Götaland ett EU-finansierat projekt som syftar till att kommersialisera musselodling på ett effektivt och hållbart sätt.

Intresserad av att starta upp en musselodling?

Kontakta Länsstyrelsen för samråd!



*Musselodling i den östgötska skärgården.
FOTO: Maria Åslund*

Referenser

Edlund J., Siljeholm E. 2009. Mätkampanj vegetationsklädda bottnar i Östergötland 2009. Länsstyrelsen Östergötland.

Energikontoret Östra Götaland, 2010. Utredning om affärsmodell för eko-effektivt vattenbruk: systemlösningar för musselodling i kombination med biogas-, gödsel- och foderproduktion”. http://www.skargardsradet.se/fileadmin/musslor/bilaga1_sammanfattning-resultat_100401.pdf

Jordbruksverket information om odling av musslor
<http://www.sjv.se/amnesomraden/djur/fiskarochandravattenbruksdjur/musselochostronodling.4.7409fe2811f8e7990b88000397.html>

Kollberg S. och Ljungquist L. 2005. Musslor som livsmedel och råvara inom lantbruket. Rapport till Ekhaga Stiftelsen, dnr 2005-48.

Lindahl O., Kollberg S., Loo L-O., Persson M., Oscarsson H., Harlén A., Løkken B., Broch K., Lund T.R. 2004. Musslor för miljön – musselodlingens positiva och negativa miljöeffekter. Kristinebergs marina forskningsstation och Länsstyrelsen i Västra Götalands län. ISBN: 91-89507-09-6.

Lindahl O., 2008. Vetenskaplig slutrapport. Musselodling i Östersjön. Lst dnr.: 622 – 3541 – 07.

Lindahl O., 2012. Musselfarming as an environmental measure in the Baltic. Final report. Baltic 2020.

Miljödepartementet, 2009. En sammanhållen svensk havspolitik. Prop. 2008/09:170

Naturvårdsverket, 2008. Sveriges åtaganden i Baltic Sea Action Plan. Delrapport 5830. ISBN 978-91-620-5830-2

Nilsson, J. 2009. Grundämnen och organiska miljögifter i blåmusslor från odlingar i Kalmarsund. Höskolan i Kalmar. Rapport 2009:1.

Olrog, L. och Christensson, E., 2008. Användning av musslor och musselrester som gödselmedel i jordbruket. Hushållningssällskapet Väst, Rapport nr. 1, 2008.

SLU:s forskning om fiskfoder, pressmeddelande från SLU:

<http://www.slu.se/sv/samverkan/kunskapsbank/2009/2/svampar-och-musslor-till-den-odlade-laxen/>

Svenska Livsmedelsverket:

<http://www.vitaminsidan.se/food/musslor>

Tørring D., Gramkow M., Holtegaard L.E., Petersen J.K., Dolmer P., Bækgaard, Larsen K-L. 2008. Nye Opdrætsteknikker. Dansk Skaldyrcenter.

lansstyrelsen.se/ostergotland

Länsstyrelsen Östergötland
POSTADRESS 581 86 Linköping BESÖKSADRESS Östgötagatan 3
TELEFON 013-19 60 00 TELEFAX 013 - 10 13 81