




Under redaktion av Rutger Rosenberg

Odling av blåmussslor

© Författarna och Bokförlaget Signum i Lund AB 1983

Printed in Sweden

 Berlings Grafiska AB, Arlöv 1983

ISBN 91-85330-54-X

*Under redaktion av
Rutger Rosenberg*

Odling av blåmusslor

*Bokförlaget
Signum*

FÖRFATTARNA

Björn Dahlbäck, fil. kand., Marin mikrobiologi, Botaniska institutionen, Carl Skottsbergs Gata 22, 413 19 Göteborg.

Lars Edler, fil. dr, Marinbotaniska Avd., Kemicentrum, Box 740, 220 07 Lund.

Lars Gunnarsson, fil. dr, Blixtvägen 2, 243 00 Höör.

Joel Haamer, fil. kand., Musselina AB, Box 47, 450 47 Bovallstrand.

Åke Hagström, fil. dr, Mikrobiologiska inst., 901 87 Umeå.

Bengt v Hofsten, professor, Statens Livsmedelsverk, Box 622, 751 26 Uppsala.

Anne-Marie Larsson, fil. kand., Oceanografiska inst., Box 4038, 400 40 Göteborg.

Olle Lindén, fil. dr, IVL, Östersjölab., Utövägen 5, 371 37 Karlskrona.

Lars-Ove Loo, fil. kand., Tjärnö Marinbiologiska lab., 452 00 Strömstad.

Lars Lundborg, statsinspektör, Statens Livsmedelsverk, Box 622, 751 26 Uppsala.

Christer Lännergren, fil. kand., VBB, Box 5038, 102 41 Stockholm.

Jan Mattsson, fil. kand., IVL, Östersjölab., Utövägen 5, 371 37 Karlskrona.

Olof Pehrsson, fil. dr, Zoologiska inst., Box 25059, 400 31 Göteborg.

Rutger Rosenberg, docent, Havsfiskelaboratoriet, 453 00 Lysekil.

Harald Sterner, arkitekt, VBB, Box 2203, 403 14 Göteborg.

Jan Thulin, fil. dr, Naturvårdsverkets sektion för kustvatten, Box 584, 740 71 Öregrund.

INNEHÅLL

Förord 7

Blåmusslor och odling Rutger Rosenberg 8 *Ägg och larver* 8
Musselodling i Sverige 12 *Odling i världen* 13

Musselodlingens tillväxt Lars-Ove Loo och Rutger Rosenberg 15
Fastsättning av larver 15 *Musslorna flyttar* 18 *Musselsamhället* 18
Konkurrens och fiender 20 *Musslornas tillväxt och antal* 21 *Jämförelse med andra odlingar* 24

Strömmar, växtnäring och syrgashalt Anne-Marie Larsson 26
Strömmens betydelse för musslorna 26 *Strömmar längs svenska västkusten* 26 *Salthalter och temperaturer längs svenska västkusten* 26 *Vattnets skiktning* 28 *Strömmar inomskärs* 28 *Strömmar i odlingsområdet vid Tjärnö* 30 *Växtnäringsämnen* 32 *Påverkas kväve- och fosforhalterna i vattnet av musselodlingar?* 32 *Syrgashalt* 33 *Risk för syrgasbrist?* 34 *Eutrofiering – övergödning av haven* 34

Musslornas föda – planktonalger Christer Lännergren 36
Plankton under året 36 *Olika sorters planktonalger* 37 *Produktion av alger* 38 *Näringsämnen* 39 *Storleksfördelning* 40 *Produktionsmätningar* 42 *Föda för musslorna* 43 *Filtrering* 44 *Musslor ger växtnäringsämnen* 45 *Ekologisk balans* 47 *Näringsvärde* 47

Förändringar i bottenmiljön Jan Mattsson och Olle Lindén 49
Nedfall av blåmusslor 49 *Ökad mängd organiska ämnen* 50 *Dåliga syreförhållanden i bottarna* 51 *Bottendjuren under odlingen och vid odlingens kant* 53 *Få bottendjur utanför odlingarna* 56 *Återhämtning* 58

Mikrobiologiska aspekter på musselodling Björn Dahlbäck, Lars Gunnarsson och Åke Hagström 60 *Bakterier är förutsättningen för liv i havet* 60 *Sammanfattning och bedömningar* 67

Musselodlingars funktion Rutger Rosenberg och Lars-Ove Loo 68 *Odlingens tillväxt* 68 *Produktion* 70 *Energiflöde* 70 *Miljöpåverkan* 72 *Hot mot musslor* 73 *Odlingens storlek* 74

Kan planktonalgerna vara giftiga? Lars Edler 78 Blågrönalger 78 Dinoflagellater 79

Parasiter i blåmussla Jan Thulin 84 Former av parasiter 84 Musslornas parasiter 85 Musselparasiter i Sverige 85

Sjöfågel gillar också musslor Olof Pehrsson 89 Vilka fåglar äter blåmusslor? 89 Ejdern på västkusten 90 Ejderns födoval 91 Variationer i ejderbeståndet 93 Vad kan ejdern ställa till med i musselodlingar? 93 Hur kan ejderns beskattning av musselodlingar undvikas? 94 Oprövade metoder 94 Mobil musselodling 95 Samordna ejder- och musselproduktion 96

Näringsvärde och hygieniska problem Bengt von Hofsten och Lars E Lundborg 97 Musslornas näringsvärde 97 Främmande ämnen i musslor 98 Bakterier och virus 99 Problem med algblomningar 101 Regler för hantering 101 Kontrollverksamhet 103

Odlings- och skördeteknik Joel Haamer 104 Val av odlingsområde 104 Anläggning av odling 105 Utsättning av band 105 Fastsättning av larver 109 Standardodling för musslor enligt svenska musselodlareföreningen, 1981 111

Havets hängande trädgårdar – ett planeringsproblem Harald Sterner 113 Får vi lov? 113 Finns det plats? 113 Vem ska göra på sig? Käppar i hjulet? 115 Räkna med bråk! 118 Hur vill vi ha det? 122 Ge inte tappt! 125

Litteratur om blåmusslor och musselodling 126

FÖRORD

De utomordentliga förutsättningarna att odla musslor längs många av världens kuster har ofta påtalats. Den danske havsforskaren Gunnar Thorson säger i sin bok "Livet i Havet" (1965): "Bland biologerna råder det enighet om att inga andra av havets djur på kort tid kan producera så mycket människoföda som musslorna och här ligger blåmusslan i topp." Vi var säkert många i Skandinavien som fångslades av dessa ord och som drömde om möjligheten att på ett enkelt sätt få högklassig föda ur havet. Det dröjde emellertid ända till i början av 1970-talet innan allvarliga försök med odling av blåmusslor påbörjades i Sverige. En av pionjärerna var Joel Haamer, som i sin bok om "Musselodling" (1977) propagerade för en framtida satsning på denna odlingsform. I slutet av 1970-talet hade en bra teknik för odling prövats ut i Bohuslän. Antalet musselodlingar ökade.

Kunskapen var emellertid bristfällig om hur musselodlingarna fungerade och tillväxte, om hur samspelet ägde rum med ström, växtnäringssämnen och planktonalger och om hur den omgivande miljön kom att påverkas. Även i utlandet var dessa ekologiska samband dåligt kända. Sommaren 1978 påbörjades därför ekologiska undersökningar av musselodlingar, vilka har pågått t.o.m. 1982. Undersökningarna har huvudsakligen bedrivits i Tjärnö-området söder om Strömstad med Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium som bas. Projektet benämndes "Kravspecifikation för ekologisk optimering av musselodlingar", men kallas vanligen "Musselprojektet". Det har finansierats av Riksbankens Jubileumsfond, som även har bidragit med ekonomiska medel för tryckning av denna bok, vilket förhoppningsvis skall leda till utveckling och en förbättrad musselodling.

Boken vänder sig till musselodlare, fiskare, planerare, politiker och beslutsfattare samt, givetvis, till alla som är intresserade av havet och av ekologi. Den kan läsas utan några speciella förkunskaper. Flera av bidragsgivarna till boken har arbetat inom det nämnda forskningsprojektet, men för att göra boken mera heltäckande har även några författare utanför forskningsprojektet ombetts att medverka. Författarnas adresser finns i början av boken. Referenser är inte införda i den löpande texten. Den som vill veta mer hänvisas till de uppsatser och böcker som finns angivna i slutet av boken.

Lysekil i september 1982

Rutger Rosenberg

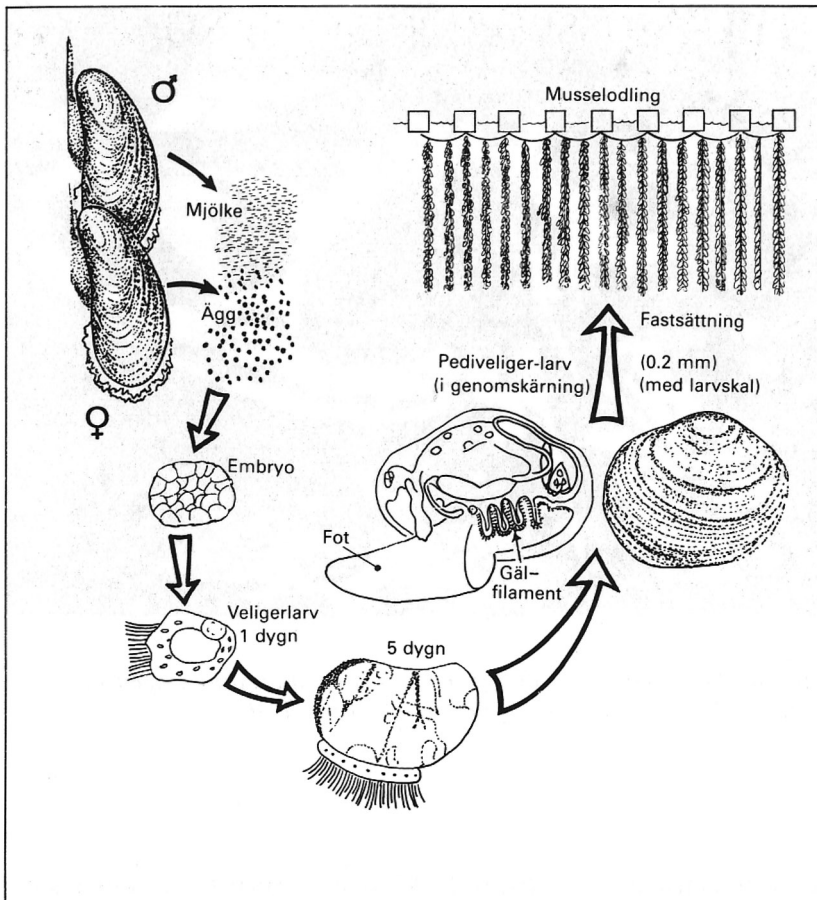
1. BLÅMUSSLOR OCH ODLING

Rutger Rosenberg

Ägg och larver

Under våren när vattentemperaturen i våra kustvatten närmar sig 10 grader inleds blåmusslornas kärleksakt. Musslorna är skildkönade och hanarna släpper först sin mjölke i vattnet. Detta märker honorna, som genast svarar genom att spruta ut sina ägg. En enda hona, könsmogen vid ett års ålder, kan släppa mellan 5 och 10 miljoner ägg. Under denna befruktningstid – vanligen sker befruktningen i maj men den kan upprepas senare under sommaren – kan vikar och bukter få ett mjölkaktigt utseende. Det befruktade ägget driver omkring i vattnet och utvecklas efter några dagar till en larv som i ett senare stadium har äggformat skal och som benämns veliger (figur 1). Den är försedd med en ciliekrans med vilken den kan förflytta sig.

Larverna förekommer ofta i stora mängder och kan periodvis dominera bland djurplanktonen under sommaren; de förekommer även långt fram på hösten. Under sitt frisimmande liv äter de företrädesvis mikroskopiska planktonalger. Efter cirka 4 veckor har larven uppnått en storlek av 0,3–0,4 millimeter och är då beredd att börja den andra fasen av sitt liv – det fastsittande stadiet. Den börjar söka efter ett lämpligt substrat att sätta sig fast på. Larven undersöker de olika ytor den träffar på, och när underlaget är lämpligt sätter den sig fast med några byssustrådar. Dessa förankringsanordningar, som utsöndras från en byssuskörtel, använder blåmusslorna hela livet. Ju mera utsatt musslan är för vågor och ström, desto fler byssustrådar utvecklar den. Om musslan behöver byta plats kan trådarna klippas av och nya utvecklas. När larven har satt sig fast på underlaget genomgår den metamorfos och får utseende och funktion som de vuxna musslorna. På svenska västkusten är fastsättningen vanligen som mest intensiv i juni. Det är endast en bråkdel av larverna som överlever fram till tiden för fastsättning, troligen mindre än 1 %.



Figur 1
 Livsrykeln hos blåmuslan från befruktning via olika frisimmande larvstadier till fastsättningen i exempelvis en odling cirka 4 veckor senare.

Musslans liv

Musslan är omsluten av två skal, vilka är varandras spegelbild. Musslan kan öppna sitt skal med hjälp av ett låsband och sluta skalen med den kraftiga slutmuskeln. Musslans mjukdelar och inre organ omges av en mantel som består av två stora hudveck. När musslan är öppen sticker den fransiga mantelkanten fram utanför den halvcirkel-



Figur 2

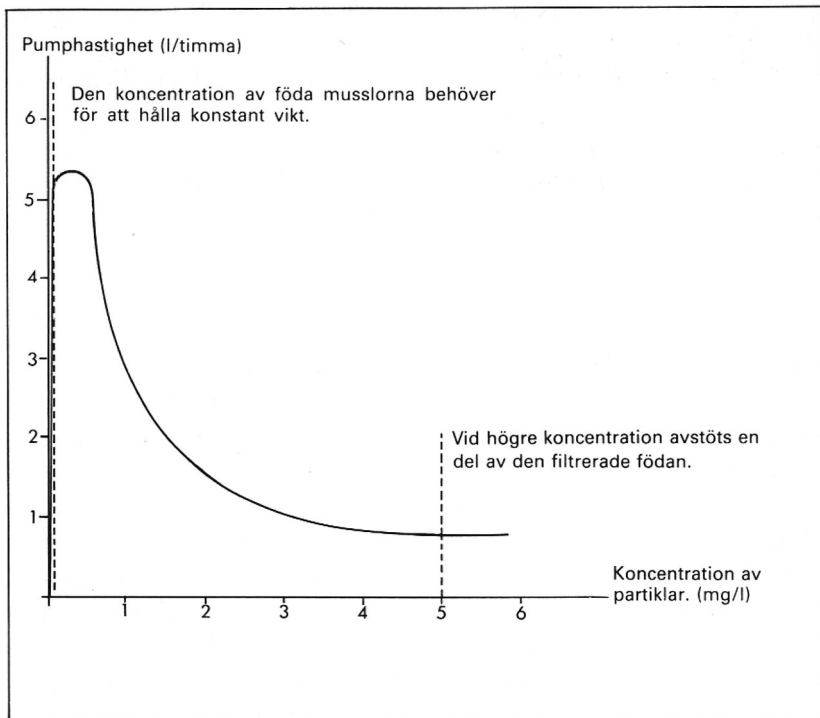
Foto av blåmussla med den fransiga inströmningsöppningen och den släta öppningen där vattnet pumpas ut. (foto. L.-O. Loo).

formade delen av skalet (figur 2). Musslan pumpar här in vatten som efter passage i musslans inre pumpas ut genom det runda, släta utandningsröret strax intill.

En ettårig mussla kan pumpa 2–3 liter vatten i timmen; äldre musslor kan pumpa maximalt 2 till 3 gånger så mycket. Vattnet passerar gälarna inne i musslan. Därigenom får musslan syre. Men gälarna har även funktionen av filter, och de födoartiklar – främst planktonalger – som fastnar här transporteras till munnen och vidare till magen. De partiklar musslorna äter är i storlek mellan 0,2 och 0,002 millimeter, men även bakterier som är ännu mindre har påträffats i musslornas magar. Partikelmängden i vattnet bestämmer hur mycket musslorna pumpar. Om det är mycket partiklar i vattnet minskar pumpastigheten (figur 3) och musslorna försöker hålla ett maximalt upptag av partiklar. Om födotillgången är mycket stor avstöter musslorna en del av maten som s.k. pseudofaeces.

Musslorna har även en fot som kan stickas en god bit utanför skalet och med vars hjälp musslorna kan förflytta sig. Vidare har musslorna ett hjärta och ett primitivt nervsystem.

Blåmusslan livnär sig huvudsakligen av mikroskopiska planktonalger. Det innebär att den finns på andra plats i näringskedjan. Under vintern, när alger förekommer sparsamt, äter musslorna dött organiskt material (detritus), vilket har ett sämre näringsvärde. Musslorna är fastsittande och förbrukar ingen energi på att söka efter sitt byte. De finns på plats och är beredda när planktonalgerna blommar upp. Däri har de en fördel framför de konkurrenter om födan som djurplanktonen är. Dessa ökar exempelvis under våren i antal först efter det att den största algblomningen är över.



Figur 3
Blåmusslans pumphastighet (liter per timma) i relation till halten födo-partiklar (planktonalger) i vattnet (milligram per liter). Pumphastigheten avtar med ökad mängd partiklar.

Utbredning och motståndskraft

Blåmusslans vetenskapliga namn är *Mytilus edulis*. Den tillhör gruppen musslor, Bivalvia, vilken sorterar under stammen Mollusca. Blåmusslans utbredning i Europa sträcker sig från Medelhavet och upp mot Spetsbergen. Den finns även på större delen av nordamerikanska väst- och östkusten. Andra *Mytilus*-arter finns på flera platser runt jorden.

Blåmusslan är en osedvanligt tålig marin djurart. Den kan utstå kraftiga vågor utan att lossna från sin förankring och den klarar sig i luft utan kontakt med havsvatten i flera dagar. Musslorna tål temperaturer på upp till 26 grader och inom "Musselprojektet" har vi konstaterat att musslor fungerar och tar upp föda även vid -1 grad. I Danmark har man observerat att blåmusslor kan leva med slutna skal i vatten utan syrgas i 1 till 2 veckor.

Blåmusslan dominerar på bottenarna i de centrala delarna av Östersjön på djup från strax under ytan och ner mot 30 meter. Här är salthalten endast 6 till 8 promille. Den nordliga utbredningen upphör i höjd med norra Bottenhavet, vid 4 till 5 promilles salthalt. Blåmusslan växer långsammare och dess maximala storlek är betydligt mindre i Östersjön än i Skagerrak. I Bohuslän är salthalten vid ytan i allmänhet mellan 20 och 30 promille. Naturligt levande blåmusslor kan bli 6 till 7 år i Skagerrak. Vid Grönland kan de bli tre gånger så gamla.

Musselodling i Sverige

Odling av blåmusslor lämpar sig i Sverige bäst i Bohuslän. Här finns en skyddad skärgård, lämplig salthalt, rent vatten i större delen och god tillgång på naturliga musselbankar som sörjer för riklig rekrytering. Odlingsformen benämns extensiv: odlaren tillför ingen föda till musslorna och lägger inte ner något arbete för att påskynda tillväxten. Odlarens arbete fram till skörden består huvudsakligen i att placera ut de band där musslorna skall sätta sig fast, i att därefter se till att inga tekniska brister uppstår och i att skydda musslorna från eventuella konkurrenter såsom ejder. Hemligheten bakom musslornas snabba tillväxt är att de utnyttjar näring i form av alger, inte bara de alger som produceras i närheten utan även alger som tillväxer långt borta och som med strömmens hjälp förs till musslorna.

Mängden odlade musslor beräknas 1982 uppgå till mellan 2 000 och

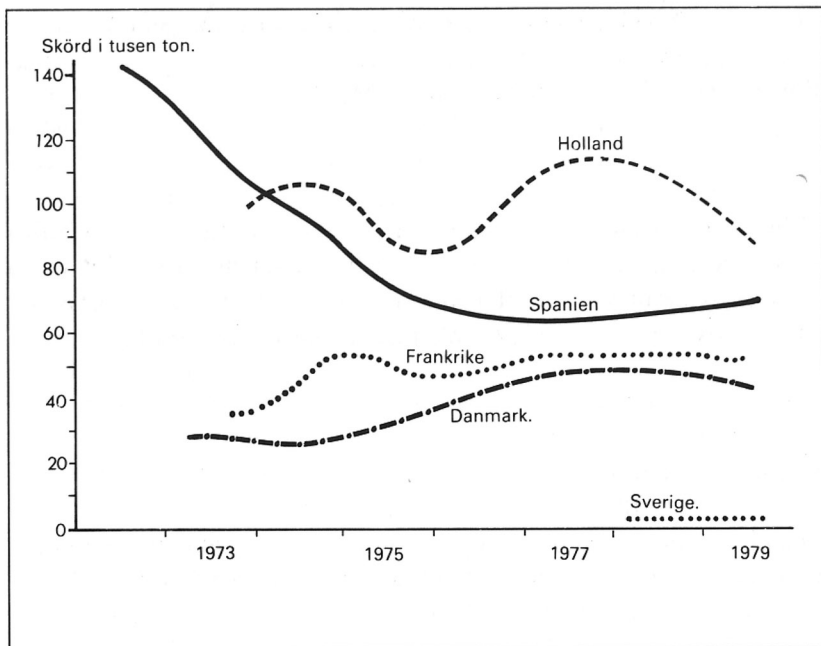
3 000 ton, fördelade på ett 20-tal odlingar. Musselodlingen i Sverige är inne i en expansiv fas, och om avsättningen går bra förväntas produktionen mångdubblas under 1980-talet. Musselodling skapar nya arbetstillfällen i skärgården, och de flesta betraktar odlingar som en viktig näringsgren för framtiden. Det finns emellertid många andra intressen vilkas företrädare söker utnyttja havets resurser, och det kan tänkas bromsa utvecklingen (se kapitel 13). Sverige har emellertid ett stort behov av föda från havet och cirka 2/3 av landets konsumtion av fiskprodukter importeras. Utöver odling av blåmusslor förekommer även en ökande odlingsverksamhet av regnbågslox i våra kustvatten.

Odling i världen

Odling av fisk, skaldjur och alger är inne i ett mycket expansivt skede på många platser i världen. Totalt odlades 1980 upp emot 9 miljoner ton i sött och salt vatten, en ökning med 50 procent på fem år, främst av musslor och ostron. Odlingen i havet var 1975 drygt 3 miljoner ton; alger utgjorde 30 procent och fisk, ostron och musslor vardera omkring 20 procent. Av musslor av släktet *Mytilus* odlades 1978 cirka 500 000 ton i världen, varav 300 000 ton i Europa.

De största odlingarna av blåmusslor har funnits i nordvästra Spanien, där upp emot 150 000 ton skördades årligen från flottor i början av 1970-talet (figur 4). På senare år har skörden minskat till mellan 60 000 och 100 000 ton årligen. I Holland och i Danmark odlas och skördas blåmusslor på botten i årliga mängder av ungefär 100 000 respektive 40 000 ton. Det tar minst 2,5 år för dessa musslor att nå marknadsstorlek. Preliminära uppgifter tyder emellertid på att skörden har ökat drastiskt i Danmark de sista åren; 1980 lär den ha överstigit 65 000 ton. Anledningen är en växande exportmarknad. De senaste åren har de odlingsbara områdena i Limfjorden emellertid minskat till följd av ökad utbredning av syrgasbrist vid botten. I Frankrike odlas musslorna traditionellt på pålar i tidvattenzonen och den årliga skörden är omkring 50 000 ton. Dessa musslor säljs färska. I USA uppgår skörden till drygt 1 000 ton.

Ett omfattande internationellt forsknings- och utvecklingsarbete bedrivs för att öka havsbruket. Musselodling är stadd i snabb utveckling, bl.a. i Norge, Kanada, England, Nya Zeeland och Irland. I varma hav är Thailand och Korea de största odlarnationerna, med sammanlagt



Figur 4
Skörd av blåmusslor i några europeiska länder under sjuttioalet (källa
FAO).

cirka 150 000 ton. I Sverige har intresset från myndigheternas sida hittills varit litet när det gäller att aktivt förbättra och driva fram havsbruket, men förhoppningsvis kommer det att öka inom en snar framtid. Svenskodlade musslor borde kunna öka i försäljning inom landet, exempelvis genom att man saluför musslor förädlade på olika sätt. Exportmöjligheterna måste bedömas som goda: länder som Frankrike, Belgien, Holland, Italien och Västtyskland är storförbrukare främst av färska blåmusslor. Samtidigt har odlingarna i dessa länder och i Spanien regionalt växande problem med att finna någorlunda friskt vatten, lämpligt för odling. I Spanien måste musslorna renas i "bakteriefritt" vatten under två dygn innan de får saluföras. Självfallet gäller att de svenskodlade blåmusslorna måste produceras till ett pris som är konkurrenskraftigt.

2. MUSSELODLINGENS TILLVÄXT

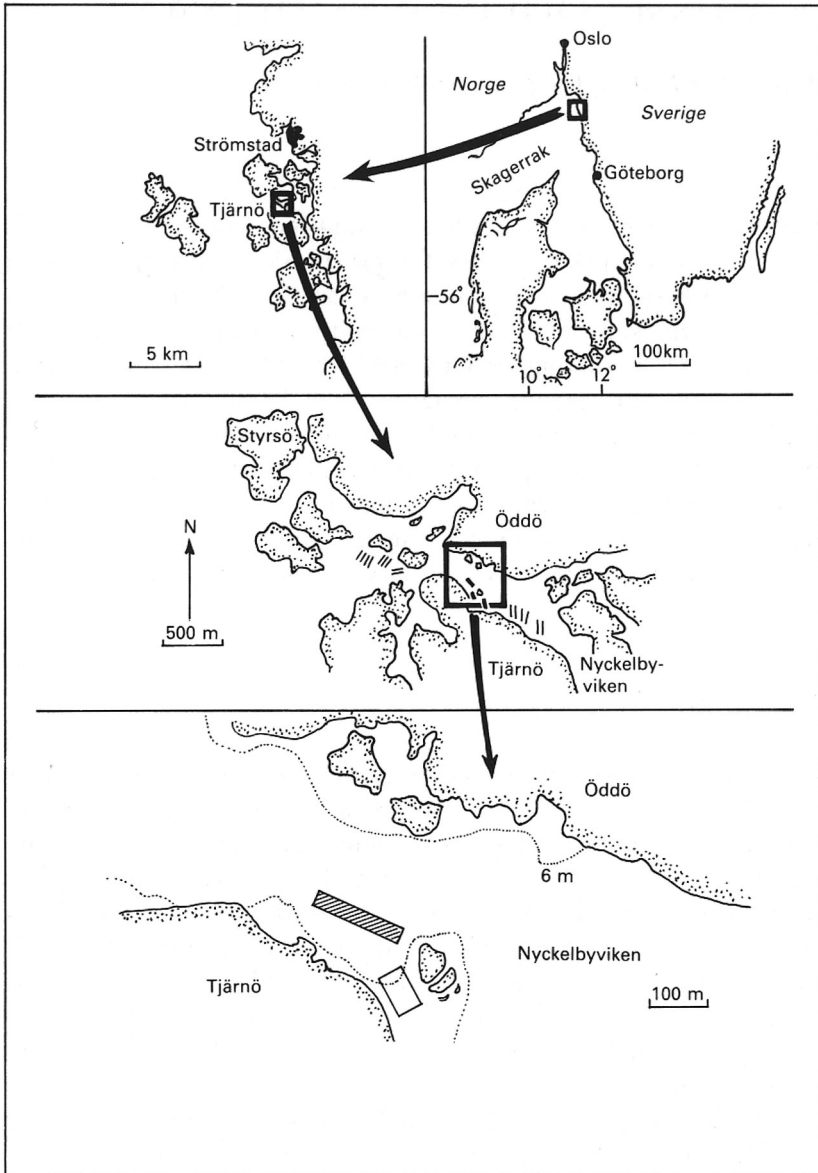
Lars-Ove Loo och Rutger Rosenberg

Odlingen av blåmusslor sker i Sverige vanligen i enheter som var och en förväntas ge en skörd av 100 ton råa musslor med skal. En sådan enhet kan bestå av 7 linor, vardera av längden 180 meter. Bredden mellan linorna kan vara 2 meter; en 100-tons odling upptar då en yta av nära 2000 kvadratmeter i vattnet. Den här studerade odlingen bestod av två tätt liggande enheter av totalt 200 ton och upptog ytan 4500 kvadratmeter (figur 5). Odlingstekniken benämns ofta långline-metoden. Linorna bärs upp av bojar. På långlinorna hängs 2 band per meter för fastsättning och tillväxt av musslor. Banden hänger vertikalt ner till ett djup av mellan 6 och 8 meter. De är vävda av polypropylenplast och har en bredd av 5 centimeter. (Se vidare kapitel 12.)

Fastsättning av larver

Larver av blåmusslor börjar uppträda vid svenska västkusten under maj. Banden eller repen för fastsättning av larverna bör hängas ut drygt en vecka före förväntad fastsättning. Anledningen är att larverna undviker nyligen uthängda band. Det tycks behövas en tunn film av mikroorganismer (bakterier och alger) innan ytan känns attraktiv. Om banden sätts ut för tidigt är risken stor att större alger börjar växa på banden, och dessa försvårar eller förhindrar då musslornas fastsättning, tillväxt och överlevnad. Larvernas skal är vid fastsättningen knappt en halv millimeter långt och kan efter några dagar urskiljas som en mörk prick.

Inom "Musselprojektet" har vi undersökt när larvernas fastsättning sker. Undersökningarna gjordes under åren 1978–1980 vid Tjärnö, och utökades 1981–1982 att gälla även Lysekil, Lyrön och Öckerö. Under 1978–1980 fick vi ett tämligen entydigt resultat i det att den dominerande fastsättningen ägde rum i juni (figur 6). Detta kunde man konstatera genom att ta in banden varje vecka efter det att de hade hängt ute i två veckor. Troligen satte sig de flesta larverna fast under endast några dagar. De största mängderna påträffades på djupet 0,5–2,5 meter, där

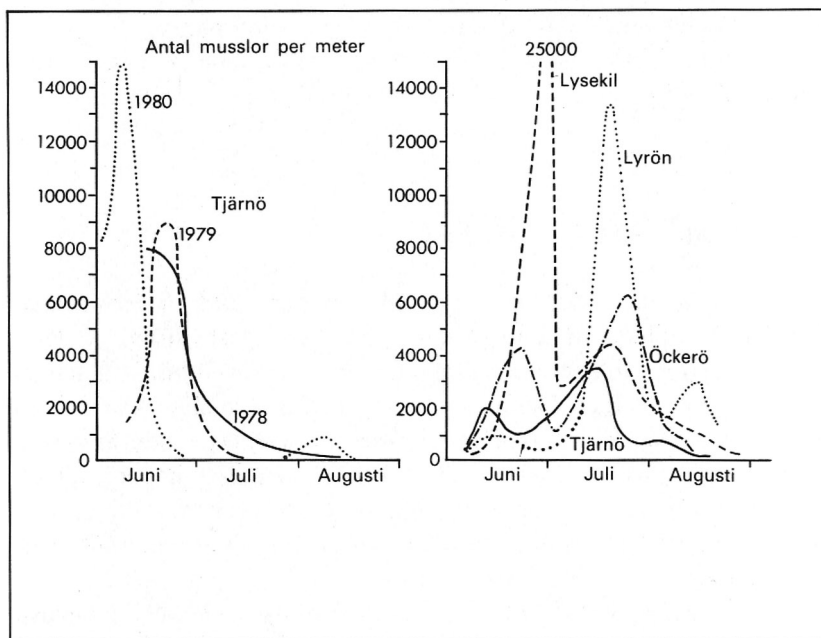


Figur 5

Det undersökta området vid Tjärnö. I den mellersta figuren visas läget av 18 odlingar, vardera beräknad för en skörd av cirka 100 ton musslor. Nederst visas den odling (streckad) som huvudsakligen studerats inom "Musselprojektet", vilken bestod av 14 lång-linor och avsedd för en skörd av 200 ton musslor.

antalet per meter av bandets båda sidor kunde vara 10 000 till 15 000. Detta motsvarar ytan 0,1 kvadratmeter. Larverna sätter sig hellre längs bandets kanter än mitt på. Band hängdes ut både i områden med god strömsättning och i områden där det vanligen var lugnt, men ingen skillnad i antal musslor kunde noteras.

Under 1981 var fastsättningen mera utspridd och förekom mellan juni och augusti (figur 6). Vid Tjärnö, Lyrön och Öckerö fanns flest nyligen fastsatta musslor i juli; även i juni skedde dock god fastsättning vid Tjärnö och Öckerö. Vid Lysekil förekom det flest musslor i juni – hela 60 000 per meter band på en meters djup – men även i juli satte sig musslor på banden i stort antal. På alla fyra platserna var antalet musslor stort från ytan och ner till 4 meters djup. Även i Norge och på nordamerikanska östkusten är fastsättningen av mussellarver störst strax under ytan och avtar när det blir djupare. Sammantaget över perioden 1978–1981 var alltså juni den säkraste perioden för att man



Figur 6

Antalet blåmusslor som nyligen satt sig fast på banden under juni-augusti. Antalet är per meter på bandets båda sidor, vilket motsvarar ytan 0,1 kvadratmeter. I det vänstra diagrammet omfattar 1978–79 medelvärden från djupet 0–6 meter och 1980 från 2–4 meter. Det högra diagrammet är från 1981 och anger medelvärden från djupet 0–4 m.

skulle få rikligt med musslor på svenska västkusten, men 1981 fanns de största mängderna i juli på några undersökta platser.

Musslorna flyttar

De nyligen fastsatta musslorna kan flytta sig efter en tid och detta tycks ske främst fram till dess att musslorna har fått en längd av några millimeter. Vid försök med band där musslorna hade avlägsnats i övre och nedre delen visade det sig att de små musslorna vid förflyttning rörde sig uppåt. De kan även lämna bandet vid kontakt med ytan och flyta i väg i ytskiktet. Vid några försök med uppruggade band visade det sig att småmusslor vid en andra fastsättning föredrog dessa framför de vanliga slätare banden. Musslorna kan alltså förflytta sig efter fastsättningen. Detta sker troligen i ökande grad om deras miljökrav inte är tillräckligt tillgodosedda på den först valda platsen. Sannolikt har detta beteende ingen större betydelse vid odling. I figur 7 visas några musslor på ett band som har hängt ute cirka 1,5 månad.

Musselsamhället

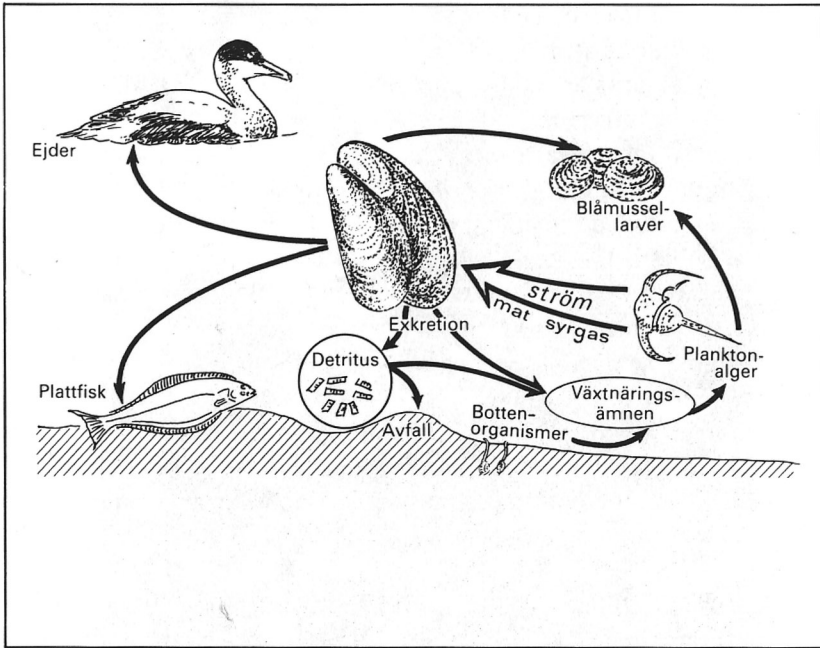
Om musselbanden sätts ut i rätt tid kan man efter någon månad konstatera att det är blåmusslorna som är de vanligaste djuren på dem. Vid en noggrann undersökning finner man att det även finns en mängd andra arter på bandet. Denna ansamling av djur och alger kan vi kalla ett blåmusselsamhälle. Med ett samhälle avses de organismer som lever tillsammans i en funktionell enhet. Blåmusselsamhället är emellertid inte isolerat från sin omgivning utan är beroende av den föda som finns i det fria vattnet och det påverkar bl.a. bottenmiljön under odlingen med sin spillning (se figur 8).

Vid en odling vid Tjärnö undersöktes musselsamhället i augusti 1978, drygt två månader efter utsättningen av banden. Här fanns 29 olika djurarter. Antalet individer per meter band var i genomsnitt 2 600, av vilka 2 000 var blåmusslor. Det fanns således mycket djur på banden vid denna tid. Senare på hösten-vintern sjönk antalet arter till 8 och antalet individer till något tiotal, om blåmusslorna räknades bort. Följande höst (1979) ökade konkurrensen med musslorna på



Figur 7

Foto av musslor som är cirka 1,5 månader gamla. Bilden är tagen vid Grebbestad i augusti 1982. Bandets bredd är 5 centimeter. (foto R. Rosenberg)



Figur 8

Blåmusslan och några av dess viktigare ekologiska samband. Musslan äts av ejder och plattfisk. Själv äter musslan planktonalger och avger exkretionsprodukter, vilka blir mat åt bottenorganismer. Vid exkretion och konsumtion vid botten återförs växtnärsämnen till vattnet och en del av dessa blir tillgängliga för produktion av planktonalger. Större delen av blåmusslans intag av energi åtgår för andning.

nytt; andra arter inräknades i antal av 500 per meter band. De blåmusslor som nu var cirka $1\frac{1}{2}$ år var 400 och de musslor som hade tillkommit under sommaren 5000. Det hade alltså åter blivit trångt på banden. I spanska musselodlingar har totalt 72 arter inräknats, mest kräftdjur och havsborstmaskar. Blåmusslorna dominerade, precis som vid Tjärnö, och utgjorde över 95 % av biomassan.

Konkurrens och fiender

De djurarter som var vanligast, utom blåmussla, var havstulpan (*Balanus*), främst på 0–2 meter, tarmsjöpung (*Ciona intestinalis*), främst på 2–6 meter, och havsborstmask (*Pomatoceros triqueter*), på 4–6 meter.

Tarmsjöpung uppnådde de största tätheterna, som mest 250 per meter band $1\frac{1}{2}$ år efter utsättningen.

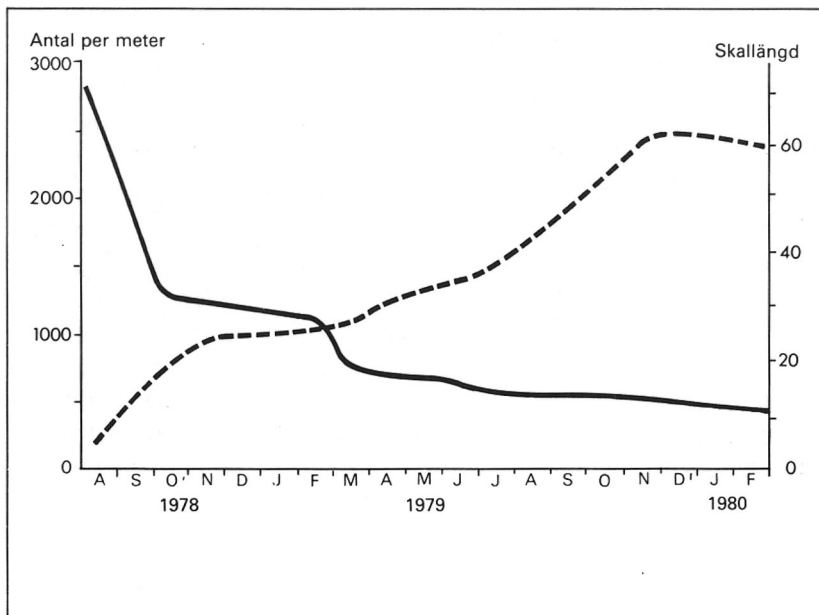
Tarmsjöpungarna är de allvarligaste konkurrenterna till blåmusslorna om föda och utrymme i odlingen. Tarmsjöpungen tycks föredra att sätta sig fast på skuggiga platser. Den har en kort larvtid, i storleksordningen en dag, och det medför att de unga individerna etablerar sig i samma region som de vuxna finns i. Det kan således tänkas att en äldre odling kan bidra till att öka antalet tarmsjöpungar i en yngre. Det tycks emellertid vara så, att tarmsjöpungens konkurrensförmåga ökar med odlingens ålder. Om odlingen skördas innan den har stått ute i två år verkar det som om sjöpungarna inte utgjorde något allvarligare problem, under förutsättning att banden har satts ut i lagom tid före fastsättningen av mussellarver. Tarmsjöpungen har snabb tillväxt och kan bli över 10 centimeter lång men blir sällan mer än drygt 1 år. En individ kan ge upphov till två generationer: en på eftersommaren och en i maj-juni följande år, men dessa tider kan variera från plats till plats.

Andra fiender till blåmusslorna kan vara sjöstjärnor och krabbor, men deras härjningar tycks sakna praktisk betydelse för odlaren i Sverige, såvida inte banden har kontakt med botten. Strandkrabborna kan angripa små musslor, upp till 45 millimeters längd. Dessa bottendjur och fiskar kan däremot få ett dukat bord *under* odlingarna, dit periodvis hundratals musslor per kvadratmeter kan falla ner. I och under odlingarna har dykare periodvis funnit torsk, ål och plattfisk i riklig mängd. Analys av fiskarnas magar visade att åtminstone plattfiskarna och torsken åt av musslorna. Även vid spanska musselodlingar har ansamling av plattfisk noterats. En konkurrent till odlaren är också ejdern (se kapitel 10).

Påväxten på musslornas skal av djur och alger är nästan obefintlig under första året eftersom musslorna periodvis rengör skalet med foten. Därefter kan exempelvis havstulpaner och rörbyggande borstmaskar etablera sig på skalet, men dessa är sannolikt inga större konkurrenter till musslan.

Musslornas tillväxt och antal

Förutsättningarna för musslornas tillväxt bestäms främst av strömstyrkan och mängden mat i vattnet, vilket behandlas i de två kommande



Figur 9

Medelantalet blåmusslor per meter band och skalets medellängd i djupintervallet 0–2 meter i odlingen vid Tjärnö under tiden augusti 1978 till februari 1980.

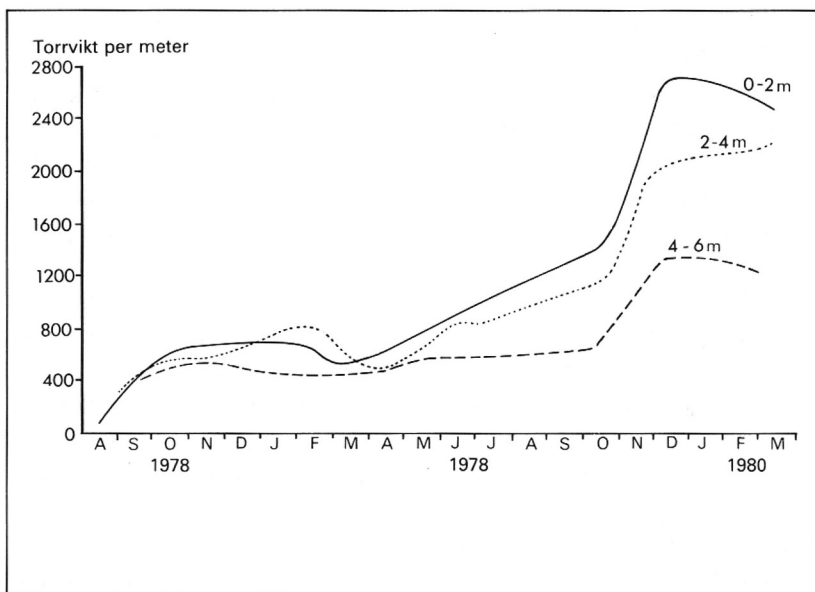
kapitlen. Tillväxten varierar mellan olika områden; här beskrivs främst en odling vid Tjärnö (figur 5).

Vid god fastsättning kan det finnas 4000–10000 blåmusslor per meter band under sommaren (figur 6). Antalet minskar därefter avsevärt. Vid den undersökta odlingen vid Tjärnö stabiliserades antalet till drygt 1000 fram på hösten (figur 9). Under vintern sjönk det något, men därefter låg antalet relativt konstant på 400–500 individer per meter fram till skörden under hösten-våren 1979–1980. Antalet var ganska likartat över djupintervallet 0–6 meter, med någon övervikt för bandets övre del.

Storleken varierade kraftigt bland musslorna under det första året vid Tjärnö. Det kan bero bl.a. på att en del musslor växte dåligt. Efter drygt ett år försvann de minsta och i oktober var de flesta 1½ år gamla musslorna mellan 40 och 70 millimeter långa. Medellängden på djupet 0–2 meter visas i figur 9. Kraftig tillväxt ägde rum under första hösten 1978, då musslorna blev drygt 20 millimeter långa. De stannade i

växten under vintern och ökade följande sommar och, framför allt, senare på hösten, då medelmusslans längd var 60 millimeter i djupintervallet 0–2 meter. På 4–6 meters djup växte de något långsammare; här var medelmusslans längd 50 millimeter i slutet av hösten. Musslorna på 2–4 meters djup låg mitt emellan dessa värden. Även genomsnittsvikten per mussla avtog på större djup och var under hösten 1979 5,4 gram på 0–2 meters, 4,7 på 2–4 meters och 3,6 gram på 4–6 meters djup. Nya musslor slog sig ner i odlingen efter ett år. Viktmässigt utgjorde de mindre än 10% av odlingens totala biomassa.

Viktökningen per meter band i Tjärnöodlingen visas i figur 10. Liksom längdtillväxten ökade odlingens biomassa procentuellt mest under höstarna 1978 och 1979, men en avsevärd ökning skedde även under sommaren 1979. På hösten observerades kraftiga blomningar av planktonalger (se kapitel 4) och dessa bidrog till den goda tillväxten. Någon skillnad i biomassa mellan odlingens olika delar i horisontalled kunde inte beläggas statistiskt.



Figur 10
Medelvikten av blåmusslor per meter i djupintervallen 0–2, 2–4 och 4–6 meter vid Tjärnö från augusti 1978 till mars 1980. Vikten är angiven som gram torrsvikt med skal. Den ungefärliga råvikten får man om man multiplicerar enskilda värden med faktorn 2,6.

Vikten är angiven som torrsvikt med skal, vilken erhålls efter torkning i 70 grader under ett dygn. Råvikten är svårare att använda för vetenskapligt bruk eftersom resultatet då till stor del beror på musslor-
nas vatteninnehåll. Emellertid kan torrsvikten på 2,7 kilo per meter i slutet av 1979 på 0–2 meter sägas motsvara ungefär 7 kilo råsvikt. Ett 6 meters band vid Tjärnö kan således bära cirka 40 kilo musslor. Ett gram torkat musselkött motsvarar 4,9 kilocalorier eller 20,5 kilojoule.

Jämförelse med andra odlingar

Inom "Musselprojektets" ram har även odlingar undersökts vid Mollösund vid sydvästra Orust för jämförelse med dem vid Tjärnö. I Mollösund var biomassan av blåmusslor 3–5 gånger större än vid Tjärnö när odlingarna var 1 år gamla. Även antalet musslor var större: upp till 5 gånger i Mollösund. Medellängden vid Tjärnö var emellertid 1,2 gånger längre än medellängden vid Mollösund. Det större antalet musslor i Mollösund vid denna tidpunkt kan bero på att strömmen i medeltal är cirka tre gånger så stark här som vid Tjärnö. Tyvärr kunde inte odlingarna jämföras vid tiden för skörd. Det är nämligen troligt att skillnaderna i antal och biomassa skulle ha minskat vid detta tillfälle. Som exempel på att musslor-
nas antal höll på att minska i Mollösund kan anges att mer än 25 % försvann från den 1 år gamla odlingen under 1½ månad.

Vid Mollösund var biomassan och antalet musslor störst vid ytan och avtog då djupet ökade till 6 meter, precis som vid Tjärnö. Sammansättningen av andra arter i musselsamhället var likartad på båda platserna. I Oslofjorden har man i norska försöksodlingar uppnått maximala vikter av uppemot 20 kilo musslor per meter rep efter 14 månader.

Resultat från musslor (*Mytilus edulis*) odlade på rep fästa i flottor i Spanien finns redovisat i några uppsatser. Direkta jämförelser avseende antal och biomassa är emellertid svåra att göra eftersom spanjorerna tunnar ut musslorna på banden, skiljer ut stora musslor från små under odlingsperioden och avlägsnar sjöpungar. Från fastsättningen i maj och fram till uttunnningen i oktober lär musslorna uppnå en längd av 30–40 millimeter; de är således drygt 10 millimeter längre än i Sverige. Den snabbaste tillväxten fram till skörd i Spanien är cirka 1,4 gånger så hög som i Sverige. Musslorna uppnår en storlek av 7 centi-

meter inom 14–15 månader. Vid en jämförelse av tillväxten per dag mellan spanska musslor som inte har tunnats ut och musslor från Tjärnö fann vi att tillväxten var likartad: 0,12 millimeter per dag. De spanska musslorna har bäst kvalitet under hösten. Då kan köttet utgöra hälften av råvikten. Köttvikten minskar vid kokning. Spanjorerna anser att en bra produkt av kokt mussla skall utgöra minst 20 % av totalvikten.

I Maine i USA har repodlade blåmusslor (*Mytilus edulis*) undersökts på några olika platser och den bästa tillväxten liknade den vid Tjärnö under första året. Senare under hösten växte Tjärnömusslorna något snabbare. Blåmusslor odlade i uppvärmt vatten från kraftverk i Maine växte långsammare än musslor i naturliga vatten. Även i Maine följde tillväxten det generella mönstret och var högst vid ytan och avtog mot djupet.

Blåmusslor som lever på botten i tidvattenpåverkade områden växer bättre ju längre ner i tidvattenzonen de finns, d.v.s. ju längre tid de är under vattenytan. Franska pålodlingar ("bouchots") avkastar omkring 10 kilo per år, av vilket 4,5 kilo är musselkött.

3. STRÖMMAR, VÄXTNÄRING OCH SYRGASHALT

Anne-Marie Larsson

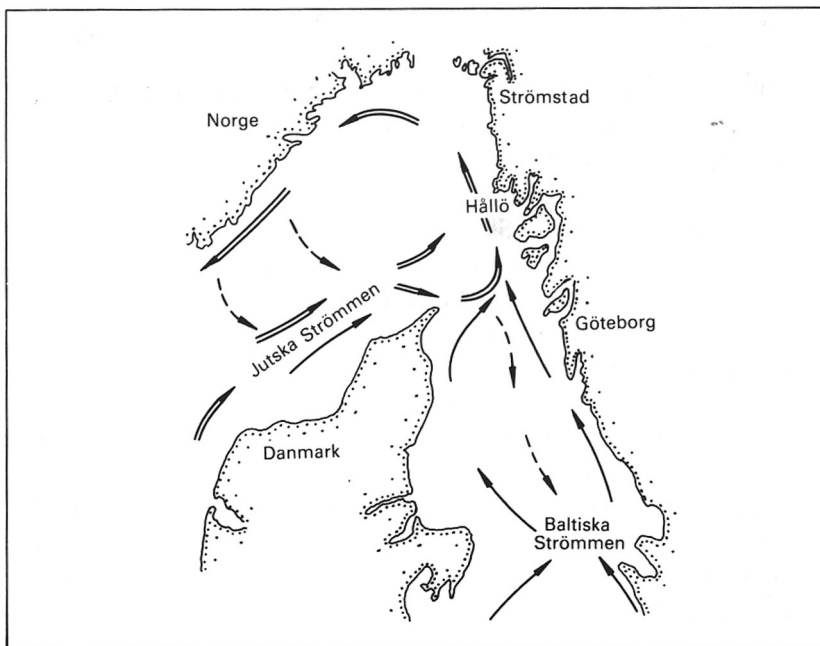
Strömmens betydelse för musslorna

Blåmusslans tillväxt i en odling bestäms av mängden tillgänglig föda. Födan kan antingen transporteras till området med havsströmmarna eller produceras inom närområdet. Den mängd föda som varje muskla har tillgång till kommer således att bestämmas av en kombination av vattnets partikelinnehåll och den volym vatten som passerar musslan. Vid en alltför liten koncentration av partiklar, alternativt alltför liten strömhastighet, åtgår det så mycket energi för musslan att filtrera ut näringen ur vattnet att den minskar i vikt i stället för att producera nytt musselkött.

För att kunna förutsäga tillväxten av musslor i ett område är det nödvändigt att känna till områdets vattenomsättning och vattnets innehåll av växtplankton. Dessa faktorer bestäms av strömmar, salthalts-siktning och produktion av växtplankton.

Strömmar längs svenska västkusten

I Östersjön är sammanlagda mängderna av nederbörd och tillrinning från land större än avdunstningen. Detta årliga sötvattenöverskott måste transporteras ut ur Östersjön genom Kattegatt och Skagerrak till Nordsjön. Samtidigt tränger saltare vatten från Nordsjön in genom Skagerrak till Kattegatt med den Jutska strömmen. Det mindre salta och därför lättare vattnet från Östersjön – Baltiskt vatten – kommer att flyta ovanpå Nordsjövattnet i ett ca 15 meter tjockt lager och bilda den Baltiska strömmen. Strömmens utbredning och hastighet varierar kraftigt under året. Normalt följer dock den Baltiska strömmen den svenska västkusten norrut. Vid stark västlig vind kan dock strömmen i Kattegatt vända och i stället gå söderut. I figur 11 visas en medelbild av strömmarna i Kattegatt och Skagerrak. Baltiska strömmens hastighet



Figur 11
 Medelbild av strömmarna i Kattegatt och Skagerrak. Den Baltiska strömmen är markerad med enkla pilar och den Jutiska strömmen med dubbla pilar.

är starkast en bit från land och kan där få en hastighet på 50–100 centimeter per sekund (1–2 knop). Den vattenmängd som förs med den Baltiska strömmen är störst under sommaren och minst under vintern.

Salthalter och temperaturer längs svenska västkusten

Blåmusslan når en maximal storlek i vatten med 30–35 promille salt-halt. Den har god förmåga att anpassa sig till olika salthalter, men anpassningen kräver energi. Det betyder att om man tar hänsyn bara till salthalten så växer musslorna bäst i vatten med någorlunda hög och stabil salthalt. I Östersjön blir blåmusslorna aldrig större än 4 centimeter, på västkusten kan de bli mer än dubbelt så stora.

Ytvattnets salthalt längs svenska Skagerrakkusten varierar för det mesta mellan 20 och 30 promille. Södra Östersjöns ytvatten har en salthalt på omkring 8 promille när det strömmar ut i Kattegatt. Det blandas då med saltare vatten så att ett vatten med cirka 20 promille salthalt bildas i södra Kattegatt. Längre norrut, ungefär i höjd med Marstrand, möter den Baltiska strömmen den Jutska strömmen, som för in salt Nordsjövatten i Skagerrak och Kattegatt – se figur 11. Det Baltiska vattnet blandas ytterligare, och norr om gränsen Marstrand-Skagen kommer ytvattnet att ha en medelsalthalt på minst 25 promille. Under vintern når salthalterna högre värden på grund av den minskade utströmningen från Östersjön.

Blåmusslan har också god förmåga att anpassa sig till olika temperaturer. Den växer bäst mellan 10 och 20 grader, men kan äta och växa även vid 1 minusgrad.

Temperaturen i vattnet ned till ungefär 15 meters djup varierar med årstiden. Under sommarmånaderna är medeltemperaturen i detta skikt cirka 18 grader. Under vintermånaderna kan medelvärdet under istäcket gå ner till 2 grader.

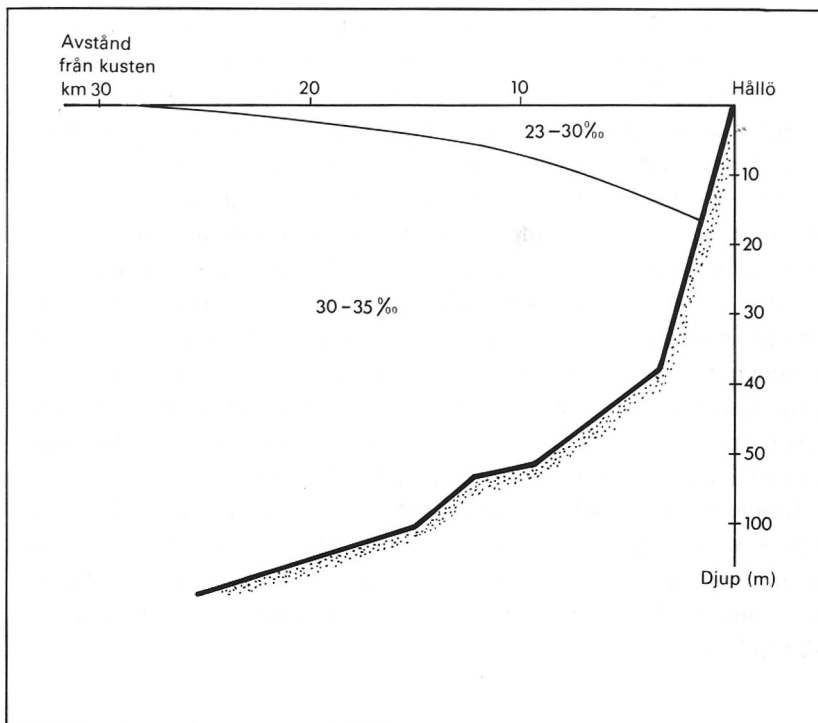
Vattnets skiktning

Vattnets densitet (täthet) ökar med ökad salthalt. I östra Kattegatt är skillnaden i densitet mellan Baltiskt vatten och Nordsjövatten så stor att blandning mellan dessa två vattenmassor har svårt att ske. I figur 12 kan man se hur det Baltiska vattnet finns i en kil nära kusten.

På våren när solinstrålningen och därmed uppvärmningen av havet börjar kan det Baltiska vattnet värmas upp relativt snabbt och nå en temperatur där mussellarverna kan utvecklas. Dessa hålls kvar i kilen nära kusten och transporteras samtidigt norrut. När det är dags att sätta sig fast har larverna nära till kusten. En mussellarv från södra Kattegatt kan nå norra Bohuslän på cirka tre veckor.

Strömmar inomskärs

Av många anledningar skulle det vara en fördel att kunna odla musslor i det yttre havsbandet. Där har man bland annat högre vattenomsättning och därmed säkrare tillgång på föda, mindre föroreningsproblem



Figur 12

Vertikalsnitt som visar vattnets medelsalthalt utanför Hållö i Skagerrak. Hållö är markerad på figur 11.

och färre fiender för musslorna. De starka strömmarna gör dock att påfrestningarna på de odlingssystem man använder i dag blir för stora. Utomskärsodling fordrar således ytterligare utveckling av odlingstekniken. I dag är man därför hänvisad till att odla inomskärs. Kuststräckan mellan Göteborg och Strömstad har cirka 1000 kvadratkilometer skyddad skärgård. Brist på utrymme torde inte göra det svårt att finna bra odlingsområden.

Strömhastigheterna är lägre inomskärs än i Baltiska strömmen. Det är svårt att förutsäga resultatet av strömmätningar i ett visst område eftersom strömmens hastighet och riktning bestäms av en kombination av flera olika faktorer.

Områdets geografiska utseende och bottenprofil har betydelse. I smala sund kan strömmarna uppnå höga hastigheter; i isolerade djuphålor kan det tidvis bli stillastående vatten.

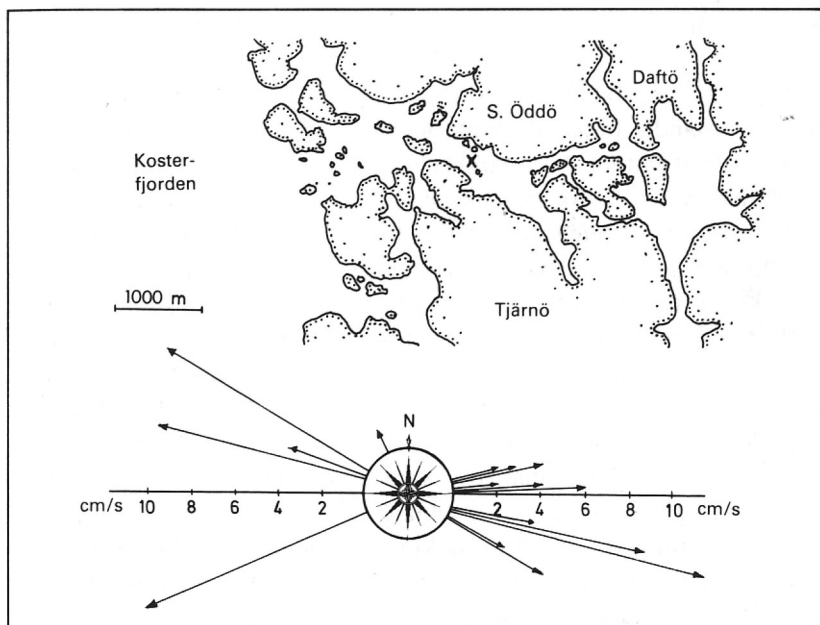
Tidvattenströmmar bildas i havet till följd av månens och solens gravitationskrafter på jorden i förening med jordens rotation. Dessa krafter varierar under dygnet och orsakar därigenom dagliga vattenståndsskillnader, vilka blir speciellt märkbara vid kusterna. Tidvattnets period längs västkusten är ungefär 12 timmar. Det innebär två högvattenperioder och två lågvattenperioder under ett dygn. Tidvattenamplituden (vattenståndshöjning respektive vattenståndssänkning från en normalnivå) varierar längs kusten. I Strömstadsområdet är den cirka 12 centimeter. Den minskar sedan söderut och är cirka 4 centimeter utanför Varberg. När det finns välblandat hav utanför ett sund och ett vattenområde innanför sundet kan man räkna ut hur mycket vatten som måste strömma genom sundet för att åstadkomma en given vattensändring över en viss area. Man kan då också beräkna hur långt vattnet hinner förflytta sig innan tidvattnet vänder.

Inomskärs dominerar vattenomsättningen ofta av lokala vindar och lufttrycksförändringar. Tidvattenströmmarna har låg hastighet och given riktning. Strömmar orsakade av vind och lufttryck kan emellertid variera kraftigt, både med avseende på hastighet och med avseende på riktning.

Strömmar i odlingsområdet vid Tjärnö

För att kartlägga vattnets rörelse och skiktning i Tjärnöområdet har vi, vid ett flertal tillfällen och med olika typer av strömmätare, mätt strömmens hastighet och riktning samt vattnets salthalt och temperatur. På djup mellan 4 och 6 meter sker i regel en markerad ändring i salthalt (haloklin) och temperatur (termoklin). I ytan varierar salthalten mellan 16 och 30 promille och under haloklinen varierar den mellan 23 och 33 promille.

Vattnet har en lägre strömhastighet under än ovanför haloklinen. Båda vattenlagren påverkas av tidvattenkrafterna, men ytvattnet påverkas mer av den lokala vinden. Detta medför att ytströmmen och strömmen under haloklinen ibland är riktade åt samma håll och ibland åt motsatt håll. Figur 13 visar hur strömhastighet och strömriktning på 3 meters djup strax utanför projektodlingen kan variera under ett dygn. Tidvattnets bidrag till strömmen är omkring 1 cm per sekund in genom sundet eller ut mot Kosterrännan. Vid vindkantring och luft-



Figur 13
Strömmens hastighet cm per sekund och riktning vid olika tidpunkter under ett dygn. Kryssat markerar strömmätningsspunkten.

trycksändring kan strömmen komma upp i hastigheter om 15–20 centimeter per sekund.

Beräknat över en längre tid är den typiska medelströmhastigheten i området 2–3 centimeter per sekund. Denna strömhastighet medför att det tar 2–3 timmar för ett vatten att passera genom en 150 meter lång odling. Under en in- eller utströmsperiod hinner ett vatten med ovanstående medelstighet att förflytta sig 400 meter. Det kommer inte i någon större utsträckning att blanda sig med vatten utanför eller innanför odlingssundet. Dessa strömhastigheter kan tyckas låga, men odlingen har visat sig ge god skörd.

När vattnet träffar odlingen kommer mussel-linorna att orsaka omblandning. Ju större omblandningen är desto större möjlighet har musslorna att utnyttja födan i vattnet. Resultat från laboratorieförsök visar att mussel-linorna ger störst omblandning om långlinorna placeras tvärs strömmen och hängarna i sicksack.

Växtnäringsämnen

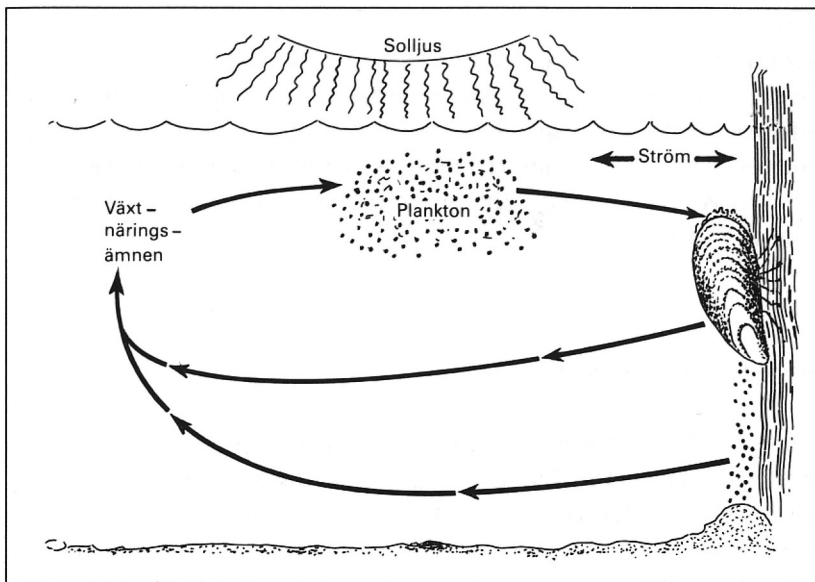
Det är inte bara föda till musslorna som havsströmmarna för med sig. Även nödvändig föda för planktonalger – växtnäringsämnen – transporteras med vattnet. Växtnäringsämnen är oorganiska föreningar som innehåller kväve, fosfor och i vissa fall även kisel. Dessa fordras när planktonalger genom fotosyntesen bildar nytt cellmaterial. När det organiska materialet senare bryts ner frigörs åter näringsämnena. Figur 14 visar hur detta fungerar i vårt speciella fall – musselodlingen.

Växtnäringsämnen i ytvattnet binds i planktonalger, som då växer förutsatt att det dessutom finns tillräckligt med solljus. Planktonalger förs med vattenströmmarna till musselodlingen, där de till stor del äts upp. Kväve och fosfor binds i musselköttet. När musslorna sedan andas utsöndras en viss mängd växtnäringsämnen som direkt åter kan tas upp av planktonalger. En annan del kväve och fosfor avges så småningom bundet i avfallsprodukter från musslorna. Avfallsprodukterna är tyngre än vattnet och faller till botten. Dött organiskt material utsätts hela tiden för oxidation eller nedbrytning i vattnet, varvid kväve och fosfor frigörs. Nedbrytning sker framför allt i bottenvattnet. Under 5–15 meters djup är det emellertid för litet ljus för att planktonalger skall kunna leva. Återigen drar organismerna nytta av vattnets rörelser. Genom vertikalomblandning förs växtnäringsämnena åter upp till ytlagret.

Påverkas kväve- och fosforhalterna i vattnet av musselodlingar?

För att avgöra om halterna av växtnäringsämnen påverkas i ett naturligt musselodlingssystem har samtliga växtnäringsämnen analyserats under en odlingsperiod. Vi har funnit att halterna varierar avsevärt mellan olika tidpunkter. En jämförelse med samtidiga mätningar av vattnets salthalt visar emellertid att variationerna i halter av näringsämnen under en odlingsperiod är bestämda av vattnets salthalt och oberoende av om vi odlar musslor eller inte.

Genom musslornas direkta utsöndring av växtnäringsämnen skulle musselodlingen kunna ge förhöjda halter i vattnet. Laboratorieförsök under icke naturliga förhållanden visar också högre halter av kväve- och fosforkomponenter i vatten som har passerat musslor. I den naturliga musselodlingen kan dock förhöjda halter uppmätas endast



Figur 14

Organiskt material i vattnet, huvudsakligen planktonalger transporteras till musslan med vattenströmmarna. Musslan växer och producerar samtidigt avfall. En del av detta faller till botten, medan en del löses upp i vattnet. De växtnäringsämnen som då frigörs förs så småningom upp till ytan där de åter hjälper till att bilda organiskt material.

vid mycket speciella tillfällen: när det är varmt och nästan stillastående vatten.

Musslorna arbetar mycket effektivt, vilket innebär att planktonalger snabbt förvandlas till musselkött, avfall och fria näringsämnen. Musselodlingen ökar därigenom ekosystemets omsättningshastighet. Detta kan, vid vissa tillfällen, ge en ökad mängd näringsämnen lokalt i odlingsområdet. Man får då inte glömma att den totala effekten måste bli en minskning av mängderna kväve och fosfor eftersom kväve och fosfor tas ut ur systemet när musslorna skördas.

Syrgashalt

När musslorna andas förbrukas syrgas. Syrgas förbrukas även vid nedbrytningen, oxidationen, av det döda organiska materialet, dels då

det är på väg ner genom vattnet, dels då det befinner sig på botten. Syrgas tillförs vattnet huvudsakligen från luften och sprids till djupare lager genom omblandning. Strömmarna är inte tillräckligt starka för att föra bort allt musselavfall. Avfallet hamnar, som i figur 14, på botten relativt direkt under odlingen och förbrukar där stora mängder syrgas i sedimenten. Bottnarna kommer närmare att beskrivas i kapitel 5 och 6.

Risk för syrgasbrist?

Finns det då risk för att syrgasen i vattnet och då speciellt syrgasen i bottenvattnet skall ta slut? Om syrgasen tar slut bildas i stället en giftig gas, svavelväte. Låt oss göra ett litet tankeexperiment för att svara på frågan. Det lägsta syrgasvärdet som mätts upp i Tjärnöodlingen var cirka 4 milliliter syrgas per liter havsvatten. Det var på hösten när odlingen var 15 månader gammal. Normalt är syrgasvärdena mellan 5–8 milliliter per liter. En fullvuxen mussla förbrukar 0.5 milliliter syrgas per timma om temperaturen är 15 grader. I en skördemogen odling finns 400 fullvuxna musslor per meter band. I en odling avsedd för 100 ton musslor finns 15 000 meter samlarband. Odlingens volym är 14 000 kubikmeter.

Vid den lägsta uppmätta syrgashalten skulle syret då räcka under 20 timmar om vattnet är absolut stillastående. Vi har tidigare sett att vattnet passerar odlingen på 3–4 timmar. Nytt syrerikt vatten förs då till odlingsområdet och man kan inte mäta någon skillnad i syrgashalt i vattnet kring odlingen och vattnet utanför.

För lokalisering av odlingar är det dock viktigt att tänka på att dessa inte placeras i områden där stillastående vatten kan tänkas uppstå, exempelvis i närheten av djuphålur.

Eutrofiering – övergödning av haven

Under senare år har vi haft en ökning av halterna växtnäringsämnen i havet – eutrofiering – längs våra kuster. Det medför en ökad produktion av planktonalger som i värsta fall senare kan leda till svavelvätebildning. I detta kapitel har vi sett egenskaper i musselodlingar som

tyder på att de i alla fall lokalt bör ha förmågan att reducera mängden planktonalger. Vid skörden tas kväve och fosfor ut ur havet. Effekten skulle kunna förhöjas om man dessutom i framtiden kunde finna något sätt att ta vara på den hög av avfall som bildas under odlingen, exempelvis för gödning eller gasframställning.

4. MUSSLORNAS FÖDA – PLANKTONALGER

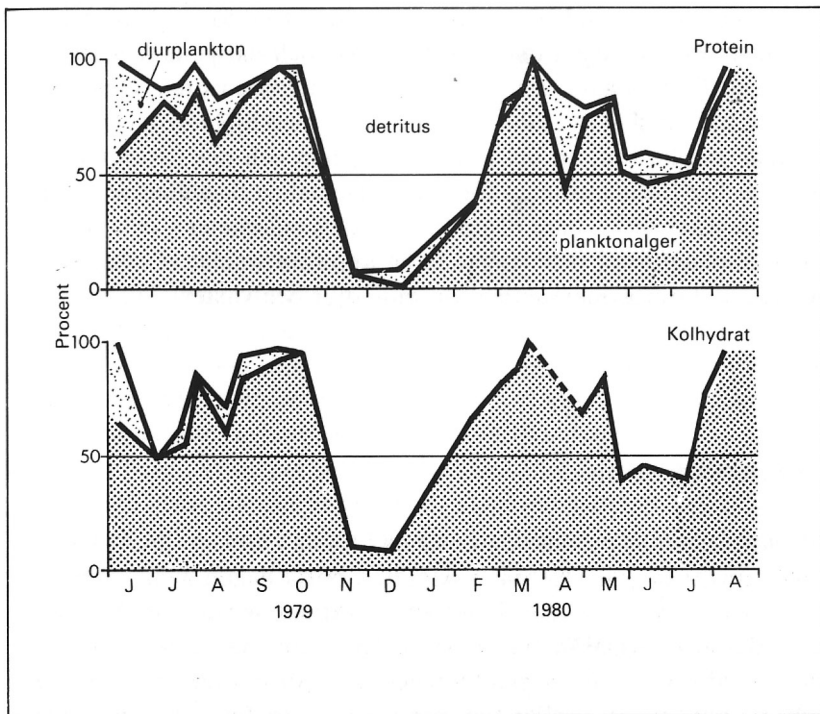
Christer Lännergren

Musslor får sin föda genom att filtrera det vatten som passerar genom gälarna. På gälarna finns fina flimmerhår, eller cilier, med vilkas hjälp de fångar in partiklar som följer med vattnet. De minsta partiklar en blåmussla kan ta är ca 2 μm (0,002 mm) och de största flera hundra μm . Om salthalt, temperatur och strömningsförhållanden är lämpliga, bestäms musslornas tillväxt och kvalitet till största delen av tillgången på föda.

Plankton under året

I havsvatten förekommer partiklar av många sorter – planktonalger, planktondjur, detritus (rester av döda växter och djur) och oorganiska partiklar, t.ex. lera och fin sand. Mängderna varierar under året liksom proportionerna av de olika typerna av partiklar. I figur 15 visas den procentuella andelen av planktonalger, detritus och djurplankton i prover tagna från mellan 1 och 5 meters djup under ett år vid den svenska västkusten. Det är en tydlig skillnad mellan sommar och vinter: under sommaren finns det förhållandevis mycket planktonalger och litet detritus; under vintern finns det nästan bara detritus i vattnet. Om man ser litet närmare på figuren visar det sig att andelen planktonalger är allra störst vid två tillfällen – tidigt på våren i februari-mars och i början av hösten, i september-oktober.

I skandinaviska vatten tillväxer musslor ganska dåligt under vintern. Först någon gång i april-maj börjar de växa ordentligt. Då består huvuddelen av partiklarna av planktonalger och huvuddelen av planktonalgerna, i sin tur, av arter som är mellan ca 2 och 200 μm , alltså av den storlek som musslornas mekanism för födoupptag är anpassad till. På senhösten minskar andelen planktonalger i vattnet. Då minskar också musslornas tillväxthastighet; under hela den tid av året då musslorna har en god tillväxt är planktonalgernas mängd



Figur 15

Procent protein och kolhydrat bundet till växtplankton, djurplankton och detritus (dött organiskt material) i prover tagna på 1, 3 och 5 meters djup i Nycklebyviken, norr om Tjärnö utanför Strömstad.

avgörande för tillgången på föda och därmed avgörande för vilka möjligheter det finns att odla musslor i ett vattenområde.

Olika sorters planktonalger

Planktonalger är encelliga mikroskopiska växter som mer eller mindre passivt svävar i vattnet. Det finns ett mycket stort antal arter. De kan översiktligt sammanföras i tre huvudgrupper: diatoméer eller kiselalger, dino- eller pansarflagellater och nakna flagellater. Kiselalgerna har ett skal – och ibland utstående spröt, förbindelser mellan olika

celler o.s.v. – av kisel. De saknar egentlig rörelseförmåga men kan i viss utsträckning reglera sin specifika vikt och därigenom bestämma om de skall sväva nära ytan eller sjunka till djupare vatten. Dinoflagellaterna har ett skal av cellulosa och rör sig med hjälp av flageller. De simmar ganska bra; en del arter rör sig upp och ner i vattenmassan alltefter hur ljusintensiteten förändras. De nakna flagellaterna är mestadels mycket små – bara några få tusendels millimeter – och utgör en mycket mångformig och dåligt känd grupp som innefattar många arter med karaktärer gemensamma för både djur och växter.

Produktion av alger

Planktonalgernas produktion bestäms i första hand av ljuset. På våra breddgrader brukar algernas växtperiod börja någon gång i februari-mars. Under vintern, när all aktivitet i vattnet är låg, ansamlas stora mängder växtnäringsämnen. I början av växtperioden sker en explosionsartad utveckling av planktonalgerna – för det mesta kiselalger – som på bara några veckor tömmer näringsförrådet i ytvattnet. Efter denna s.k. vårblooming – som ofta syns som en kraftig grumling av vattnet – är näringsinnehållet litet ända fram till hösten, när växtperioden upphör. Under senvåren och sommaren utgörs planktonalgerna huvudsakligen av små, nakna flagellater och framåt hösten av dinoflagellater. Vid den svenska västkusten har höstbloomningen varit intensiv de senare åren, och dinoflagellater av släktet *Ceratium* har förekommit i stort antal.

När ljuset inte är begränsande kommer andra faktorer att bestämma algernas produktion och antal, framförallt vattnets innehåll av näringsämnen. Algerna behöver ett stort antal ämnen för sin växt – oorganiskt kol, kväve, fosfor, kisel, järn, molybden, magnesium o.s.v. De flesta ämnen finns i tillräckliga mängder; koncentrationerna spelar inte någon roll för algproduktionen. I allmänhet är det bara fosfor och kväve som kan uppträda som minimumfaktorer, d.v.s. finnas i så små mängder att brist på dem hämmar algernas växt, även om i vissa fall t.ex. brist på järn och andra metaller har påvisats vara begränsande. När man undersöker algernas miljöfaktorer är därför analyser av fosfor (som fosfat) och kväve (som nitrat, nitrit och ammonium) en viktig del, och i mer ingående studier kan analyserna kompletteras med

experiment, s.k. algtestförsök, där man försöker visa vilket av de två ämnena som är av störst betydelse för algernas produktion.

Näringsämnen

Fosfor- och kväveinnehållet varierar under året. I stort sett kan två perioder urskiljas: vintern med höga koncentrationer i vattnet och sommaren med låga koncentrationer. Övergången från höga till låga koncentrationer sker snabbt vid vårbloomingen; återgången till höga koncentrationer är däremot ett långsamt förlopp, som egentligen inte är avslutat när det avbryts av nästa års vårblooming.

Det är bara i ytvattnet som näringsinnehållet är lågt under växtperioden. Då ljuset tränger ner i vattnet avtar intensiteten fort. När man sänker ner en vit skiva i vattnet brukar ungefär en tiondel av ljuset vid ytan återstå på det djup där man inte längre ser skivan, det s.k. siktdjupet. På dubbla siktdjupet återstår bara ca 1 % av ljuset; ungefär där går gränsen för hur djupt algerna kan finnas och fortfarande tillväxa. På större djup än det dubbla siktdjupet kan algerna därför inte ta upp de näringsämnen som är lösta i vattnet. Den gränsen ligger hos oss sällan under 20–30 meter. Därunder innehåller vattnet året om höga näringskoncentrationer.

När näringsbrist har uppstått i ytvattnet efter vårbloomingen är transport från djupvattnet en möjlig näringskälla, men transporten försvåras av att vattnet mot slutet av våren skiktas i två ganska väl åtskilda lager: ytvattnet som är varmt och lätt och – nära kusterna – har förhållandevis låg salthalt, och djupvattnet som är tyngre, saltare och kallare. Gränsen mellan de två lagren, språngskiktet, utgör en effektiv spärr mot diffusion av näringsämnen till ytvattnet utom i speciella situationer, när bottenvattnet på grund av vind- och strömförhållanden pressas upp mot ytan. Stora sådana "upwelling"-områden med hög produktion och rika förekomster av fisk finns utanför Afrikas och Sydamerikas västkuster.

Där transporten av näringsämnen från djupvattnet är liten kommer andra faktorer att vara betydelsefulla. Avrinningen från land medför i många fall höga koncentrationer av kväve och fosfor i kustvattnet. De välkända problemen i Laholmsbukten orsakas sannolikt av kväverikt vatten i de år som mynnar i bukten, men även i normala fall brukar kustvattnet vara mer näringsrikt än öppna havet, som jämförelsevis är

nästan en ofruktbar öken. En bidragande faktor till kustvattnens höga produktivitet är återcirkulationen av näringsämnen från de bottenar som ligger så grunt att näringsämnena därifrån kan spridas i ytvattnet.

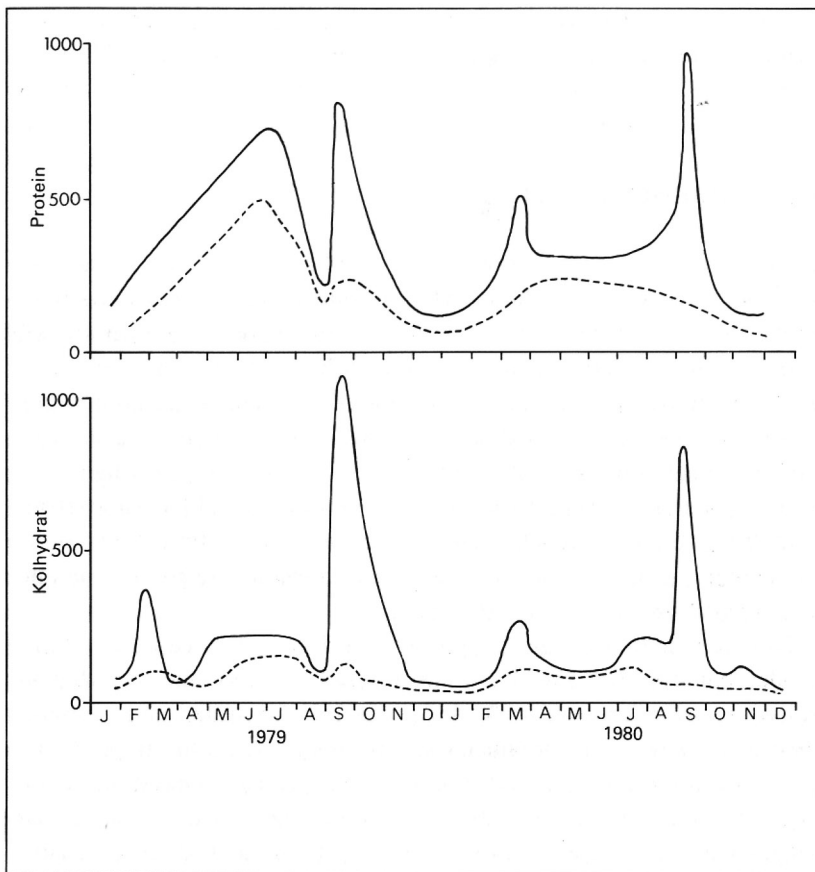
Återcirkulationen har sitt ursprung i det regn av levande och döda växter och djur som hela tiden äger rum från ytvattnet mot djupet. Redan när de sjunker genom vattnet börjar de brytas ner av bakterier och svampar. På botten fortsätter nedbrytningen och där hjälper också bottenlevande djur till. Vid nedbrytningen sönderdelas det organiska materialet i sina beståndsdelar; det kol som ingår i nästan alla organiska föreningar frigörs som koldioxid, kvävet i äggviteämnena blir till nitrat, nitrit och ammonium och fosfor löses ut som fosfat. Från bottenarna sker ett ständigt utflöde av sådana ämnen som kan användas av planktonalgen för att med hjälp av energi från solljuset på nytt bilda organiskt material.

En stor del av algen hinner aldrig sjunka ner ur ytvattnet utan konsumeras där av växtätande djurplankton. Planktondjuren sönderdelar algen på samma sätt som andra nedbrytande organismer och gör därigenom att näringsämnena snabbt frigörs i ytvattnet där de omedelbart kan användas av algen för ny produktion.

Det tycks som om de olika typerna av näringsomsättning spelade olika stor roll under olika tider av året. Vårblomningen äger rum medan mängden djurplankton ännu är liten – bara en liten del konsumeras därför i ytvattnet medan den största delen av algen sjunker till botten, när näringsinnehållet i ytvattnet har tagit slut, och blir till föda för bottenlevande bakterier och djur. Under sommaren, däremot, finns det mycket djurplankton som kan konsumera algen nästan lika fort som dessa förmerar sig. På hösten förefaller en egendomlig situation inträffa; planktondjuren kan utan besvär äta de alger som finns på sommaren, men de höstblommande dinoflagellaterna är stora och svåra att komma åt på grund av det tjocka cellulosaskalet. Dinoflagellaterna kan därför öka i antal utan att hindras av betande planktondjur, vilket möjligen förklarar att höstblomningarna blir så stora.

Storleksfördelning

Om man ser på storleksfördelningen av det partikulära materialet (figur 16) så finner man att den rätt väl återspeglar förändringarna i



Figur 16

Genomsnittligt innehåll av kolhydrat och protein (mg per kubikmeter) på 1,3 och 5 meters djup i Nycklebyviken. Den heldragna linjen visar innehållet i partiklar mindre än $200 \mu\text{m}$ och den prickade linjen innehållet i partiklar mindre än $5 \mu\text{m}$ ($0,005 \text{ mm}$).

algernas sammansättning under året. Vid tiden för vårblomningen är de flesta partiklarna större än $5 \mu\text{m}$ – en kiselalg är för det mesta åtminstone $10 \mu\text{m}$ och kan bli nästan 1 mm lång. På sommaren är huvuddelen av partiklarna mindre än $5 \mu\text{m}$ och på hösten dominerar de stora partiklarna igen, då mest dinoflagellater som är $20\text{--}200 \mu\text{m}$. Det är intressant att se att planktondjuren sällan finns i någon större mängd (figur 15), men de är troligen vanligare än figuren visar; de minsta

formerna är så ömtåliga att de brister vid prepareringen av proverna, och det som återstår försvinner genom porerna i dukar och filter.

Produktionsmätningar

Som kanske redan har framgått är sambanden mellan fysiska och kemiska faktorer och mellan växt- och djurplankton ganska komplicerade. Det är svårt att från resultaten av undersökningar i ett område eller vid en tidpunkt dra slutsatser om förhållandena i andra områden eller vid andra tider av året. Bara de allra enklaste orsakssambanden går att förklara med de kunskaper vi har i dag, och det är bara i undantagsfall möjligt att förutsäga följderna av naturliga eller konstgjorda förändringar i miljön. När man mäter olika parametrar i anslutning till en musselodling avser man därför främst att ge en beskrivning av hur det ser ut – varför det förhåller sig på det ena eller andra sättet är inte så lätt att säga.

Eftersom planktonalgenas produktion intar en så central ställning är det naturligt att försöka få en uppfattning om hur stor den är. Algerna använder oorganiskt kol, som i fotosyntesen sätts samman med andra ämnen till organiska kolföreningar. Genom att ge algerna en känd mängd radioaktivt kol kan man ganska enkelt mäta hur mycket organiskt material som bildas under en viss tid. Sådana mätningar har vid olika laboratorier gett praktiskt taget identiska värden för yttre delen av Gullmarsfjorden och för Tjärnöområdet nära Strömstad. Litet lägre värden har rapporterats från norra delen av Öresund. Med den metod som används anges produktionen som mängd upptaget kol. Uträknad för ett helt år och över det djupintervall där ljuset är tillräckligt för algernas växt är produktionen vid den svenska västkusten någonstans mellan 150 och 220 gram kol per kvadratmeter; kol utgör i vikt ungefär hälften av det organiska materialet – ca 300–400 g algbiomassa (torrvikt) produceras per m² och år.

Hela den biomassa som produceras försvinner till slut på ett eller annat sätt ur vattnet; efter ett års träget producerande finns det lika litet alger i vattnet som det fanns från början. Produktionsmätningarna ger därför inga upplysningar om hur mycket alger som kommer att finnas efter en viss tid. De ger ett mått på hur fort biomassan bildas men säger ingenting om förlustposterna: om andning – den del av

produktionen som går till upprätthållande av algernas övriga livsprocesser – och betning av växtätande djur och sedimentering. Produktionen är lätt att mäta men förlusterna är oerhört svåra att ens grovt uppskatta; tillförlitliga värden för alla tre posterna torde inte finnas från något område.

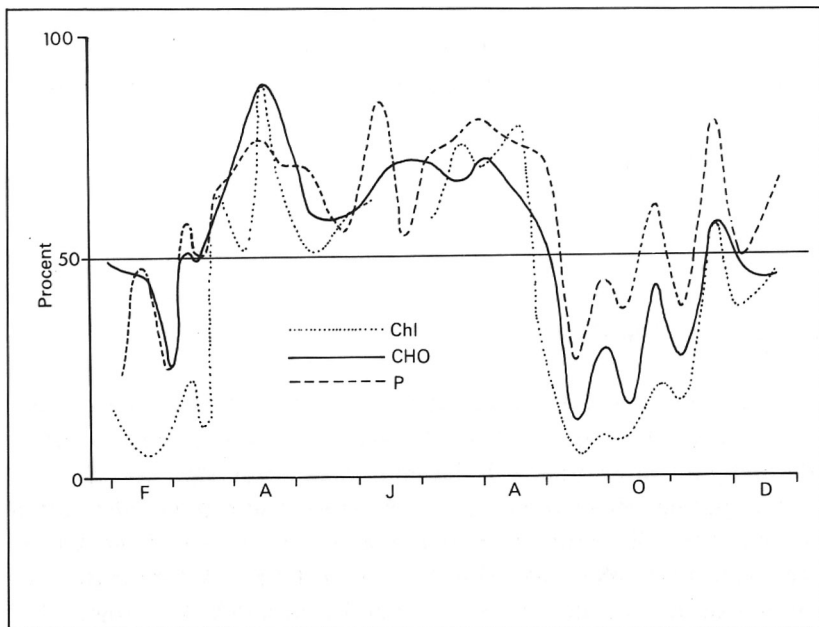
Föda för musslorna

Från en musselodlars synpunkt kan såväl produktion som annat tyckas oväsentligt; det som betyder något är hur mycket föda som blir tillgänglig för musslorna, och det enda raka borde vara att mäta hur mycket partikulärt material av lämplig storlek som finns i det vatten som musslorna filtrerar. Problemet är bara vad man skall mäta. Vad är egentligen tillgänglig föda? Hur mycket av det partikulära materialet kan musslorna tillgodogöra sig (se assimilationseffektivitet, figur 28)?

Eftersom klorofyll finns i alla växter och är lätt att mäta är klorofyllanalyser den vanligaste metoden för att kvantifiera planktonalger. Tyvärr varierar klorofyllinnehållet ganska mycket i olika alger och vid olika tider, och klorofyll är ju i sig inte föda för musslorna. Dessutom utnyttjar även musslorna detritus som finns i vattnet och som knappast innehåller något klorofyll alls.

Direkta mätningar av näringsinnehållet i det partikulära materialet kan i stället göras med hjälp av analyser av kolhydrat och protein, de två viktigaste beståndsdelarna i organiskt material. De analyserna är mer komplicerade än klorofyllanalyser och har hittills använts mycket litet av marinbiologer. Det finns därför få värden för jämförelser mellan olika typer av vattenområden, och generella samband mellan å ena sidan produktion och klorofyll – som har mätts och mäts över hela världen – och å andra sidan näringsinnehåll är inte kända.

Mätningar av kolhydrat och protein vid musselodlingar utanför Tjärnö (figur 17) visade i stort sett samma förändringar under året och i stort sett samma andelar av den totala mängden partiklar mindre än 5 μm som mätningar av klorofyllinnehållet. Däremot var sambandet mellan å ena sidan produktion och å andra sidan kolhydrat- och proteininnehåll mycket svagt. Skillnaderna var särskilt stora under sommaren, då den kraftiga betningen tydligen medförde närmast nolltillväxt av algerna, trots en hög produktion.



Figur 17
 Andelen partikulärt material mindre än 5 μm , uttryckt som procent av innehållet mindre än 200 μm . Proverna är tagna på 0–12 meters djup i Nycklebyviken. Chl = klorofyll, CHO = kolhydrat, P = protein.

Filtrering

Musslorna är mycket effektiva filtrerare och kan fånga upp den allra största delen av det partikulära materialet i vattnet. I laboratorieförsök kan de reducera innehållet av protein och kolhydrat med 80–90 % och innehållet av större alger (kiselalger och dinoflagellater) med 100 %. I en musselodling blir filtreringen inte lika effektiv eftersom en del av vattnet strömmar mellan hängarna utan att pumpas in i musslorna. Prover som togs mitt inne i en odlingsenhet vid Tjärnö visade att klorofyll, kolhydrat och protein i genomsnitt under ett år reducerades med 35–47 %. Då hade vattnet bara passerat halva odlingen, eller 7 långlinor; efter en hel odling med 14 långlinor är reduktionen antagligen

<i>Parameter</i>	<i>Partiklar, mindre än</i>	<i>Reduktion</i>
<i>Klorofyll</i>	<i>200 µm</i>	<i>47 %</i>
	<i>5 µm</i>	<i>34 %</i>
<i>Kolhydrat</i>	<i>200 µm</i>	<i>43 %</i>
	<i>5 µm</i>	<i>29 %</i>
<i>Protein</i>	<i>200 µm</i>	<i>35 %</i>
	<i>5 µm</i>	<i>21 %</i>

Tabell 1

Reduktion av partikulärt klorofyll, kolhydrat och protein i en 8–19 månader gammal musselodling. Proverna är tagna på 1, 3 och 5 meters djup mitt i odlingen, sedan vattnet har passerat 7 långlinor. Reduktionen är uträknad som genomsnitt för ett år och är uttryckt i procent av innehållet vid en kontrollstation utanför odlingen.

gen så hög som 60–75 %. Mätningarna visade också att små partiklar, mindre än 5 µm, inte kvarhölls lika effektivt som de större partiklarna (tabell 1).

Musslor ger växtnäringsämnen

Vattnet kring en musselodling förändras inte bara genom att musslorna tar bort en del av det partikulära materialet utan också genom att de tillför lösta ämnen till vattnet med sina exkretionsprodukter. Dessa består till stor del av spillning – fasta klumpar som snabbt faller till botten – men också av lösta ämnen, framför allt kväve- och fosforföreningar. Eftersom fosfor och kväve är de ämnen som oftast finns i underskott för planktonalgerna kan en musselodling samtidigt minska mängden planktonalger genom musslornas filtrering och öka algmängden genom att öka vattnets innehåll av växtnäringsämnen.

Liksom när det är frågan om filtrering är det lättast att påvisa tydliga effekter av exkretionen från musslor inne i ett laboratorium. De

prover som togs i musselodlingarna visade faktiskt inga som helst effekter på algerna av de lösta exkretionsprodukterna; det kunde till och med vara svårt att upptäcka någon tydlig ökning av näringsinnehållet. I laboratorieförsök, däremot, var det en klar ökning av koncentrationerna av nitrat, nitrit, ammonium, fosfat och, under vissa omständigheter, löst kisel. De alger som lättast kan utnyttja detta näringstillskott tycks vara nakna flagellater mindre än 5 μm , d.v.s. alger som inte hålls kvar särskilt effektivt av musslorna.

Ekologisk balans

Om man försöker sätta in musselodling i ett litet större ekologiskt sammanhang är det kanske just konsekvenserna för planktonalgernas artsammansättning som är intressanta. Den påverkan som botten under en odling utsätts för är knappast av mer än ett mycket lokalt intresse (kapitel 5). Det är däremot tänkbart att omfattande odling av blåmusslor över ett betydande vattenområde kan ge överraskande och eventuellt obehagliga återverkningar på planktonalgerna genom att artfördelningen förskjuts mot mindre former som i sin tur gynnar andra djurplanktonarter än dem som nu är vanliga. Man kan å andra sidan tänka sig att musslornas filtrering är till fördel för balansen mellan olika planktonarter: en möjlig orsak till de stora höstblomningarna, som har orsakat åtskilliga bekymmer t.ex. i Laholmsbukten, är ju att dinoflagellaterna inte kan konsumeras i någon större utsträckning av växtätande djurplankton. Musslorna kan utomordentligt väl tillgodogöra sig dinoflagellater och tillväxer fortare under höstblomningarna än under någon annan tid av året (kapitel 2). Utökad odling av musslor skulle därför kunna vara till fördel i speciella fall, åtminstone på kort sikt; de långsiktiga konsekvenserna av storskaliga förändringar är omöjliga att förutsäga.

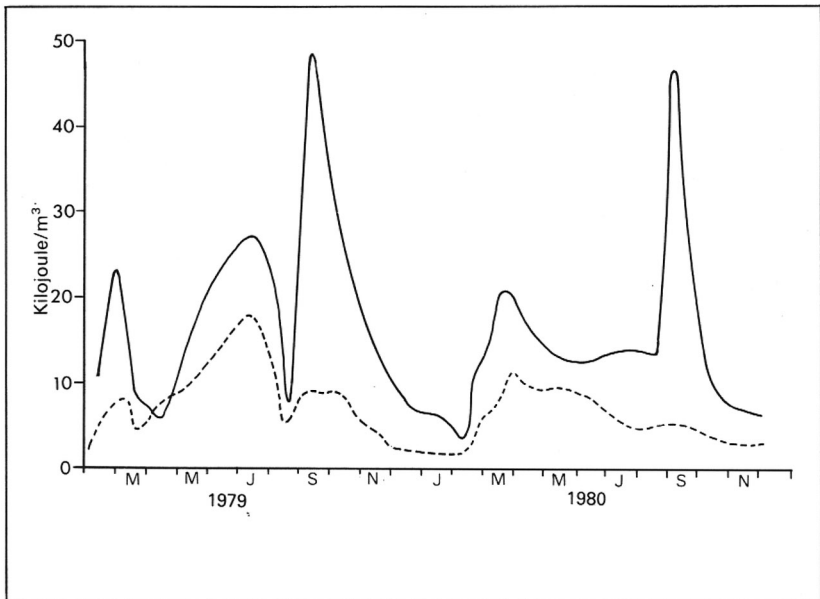
Näringsvärde

Inte alldeles oväntat varierade förhållandet mellan protein och kolhydrat beroende på vilka alger som var vanligast. De både absolut och relativt största kolhydratmängderna erhöles under dinoflagellatblom-

ningen, vilket förklaras av dinoflagellaternas cellulosaskal, men mängderna var stora också under vårbloomingen. Sommarperioden karakteriserades av höga proteinhalter i det partikulära materialet. De små och aktiva flagellaterna har inget tjockt skal och antagligen inte någon nytta av att ackumulera lagringsprodukter, vilket oftast är kolhydraternas funktion i planktonalger.

För en bedömning av näringsinnehållet krävs ytterligare analyser, framför allt av kolhydraterna som delvis utgjordes av cellulosafragment med rimligtvis litet näringsvärde. Sådana analyser har inte gjorts. De följande beräkningarna av energiinnehållet är därför en smula osäkra som mått på den tillgängliga födans energiinnehåll, men mätningarna av assimilationseffektiviteten (kapitel 7) visar att osäkerheten inte är alltför stor.

Det genomsnittliga energiinnehållet är i kolhydrater 17,2 Joule per milligram (J/mg) och i proteiner 23,7 J/mg. Fett, ca 6–20 % av det partikulära materialet i havsvatten, analyserades inte. Om det genom-



Figur 18
Medelvärden för energiinnehållet på 1,3 och 5 meters djup i Nycklebyviken i partikulärt material mindre än 200 µm (heldragen linje) och mindre än 5 µm (prickad linje).

snittliga fettinnehållet antas ha varit 12 %, framkommer de världen för energiinnehållet som visas i figur 18. Variationerna följer naturligtvis i stort variationerna av koncentrationerna av kolhydrat och protein, med två mycket markerade toppar: vårbloomingen och höstbloomingen. Värdena var låga under vintern och sommarvärdena låg någonstans mittemellan de högsta och de lägsta.

Figuren visar organiskt bunden energi: solenergi som har omvandlats av planktonalgernas fotosyntes och gjorts tillgängliga för djurplankton, musslor och andra växtätande djur. När växtätarna utnyttjar den bundna energin övergår den till andra former av organisk energi, men mycket förloras också som lågvärdig värmeenergi. Eftersom musslorna sitter stilla, i motsats till betande djurplankton, är deras energiförluster jämförelsevis små. Musslor är därför kanske de organismer som bäst av alla utnyttjar den väldiga men svåråtkomliga resurs som de mikroskopiska, över allt i havet svävande, partiklarna utgör.

5. FÖRÄNDRINGAR I BOTTENMILJÖN

Jan Mattsson och Olle Lindén

I en musselodling produceras stora mängder avföring, som tillsammans med de musslor som lossnar från odlingsbanden sjunker till botten. Dessa avlagringar växer med flera centimeter per år och medför att miljön på botten förändras. För att närmare undersöka en musselodlings inverkan på botten insamlades prover på bottensediment och bottendjur.

Eftersom många av bottendjuren är fleråriga och lever stationärt är de lämpliga som indikatorer på miljöförändringar. Det finns hundratal olika arter av sådana bottenlevande djur på en mjukbotten vid den svenska västkusten. Några av de viktigaste är ormstjärnor, sjöborrar, musslor, havsborstmaskar och kräftdjur. De har alla specialiserat sig på att utnyttja en viss del av tillgängligt utrymme och näring. En del arter, t.ex. havsborstmaskar, gräver gångar; andra, exempelvis bottenlevande musslor, sitter nedgrävda i botten. De vanligaste formerna av näringsupptag är att efter filtrering av vattnet äta näringspartiklarna, att äta det översta skiktet av sedimentytan eller att leva som rovdjur. Art- och individantalet i detta bottensamhälle varierar, beroende på en mängd faktorer som årstid, temperatur, salthalt, ljus, näringsstillförsel, konkurrens mellan individer inom samma art och mellan arter. Naturligtvis påverkas bottendjuren även av mänskliga aktiviteter, av ökad tillförsel av näringsämnen, av miljögifter och av för hårt fiske.

Nedfall av blåmusslor

Vi har under några år undersökt den musselodling vid Tjärnö som anlades i juni 1978. Nedfallet från odlingen medförde att botten under den fick en helt annan karaktär än vad den hade innan odlingen anlades. Tidigare var bottenytan ljusbrun till färgen och täckt av mikroskopiska bottenlevande alger; därunder fanns ett fastare skikt av

lera och sand. På botten kunde man se ormstjärnor, sjöborrar och andra större bottendjur krypa omkring.

Några månader efter det att blåmusslorna hade satt sig fast på samlarbanden började en del musslor falla ned. Samtidigt började musslornas spillning lagras ovanpå botten. Mängden av dessa nedfallna blåmusslor bestämdes samtidigt som mängden övriga bottendjur. Redan i september 1978, tre månader efter det att banden hade hängts ut, var antalet ca 400 per kvadratmeter (m^2). Antalet ökade därefter under vintern, och i maj 1979 fanns det ca 2 800 ind./ m^2 . Då var också vikten av de nedfallna musslorna som högst, det fanns ca 10 kg levande musslor med skal per m^2 . Mängden levande blåmusslor återfunna på botten har sedan varierat. På hösten har det funnits få levande musslor. De som faller ned under vintern och våren klarar sig längre. Alla nedfallna musslor dör dock så småningom eftersom miljön på botten under en odling inte passar dem.

Två år efter det att odlingen anlades var botten täckt av drivor av musselskal och mellan dem fanns tjocka lager av musslornas avföring. Bottenytan var täckt av en vit matta av svavelbakterier. Underliggande bottensediment var mycket poröst i ett flera decimeter tjockt skikt. Detta lösa och av sulfider helt svartfärgade bottensediment hade dock en begränsad utbredning; som mest sträckte det sig 10–20 meter utanför odlingens kant.

Ökad mängd organiska ämnen

Botten inte bara förändrades, dess syreförhållanden påverkades också. För att studera detta mättes andelen organiskt material och redoxpotentialen.

Andelen organiskt material ger en uppfattning om bottenytan och om huruvida det är risk för att dåliga syreförhållanden skall uppstå. Bestämningen gjordes genom att man brände ett torrt prov två timmar i ugn vid 500° och beräknade glödningsförlusten. Under odlingen uppmättes en hög halt av organiska ämnen i bottenens översta skikt, 13–19 % av torrvikten (tabell 2). Denna förhöjning var märkbar också djupare ned i bottensedimentet; vid 9–12 cm sedimentdjup var den organiska halten 10 %.

Utanför odlingarna mättes mängden organiskt material på 15 provtagningsstationer. Dessa låg i samma sund som odlingarna och det

<i>Avstånd musselodling (meter)</i>	<i>sept. 1979</i>	<i>april 1980</i>	<i>okt. 1980</i>	<i>juni 1981</i>	<i>nov. 1981</i>	<i>maj 1982</i>
<i>under odlingen</i>	19	14 ^a	18	13		
5	15	11	6	7	11	16
25	8	13 ^b	4	4		
50		12 ^c				
80		12 ^c				
250				8	6	12
1500						4

^a medelvärde av 9 prov
^b medelvärde av 4 prov tagna i olika riktningar från odlingen.
^c medelvärde av 3 prov

Tabell 2

Procent organisk halt (glödgningsförlust) i det översta lagret om 3 cm av bottensedimentet. Odlingen anlades i juni 1978 och skördades under hösten 1980 och våren 1981. En ny odling påbörjades i juni 1981.

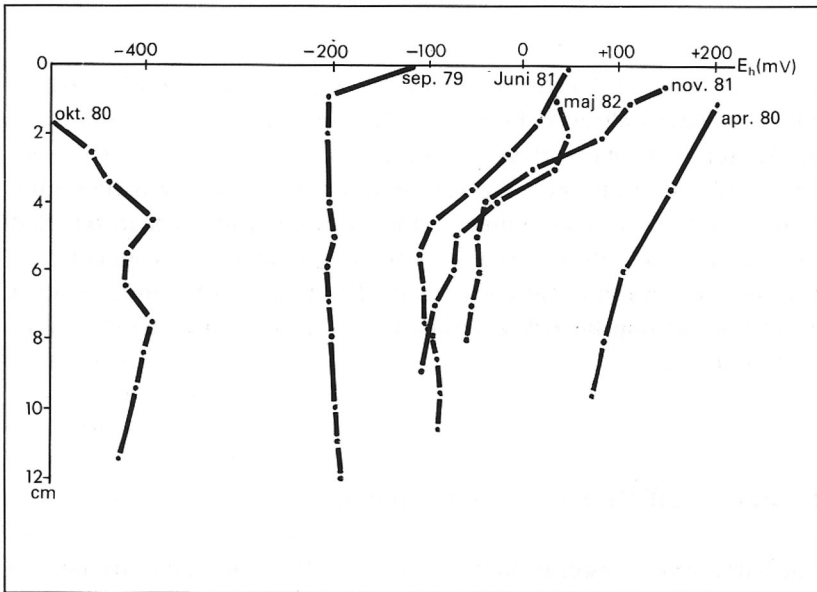
största avståndet till någon av dem var 1,5 kilometer (tabell 2). Halterna var ungefär hälften så höga (4–12 %) som halterna under odlingarna. Halter av denna storleksordning är typiska för bottnar som ligger i ett skyddat område med låg vattenomsättning. På denna botten typ (sedimentationsbotten) sjunker både sådant organiskt material ned som har producerats i vattnet ovanför och sådant som kommer från land och intilliggande vattenområden med högre vattenomsättning. I dessa bottnar uppstår också syrebrist först om nedfallet av organiska ämnen är högt.

Dåliga syreförhållanden i bottarna

För närvarande existerar ingen bra metod att direkt mäta syrehalten i det vatten som finns i bottensedimentet. I stället bestämdes redoxpotentialen, en indirekt metod att beskriva sedimentets syreförhållanden. Speciellt intressant är det att kunna bestämma det skikt där redoxpotentialen övergår från positiv till negativ. En positiv redoxpotential

(oxiderande miljö) indikerar att syreförhållandena är tillfredsställande; negativa värden (reducerad miljö) innebär så dåliga syreförhållanden att endast få arter kan överleva.

Mätningarna av redoxpotentialen inleddes i september 1979, drygt ett år efter det att odlingen hade anlagts. Då var bottensedimentet under odlingen kraftigt reducerat ända upp till sedimentytan, d.v.s. saknade syrgas. Strax utanför odlingen (25 m) fanns en skiktning ca 1 cm under sedimentytan och därunder var redoxpotentialen på gränsen mellan reducerat och oxiderat. Nästa år (april 1980) var redoxpotentialen positiv både under och utanför odlingen. Under sommaren och hösten försämrades åter redoxförhållandena. I oktober 1980 var sedimentet kraftigt reducerat både under och strax utanför odlingen. Därefter har en förbättring skett, så att åtminstone det översta botten-skiktet har haft en positiv redoxpotential utanför odlingarna (figur 19). Vid mätningar av syret i vattnet i oktober 1980 10 centimeter ovanför bottenytan var syreförhållandena i det fria vattnet goda, vilket tyder på en skarp gräns mellan syrerikt och syrefattigt vatten just i sedimentytan.



Figur 19
Redoxpotentialen (E_h) på olika djup (cm) i bottensedimentet 5 meter utanför musselodlingen. Negativa värden indikerar dåliga syreförhållanden.

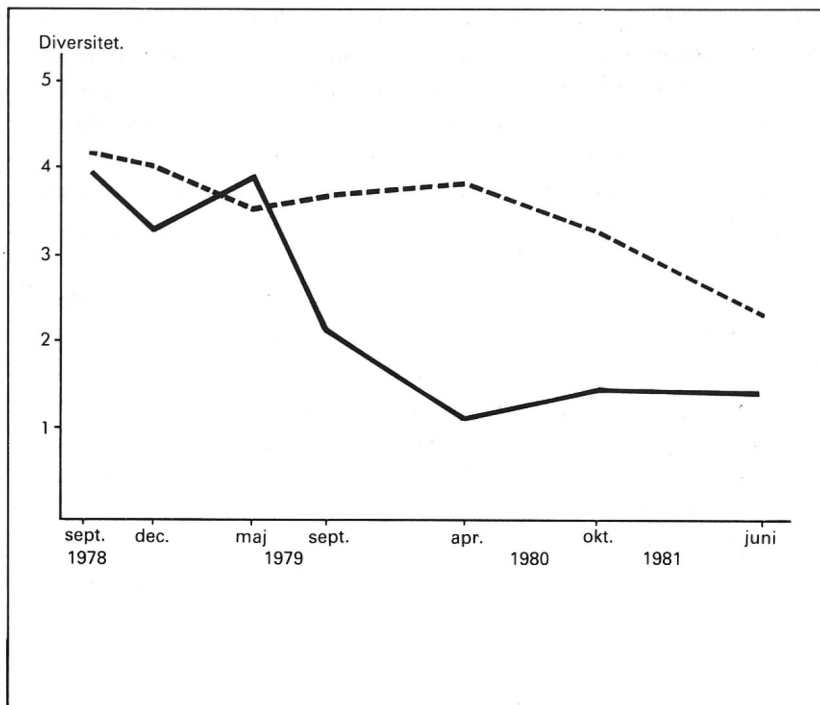
I det intilliggande sundet, som saknar musselodlingar (figur 5), fann man att bottensedimentet var reducerat nästan upp till sedimentytan i maj 1979. Det visar att reducerade förhållanden periodvis kan förekomma även på de bottnar som ligger långt från det område som påverkas av musselodlingarna.

De dåliga syreförhållandena i bottnarna förorsakas av för stort nedfall av organiskt material. Vid nedbrytningen av detta konsumeras allt syre så att de syrekrävande organismerna slås ut. De ersätts av mikroorganismer som tål syrefria förhållanden, och vid den fortsatta nedbrytningen bildas den giftiga gasen svavelväte. Då försvinner större delen av de olika arter bottendjur som tidigare har levt där. Den säsongvariation som observerades 1979–1980 beror på att vattentemperaturen påverkar den biologiska nedbrytningsaktiviteten och vattnets syrehållande förmåga. Under sommar och höst medför den högre temperaturen ökad biologisk aktivitet och ökad syrekonsumtion. Under vintern sjunker temperaturen, vilket minskar den biologiska aktiviteten samtidigt som vattnets syremättnad ökar. Detta inträffar givetvis också när den organiska belastningen minskar, så att det organiska materialet kan brytas ned utan att allt syre konsumeras.

Bottendjuren under odlingen och vid odlingens kant

När provtagningarna av bottendjuren inleddes i september 1978, tre månader efter det att odlingen hade anlagts, fanns det en likartad fauna både vid de provtagningsstationer som låg rakt under den nya odlingen och vid de som låg 15 respektive 25 meter utanför. Den procentuella faunalikheten beräknades med ett index som tar hänsyn till fördelningen av antalet individer av de arter som är gemensamma för stationerna. Indexets värde låg mellan 74 % och 82 % för de fem stationerna, vilket visar på en hög faunalikhet. Dominerande arter var musslan *Nucula nitidosa* och sjöborren *Echinocardium cordatum*. Ormstjärnor, flera arter av musslor och havsborstmaskar var också vanligt förekommande.

Därefter har bottenfaunan förändrats successivt både under och 25 meter utanför odlingen. Under odlingen skedde snabbt en drastisk förändring av bottenfaunan. Förändringarna utanför skedde långsammare och utan de kraftiga svängningar i individantalet som karakteriserade förloppet under odlingen. Dessa förändringar kan anges på



Figur 20

Diversitetens (beräknad med Shannon-Wieners diversitetsindex) förändringar under odlingen (heldragen linje) och 25 meter utanför odlingen (streckad). Odlingen anlades i juni 1978 och skördades under hösten 1980 och våren 1981. En ny odling startades i juni 1981.

många olika sätt. Här kommer att redogöras för hur mångformigheten (diversiteten), individantalet och vissa enskilda arter har påverkats.

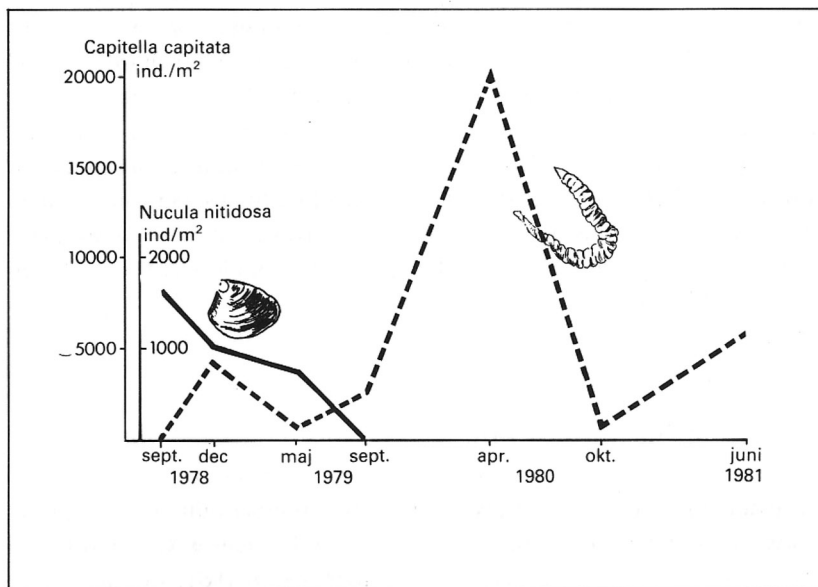
Mångformighet

Mångformigheten är ett mått på antalet arter och på hur många individer som finns inom varje art. Shannon-Wieners mångformighetsindex beräknades för varje provtagningstillfälle och varje station. Figur 20 visar hur mångformigheten har förändrats under odlingen och på en punkt 25 meter utanför odlingen. Höga mångformighetsvärden innebär att det finns många olika arter och att individantalet är relativt jämnt fördelat mellan arterna, vilket är typiskt för en opåverkad bottenfauna. Om sedan bottenfaunan påverkas negativt ändras dess

sammansättning så att artantal och mångformighet sjunker, vilket i detta fall inträffade på botten rakt under odlingen drygt ett år efter det att denna hade anlagts. I punkten 25 meter utanför odlingen minskade mångformigheten något fram till oktober 1980. Därefter avtog den avsevärt fram till juni 1981 (figur 20). Anledningen var att antalet arter successivt minskade – i september 1978 fanns det totalt 58 olika arter och i juni 1981 återfanns endast 8 st.

Individantal

Totala individantalet under odlingen minskade från ca 10 000 ind./m² i september 1978 till ca 1 000 ind./m² i september 1979. När den ursprungliga faunan försvann invaderades de ”tomma” ytor som hade uppstått av nya arter, s.k. opportunister, som kunde dra nytta av de speciella förhållanden som hade uppstått. De gynnades av den höga halten organiskt material och av den uteblivna konkurrensen från andra arter. Framför allt tre havsborstmaskar (*Capitella capitata*, *Sc-*



Figur 21
Antalet individer/m² av musslan *Nucula nitidosa* (heldragen linje) och havsborstmasken *Capitella capitata* (streckad) under musselodlingen, under perioden september 1978 till juni 1981.

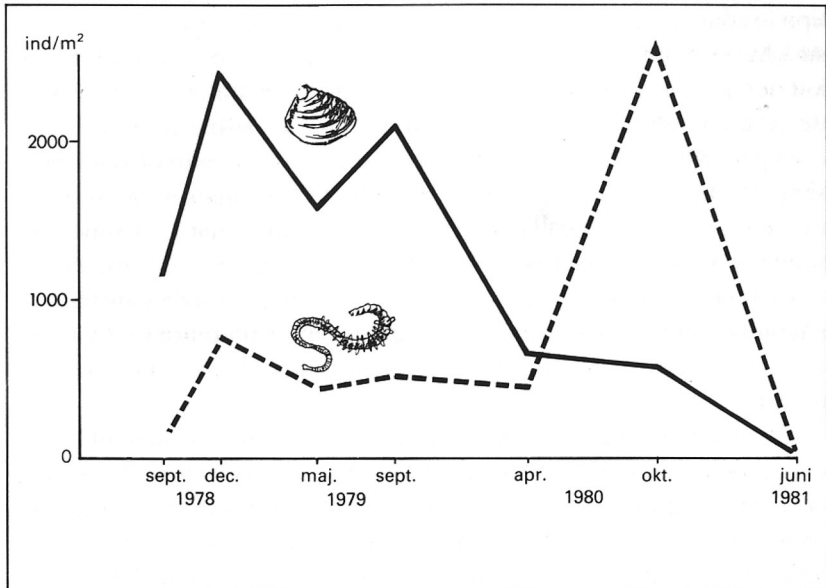
lelepis fuliginosa och *Microthalmus szelkowi*) etablerade sig i täta populationer under vintern. De hade tillsammans en täthet på 40 000 ind./m² i april 1980 och minskade sedan under sommaren-hösten; i oktober återfanns 1000–2000 ind./m². Nästa år, i juni 1981, hade de återigen ökat till ca 10 000 ind./m² (figur 21). Svängningarna i individantalet hade samband med redoxpotentialens förändringar. Individantalet var lågt på hösten när sedimentet var kraftigt reducerat och ökade sedan under våren samtidigt som redoxpotentialen ökade.

Strax utanför odlingen varierade till en början det totala individantalet naturligt med årstiderna. Störst var individantalet under hösten då de flesta arter hade förökat sig och givit upphov till ett stort antal unga djur så att totalantalet individer ökade. I december 1978 fanns det mer än 10 000 ind./m²; antalet minskade till ca 6 000 ind./m² i maj 1979 och ökade återigen i september 1979. Därefter tycks förhållandena ha försämrats; en kontinuerlig minskning skedde nämligen oberoende av säsong. Denna fortsatte fram till och med den senaste provtagningen, i juni 1981, då totala antalet individer var endast ca 300 per m².

Artsammansättningen förändrades så att de ursprungliga arterna successivt försvann och ersattes av andra. Ormstjärnorna, *Ophiura* och *Amphiura*, var de som först slogs ut. Under odlingen var de försvunna ett halvår efter det att odlingen hade anlagts, fem meter utanför ett år efteråt och 15 till 25 meter utanför ett och ett halvt år efteråt. Övriga arter, t.ex. musslan *Nucula nitidosa*, minskade successivt i antal och försvann slutligen (figur 22). De försvunna arterna ersattes av små djur som lever ytligt och därmed inte är så känsliga för försämrade förhållanden nere i botten. Exempel på sådana arter är havsborstmaskarna *Prinospio malmgreni* och *Paraonis lyra*, vilka ökade i antal 25 meter utanför odlingen.

Få bottendjur utanför odlingarna

På grund av bottenfaunans utveckling strax utanför odlingen utökades undersökningen med en referensstation, ca 250 meter väster om odlingen. Vid det första provtagningstillfället, i juni 1981, förekom bottenfauna mycket sparsamt även där. Diversiteten var låg, totala antalet arter uppgick till 6, huvudsakligen små former av havsborstmaskar. Det totala individantalet var endast ca 300 ind./m². Vid samma tidpunkt insamlades även prov under en före detta odling, belägen ca 250



Figur 22

Antal individer/m² av musslan *Nucula nitidosa* (heldragen linje) och havsborstmasken *Paraonis lyra* (streckad) 25 m utanför odlingen under perioden september 1978 till juni 1981.

meter syd-öst om den odling som ursprungligen studerades (figur 5). 25 meter utanför denna odling hade bottenfaunan en sammansättning som liknade sammansättningen under de två andra stationerna utanför odlingarna, d.v.s. få arter och lågt individantal. Även här dominerade små havsborstmaskar. Den procentuella faunalikheten mellan dessa tre stationer var relativt hög, 57–76 %. Den likartade faunan tyder på att utvecklingen hade varit likadan inom hela det sund där musseolodlingarna låg.

Även i november 1981 var bottendjursammansättningen likartad vid dessa stationer. I maj 1982 togs prov vid ytterligare en referensstation, 1,5 kilometer från närmaste musselodling. Också där uppvisade bottendjursamhället stora likheter med bottendjursamhället vid de övriga stationerna utanför odlingarna.

Orsakerna till det låga antalet bottendjur utanför odlingarna var förmodligen en alltför hög organisk belastning, ty de effekter som observerades var typiska för vad som brukar hända på bottenarna vid ett stort nedfall av organiska ämnen. Redoxpotentialen var låg ända

upp i sedimentytan och de enda bottendjur som återfanns var några få små havsborstmaskar som levde i sedimentytan. Vad som har förorsakat denna utveckling är svårt att med säkerhet fastställa på grundval av de resultat som finns. Miljöförändringarna på bottenarna rakt under odlingarna har ett klart samband med nedfallet. Däremot talar flera skäl för att det utanför odlingarna var andra faktorer som hade avgörande betydelse. Dåliga bottenförhållande rådde även i ett sund som saknade musselodlingar och på provtagningspunkterna 250 meter och 1,5 kilometer från odlingen, där nedfallet rimligen inte kan ha haft någon betydelse. Om odlingarna hade påverkat bottenarna i hela sundet, borde en fauna liknande den som fanns under odlingarna ha utvecklats överallt.

En troligare orsak till den utarmade bottenfaunan är den allmänna övergödning av svenska kustvatten som har observerats under senare år. Den har lett till kraftiga planktonblomningar, som i sin tur medfört ökad sedimentation av organiskt material, ökad syreförbrukning och reducerade botten sediment med efterföljande bottendöd. Under den tid som undersökningarna har pågått har ett flertal sådana kraftiga planktonblomningar observerats i Tjärnöområdet (jämför kapitel 4). Samtidigt har planktonblomningar förekommit vid andra delar av svenska kusten (Lundåkrabukten, Laholmsbukten, Gullmarsfjorden).

Återhämtning

Under den odling som anlades i juni 1977 och som skördades hösten 1980 var förhållandena relativt oförändrade ett år senare. Halten av organiskt material var hög, botten sedimentet var kraftigt reducerat och de opportunistiska havsborstmaskarna var dominerande. Ett och ett halvt år senare, i maj 1982, hade redoxpotentialen ökat, men bottendjursammansättningen var fortfarande störd. Hur lång tid som behövs för återhämtningsprocessen kan avgöras endast genom fortsatta studier i området. Enligt erfarenheter från andra undersökningar av bottenar som har blivit förorenade av organiskt material rör det sig om en återhämtningstid på några år.

Avslutningsvis kan man konstatera att nedfallet av organiskt material från odlingarna innebar att bottenarna under dessa fick ett instabilt samhälle med stora fluktuationer i antalet bottendjur. Samtidigt lockade det stora nedfallet av blåmusslor till sig fisk och krabbor, som pe-

riodvis var mycket talrika runt odlingen. Vid bedömningen av de negativa effekterna av musselodlingarna bör man komma ihåg att musslorna utnyttjar en naturligt förekommande föda och att några främmande substanser inte tillförs havet; musslorna koncentrerar endast näringen till ett litet område. Därmed omfördelas det naturliga nedfallet av plankton och detritus så att detta blir större än normalt i det område som ligger i anslutning till odlingen och, följaktligen, mindre än normalt i ett större omgivande område. Omfattningen av denna påverkan är ringa i jämförelse med den storskaliga övergödning av våra kustvatten vars effekter vi har kunnat bevittna under senare år.

6. MIKROBIOLOGISKA ASPEKTER PÅ MUSSELODLING

Björn Dahlbäck, Lars Gunnarsson och Åke Hagström

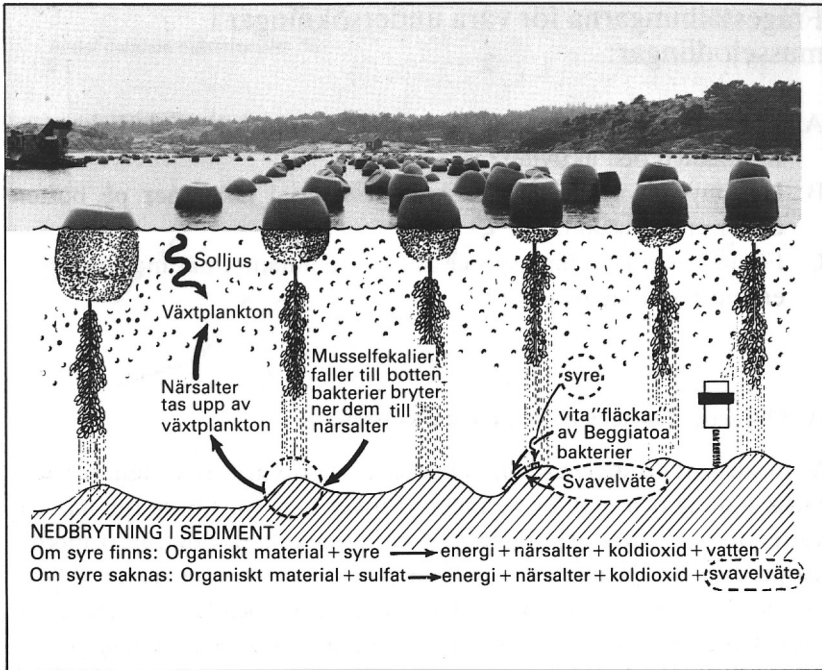
Bakterier är en förutsättning för livet i havet

Bakterier är små encelliga organismer som finns överallt. Havet, varma källor, Arktis eller mag-tarm-kanalen hos djur och människor är exempel på ställen där dessa mikrober finns och där de är en nödvändig del av ett fungerande ekosystem.

En marin bakterie är omkring en halv mikrometer (0,0005 mm) stor. Bakterier förökar sig genom att öka i storlek och sen dela sig i två hälfter. I en vattenmassa kan de vara frilevande eller sitta fast på en yta. Ett dött växtplankton eller ett båtskrov har ytor som bakterier fastnar på. I sedimenten på havets botten finns täta samhällen av bakterier. Antalet bakterier avtar längre ner i sedimentet och bakterierna är färre i sediment som ligger på stora havsdjup än i sediment på grunda havsområden. Det finns alltid fler bakterier i sedimentet (per volym) än i vattenmassan ovanför.

Bakteriernas viktigaste uppgift i naturens kretslopp kommer ibland i skymundan därför att några bakteriesorter ställer till förtret för människan. Livsmedel förstörs; vi blir sjuka. Men de allra flesta bakteriesorterna är oss till nytta eftersom de är nödvändiga delar av de biologiska systemen. En av bakteriens roller i naturen är att bryta ned dött organiskt material (detritus) till koldioxid och närsalter (växtnäringsämnen) som är växternas byggstenar, (se figur 23). Närsalter är kväverika och fosforrika ämnen som växterna tar upp när de med solens energi gör cellmaterial av koldioxid (fotosyntes). Bakterierna återför till kretsloppet ämnen som är en förutsättning för den primära produktionen i ett ekosystem, ämnen som annars skulle ligga låsta i rester av döda växter och djur.

Alla levande organismer består till största delen av organiska kolföreningar (räknat per torrsvikt, vatten är annars den största beståndsdel). Nedbrytningen av detta kolrika organiska material ger bakterier energi. Där syre finns förbrukas detta i nedbrytningen: bakterierna andas. Växternas fotosyntes är den omvända processen. Under denna



Figur 23
 Mikrobiella processer i en musselodling. Längst till höger syns en sedimentationsfälla. (foto M. Wrangstadh)

bildas syrgas. I vissa syrefria miljöer, t.ex. i vissa marina sediment, kan nedbrytningen dock fortsätta. En del bakterier kan nämligen, som enda organismgrupp i naturen, leva utan syre.

Bakterier kan ta hand om lösta organiska ämnen (t.ex. aminosyror och sockerarter) och lösta oorganiska ämnen (t.ex. närsalter). Det organiska material som finns i form av partiklar kan inte bakterien bita i. Bakterien tillverkar i stället enzymer (proteiner som påskyndar kemiska reaktioner) som attackerar och bryter ned partikeln utanför bakteriecellen. De lösta ämnen som bildas vid enzymernas arbete kan bakterien ta hand om. De lösta organiska ämnen som finns i havet kan också vara ämnen som läcker ut från växtplanktonceller när dessa bygger upp cellmaterial med energin från solen, koldioxid och närsalter från vattnet. Eftersom även bakterierna kan bygga upp sig själva av lösta ämnen är bakterierna och växterna de primära producenterna i ett marint ekosystem. De blir tillsammans den dominerande födoresursen för det övriga ekosystemet.

Frågeställningarna för våra undersökningar i musselodlingar:

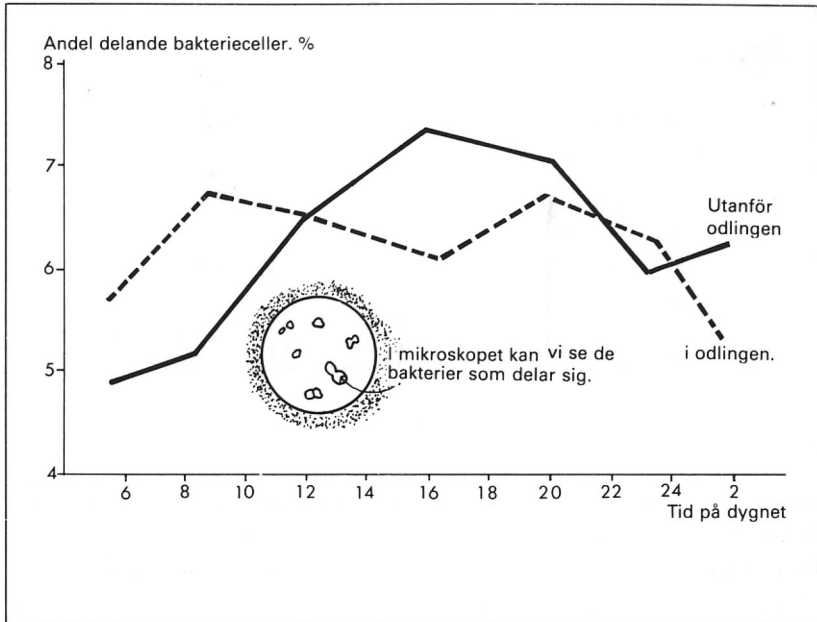
- A. Påverkar en musselodling de i vattenmassan frilevande bakterier-
nas mängd och aktivitet?
- B. Hur mycket organiskt partikulärt material faller ner på botten
under en musselodling?
- C. Förändras nedbrytningsprocesserna i sedimentet när man anlägger
en musselodling ovanför?

A. Miljarder bakterier i en liter havsvatten

Vi följde förändringarna i antal bakterier på tre meters vattendjup i en musselodling och utanför odlingen. Prover togs var fjärde timma. Till vattenproven sattes ett färgämne som färgade bara cellerna. I mikroskopet kan man lättare räkna bakterierna om de lyser med en röd färg. Antalet bakterier varierade mellan två miljarder och fyra miljarder per liter, vilket är normalt för kustnära vatten. Skillnaden mellan prover från odlingen och prover tagna utanför odlingen var liten. Möjligen kan man spåra en viss tendens till lägre värden i odlingen.

Bakterier delar sig och blir fler efter att ha bildat en tvärvägg i cellen (figur 24). I mikroskopet syns vilka bakterier som är på väg att dela sig; dessa har nämligen en tvärvägg eller början till en tvärvägg. Ju högre tillväxthastighet bakterierna har dess fler celler som delar sig finns det. Genom att beräkna andelen celler som delar sig får man ett mått på bakteriesamhällets medeltillväxt. I figur 24 syns hur andelen bakterieceller som delar sig varierar under dygnet i odlingen och utanför odlingen. Kurvan för odlingen är mer utslätad och varierar inte lika mycket som kurvan för området utanför odlingen. Detta betyder att dygnsproduktionen av bakterier ändå totalt sett blir ungefär lika stor i odlingen och utanför odlingen.

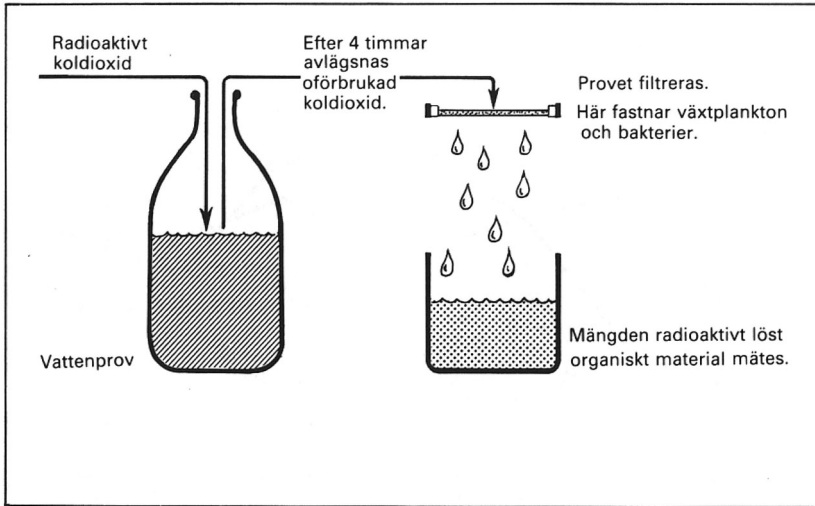
Ur dessa värden kan man beräkna bakteriernas tillväxthastighet. I medeltal hade bakterierna i området en fördubblingstid på 70 timmar. Det är en långsam tillväxt för bakterier men berodde säkert på den låga vattentemperaturen (+5°). Som väl är fördubblas inte antalet bakterier på 70 timmar eftersom balansen i ett ekosystem inte tillåter en sådan ohämmad tillväxt. Men det är viktigt att inse hur snabb bakteriernas tillväxtförmåga är. Om näringstillgången ökar så finns det alltid någon bakteriesort som kan reagera snabbt och växa till.



Figur 24

Tillväxthastigheter hos bakterier i vattenmassan i odlingen och i vatten utanför odlingen.

I ett tredje försök (figur 25) med de frilevande bakterierna tillsatte vi radioaktiv koldioxid till glasflaskor med vatten, dels vatten från odlingen och dels vatten från en plats utanför odlingen. Vi hissade sedan ner glasflaskorna till det djup på vilket vattnet hade tagits. Efter 4 timmar avlägsnade vi den radioaktiva koldioxid som inte hade förbrukats och filtrerade sedan vattnet. Mängden radioaktivitet som vi därefter kunde mäta i det filtrerade vattnet var ett uttryck för samspelet mellan växtplankton och bakterier. Växtplankton tar upp koldioxid (inklusive tillsatt radioaktiv koldioxid) i sin fotosyntes, varunder byggstenar för fortsatt tillväxt tillverkas. Samtidigt utsöndras en del av dessa byggstenar. I vårt försök kom en del av dessa att vara radioaktiva. Dessa lösta organiska ämnen kunde bakterier konsumera. Mängden i vattnet utsöndrade organiska ämnen beror av växtplanktonens produktion och storleken av bakteriernas konsumtion. Radioaktiviteten i det filtrerade vattnet ger ett mått på summan av dessa två processer. Mätningarna i odlingen visade även här i stort sett samma resultat som mätningarna utanför odlingen. Detta innebär att samspelet mellan växtplankton och bakterier inte påverkades av odlingen.



*Figur 25
Med radioaktiv koldioxid följer vi samspelet mellan växtplankton och bakterier.*

B. Ett "stilla snöfall" av organiskt material

På alla bottnar i havet sedimenterar organiskt material, t.ex. döda växt- och djurplankton. Detta material blir föda för bottenlevande djur och bakterier. De sedimenterande partiklarna börjar brytas ned av bakterier redan på sin väg ner mot botten.

En musselodling fungerar som ett partikelfilter för den vattenmassa som passerar genom odlingen. Planktonalger (växtplankton), detritus och bakterier filtreras av musslorna som producerar fekalier (spilling) som faller till botten.

För att mäta nedfallet under och utanför odlingen placerade vi ut sedimentationsfällor strax ovanför botten (se figur 23). Fällorna var gjorda av 10 cm tjocka plaströr som var förslutna nedtill. Efter två dygn tog vi upp fällorna. Mängden organiskt kol i fällorna bestämdes på laboratoriet. Sedan kunde vi beräkna den mängd organiskt kol som sedimenterar per kvadratmeter och dygn. Resultat från fyra olika provtagningstillfällen redovisas i tabell 3. Sedimentationen under en odling är alltid större än sedimentationen utanför odlingen, mellan nio gånger och en och en halv gång större. De stora variationerna mellan provtagningstillfällena beror bl.a. på mängden växtplankton i vattnet.

Datum	Odling	Ålder på odlingen (mån)	Gram organiskt kol per m ² och dygn	
			under odlingen	utanför odlingen
Oktober 1978	SO Tjuvholmen	15	2.9	1.7
Maj 1979	NV Tjuvholmen	12	3.7	1.0
September 1981	SV Brattebergssund	15	5.3	3.4
Mars 1982	SV Brattebergssund	21	3.6	0.4

Tabell 3
Resultat av sedimentationsmätningarna

I september 1981 fanns det fem gånger mer växtplankton än i mars 1982, vilket avspeglas i sedimentationsskillnaderna.

De sedimenterande partiklarna under odlingen innehåller klorofyll (växternas färgpigment) i en mer nedbruten kemisk form än de sedimenterande partiklarna utanför odlingen. Detta är ett tecken på att en musselodling fungerar som ett filter. Växtplankton filtreras av och används av musslorna. Resterna av växtplanktonen sjunker till botten som musselfekalier.

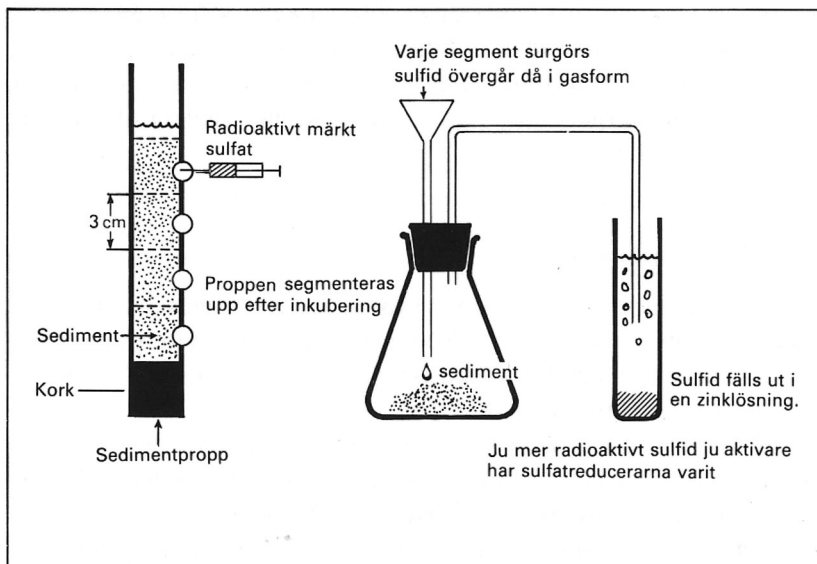
C. Det lever i sedimentet

Det stora nedfallet under en odling förändrar den kemiska och biologiska strukturen i sedimentet. Nedbrytningen håller inte jämna steg med ökningen i tillförsel av organiskt material. I ett musselsediment är bakterierna de viktigaste nedbrytarna.

Syre förbrukas vid nedbrytningen. Vid provtagningarna 1978 och 1979 fann vi att syret hade tagit helt slut i sedimentet under odlingen. När syret tar slut bromsas nedbrytningen. Sedimentationen av organiskt material fortsätter dock. Sedimentet under odlingen innehöll därför dubbelt så mycket organiskt material (25 % av torrvikten) som sediment utanför odlingen. Vi beräknade sedimentets tillväxt till 10–15 cm på 18 månader.

När syret tar slut i sedimentet fortsätter den bakteriella nedbrytningen med bakterier som använder andra molekyler än syre. Dessa kallas anaeroba bakterier. Sulfatreducerande bakterier är en grupp anaeroba bakterier som använder sulfat i stället för syre. Under dessa bakteriers andning bildas svavelväte i stället för vatten (se figur 23). Sulfat finns det gott om i havet; ofta är därför den bakteriella sulfatreduktionen en viktig nedbrytningsväg i sedimenten. När sedimentet blir syrefritt betingas nedbrytningshastigheten av sulfatreduktionen. Därför bestämde vi hastigheten på sulfatreduktionen (figur 26).

Sulfatreduktionshastigheten (mäts i enheten millimol sulfat per m^2 och dygn) var 25 i musselsedimentet och 5 i sediment på en referenspunkt. Den höga sulfatreduktionshastigheten i musselsedimentet leder till mycket höga halter av svavelväte, något som lätt känns på lukten. Svavelväte fäller ut järn, som ger kolsvart färg åt sedimentet. På sedimentytan fann vi vita fläckar som var samlingar av en bakterie som kallas *Beggiatoa* (se figur 23). Denna utviner energi genom att låta svavelväte reagera med syre. Att *Beggiatoa* lever på sedimentytan betyder att musselsedimentet är syrefritt och att vattnet ovanför det innehåller syre.



Figur 26
Mätning av bakteriell sulfatreduktion. Genom att tillsätta radioaktivt sulfat kan det producerade svavelvätet (sulfiden) mätas.

Sammanfattning och bedömningar

Stora mängder organiskt material faller ner under en musselodling. Ett sediment rikt på organiskt material och svavelväte byggs upp. Den anaeroba nedbrytningsprocess som tar över i bottensedimentet hinner inte bryta ned det organiska material som faller ned till botten under en musselodling. Sedimentundersökningen visade ett förändrat sediment under odlingen.

Mängd och tillväxt av de frilevande bakterierna i vattenmassan påverkades i ringa grad av det filter som en musselodling utgör.

Att bibehålla en helt oförändrad kustmiljö och samtidigt bruka den är svårt. Att undvika förändringar i sedimentet vid musselodling synes vara omöjligt.

En musselodling tillförs inte som en fiskodling föda. I stället skördar musselodlingen stora vattenvolymer på deras innehåll av partiklar, levande och döda. Vid musselodlingen koncentreras en sedimentation som normalt skulle ägt rum över ett större område till odlingsområdet.

7. MUSSELODLINGARS FUNKTION

Rutger Rosenberg och Lars-Ove Loo

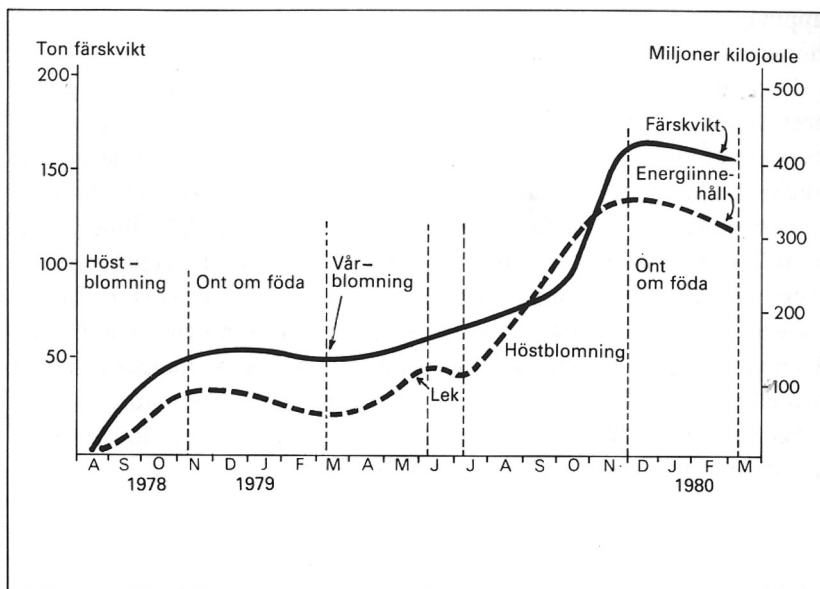
I detta kapitel beskrivs funktionen i ett musselsamhälle och några av de ekologiska sambanden mellan musslorna och deras omgivande miljö. Underlaget till denna artikel har successivt arbetats fram under arbetet i "musselprojektet". Det är baserat på resultat från olika vetenskapsgrenar och grundar sig delvis på vad som tidigare har redovisats i denna bok. I slutet av kapitlet finns några råd till musselodlare. Råden är baserade på ekologisk kunskap.

Den odling som beskrivs här är densamma som tidigare har omnämnts (se figur 5). Den anlades för en tänkt skörd av 200 ton musslor. Mussellarverna slog sig ner på banden i juni 1978. Den totala längden på banden var 30 kilometer. Låt oss nu studera odlingens funktion och beskriva den i energitermer. Med energi menas exempelvis följande: den mängd mat som musslorna äter under några minuter innehåller så mycket näring (energi) att det räcker att pumpa vatten genom musslan under en timme. Det är vanligt att energiinnehållet i våra livsmedel anges i kalorier, men på senare tid har detta börjat bytas ut mot joule: 1 kalori = 4,2 joule = 0,2 milligram torkat musselkött. Energiinnehållet i skalet utgör cirka 22 % av musslans totala energiinnehåll.

Odlingens tillväxt

I figur 27 visas musselodlingens tillväxt från sommaren 1978 till skörden i mars 1980. En kraftig ökning ägde rum under hösten 1978, men sedan minskade vikten något under vintern. Följande vår fördubblades energiinnehållet, och på hösten 1979 noterades den största ökningen, med över 200 %. Den goda tillväxten under hösten sammanföll med kraftiga blomningar av planktonalger av gruppen dinoflagellater. Under den sista vintern, 1979/1980, minskade musslorna åter i vikt.

Den största färskvikten i odlingen uppmättes i december 1979, då biomassan var 160 ton och energiinnehållet 350 miljoner kilojoule, vilket motsvarar ett energiinnehåll i musselkött av cirka 280 miljoner kilojoule. Detta skulle räcka som energi åt cirka 4000 personer under en vecka. Det framgår av figur 27 att den bästa tidpunkten för skörd



Figur 27

Tillväxt av en musselodling vid Tjärnö från 1978 till 1980 angivet som odlingens totala färskvikt i ton och som energiinnehåll med skal i miljoner kilojoule. Odlingen hade 14 lång-linor, vardera av längden 180 meter.

skulle ha varit i november-december. Per kvadratmeter blir vikten cirka 36 kilo, men denna siffra är beroende av hur tätt musselbanden sitter i odlingen. Vi antar nu att 25 % av den totala vikten kan erhållas som kokt musselkött. Detta ger 9 kilo kokt kött per kvadratmeter och teoretiskt 90 ton per hektar och odlingsperiod. Denna köttbiomassa kan jämföras med sädesodling på land, som avkastar cirka 4 ton per hektar och år, eller med fiske, som kan ge cirka 50 kg per hektar och år.

Musselodlingens tillväxt är beroende dels av tillgången på föda och dels av födans kvalitet. Planktonalger består i torkat tillstånd till ungefär hälften av protein, av avsevärt mer protein således än landväxterna. Planktonalger är fin föda för musslorna. Under tider med riklig förekomst av planktonalger (vår-höst) var vid Tjärnö mer än 95 % av proteinerna och kolhydraterna bundna i alger. Under årets tre vintermånader var planktonalgerna betydligt färre och då dominerades vattenmassan till 90 % av små partiklar av dött organiskt material. Vattnets energiinnehåll var under vintern endast en åttondel av vad som

uppmättes under algblomningarna. Denna säsongsvisa variation i näringstillgång avspeglas direkt i musselodlingens tillväxt (figur 27).

Den jämförelsevis höga primärproduktionen av planktonalger under året, drygt 200 gram kol per kvadratmeter, som har uppmätts i några kustområden i Bohuslän under de senaste åren har givit underlag för musslornas goda tillväxt under cirka nio månader av året. Vid Tromsø i norra Norge har man funnit att musslor som vid en fiskodling erhöll mattillskott även under vintern växte bra hela året. Temperaturen tycks således inte ha någon avgörande betydelse för tillväxten. I egna experiment har vi funnit att musslor pumpar vatten och tar upp föda även vid -1 grad. Vid höga koncentrationer av planktonalger i vattnet och/eller hög strömstyrka räcker maten till många musslor. Fördelningen av maten förstärks genom att musslornas pumphastighet minskar då partikelinnehållet i vattnet ökar (figur 3).

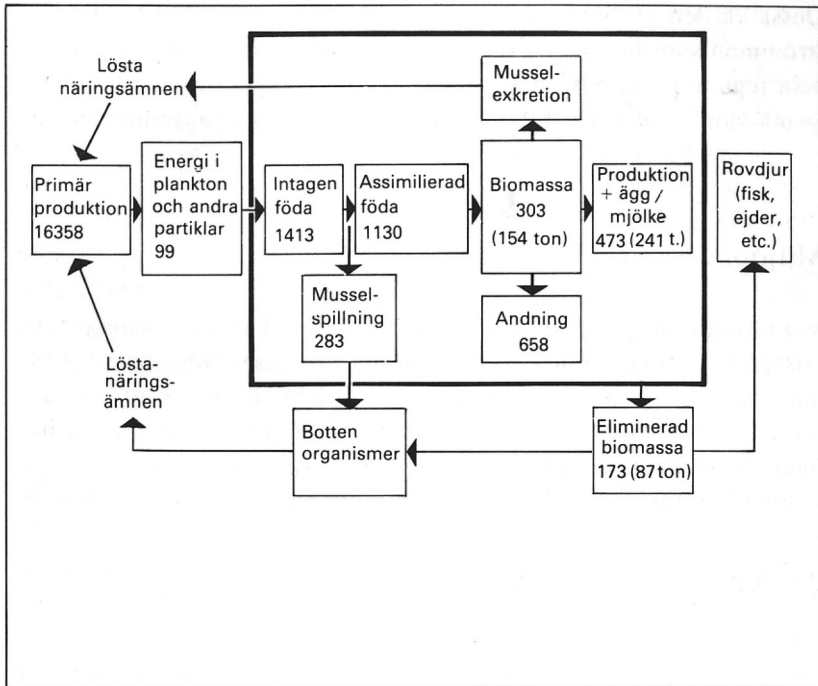
Produktion

Figurerna 10 och 27 visade odlingens tillväxt. Odlingen har emellertid *producerat* ännu mera musslor. Många har fallit till botten under tiden och andra har ätits upp exempelvis av fisk och ejder. Genom täta provtagningar kan produktionen av musselodlingen beräknas. Vid slutet av odlingsperioden var den totala produktionen drygt 1,5 gånger så stor som biomassan vid tiden för skörd. En vikt motsvarande drygt en halv musselodling vid skörd hade alltså gått förlorad under odlingsgången. Detta framgår av energiflödesdiagrammet i figur 28, vilket i princip är en utveckling av figur 8.

Energiflöde

De partiklar som musslorna filtrerar från vattenmassan utgör mängden *intagen* föda. En del av denna släpper musslorna ifrån sig som spillning, resten tas upp i musslorna – *assimileras* (se figur 28). Den assimilerade födan kan, något förenklat, delas upp enligt följande: en del av energin används för tillväxt och för utveckling av ägg eller mjölke (*produktion*), resten förbränns genom *andning* (cellernas aktivitet, pumpning av vatten etc.).

Musslornas andning är känd tack vare laboratorieexperiment. And-



Figur 28

Energiflödet i musselodlingen vid Tjärnö avsedd för en skörd av 200 ton. Musslorna med skal representeras av den stora fyrkanten i figuren och siffrorna är angivna i miljoner kilojoule för odlingsperioden augusti 1978–mars 1980 (571 dagar). Biomassan är från mars 1980 och siffror inom parantes anger ungefärliga färskvikten med skal. Siffrorna för planktonalgerna till vänster i figuren är angivna per kvadratmeter och kan således inte jämföras med de andra uppgifterna.

ningen beräknades för hela odlingsperioden om 571 dagar till 58 % av assimilationen och produktionen till 42 % av assimilationen. Musslorna förbränner således mer energi än de lägger på "hullet". Av uppgifter från andra undersökningar med blåmusslor och genom egna laboratorieexperiment fann vi att cirka 80 % av den intagna födan assimilerades och att 20 % blev spillning.

Den på detta sätt framräknade mängden musselspillning stämde väl med den mängd nedfallet material som uppmättes under odlingen. Kvantifieringen av energiflödet i musselodlingen i figur 28 tycks alltså stämma bra. I figuren anges även energiinnehållet i plankton och dött organiskt material i vattenmassan, i medelvärde för hela perioden, och primärproduktionen under de 571 dagar då odlingen undersöktes.

Dessa värden ger inte mycket i vad det gäller energiflödet, ty det är strömmen som för maten till musslorna och denna mat produceras i hela regionen. Kvoten mellan primärproduktionen och produktionen av musslor blir 0,2; det antyder strömmens betydelse i sammanhanget.

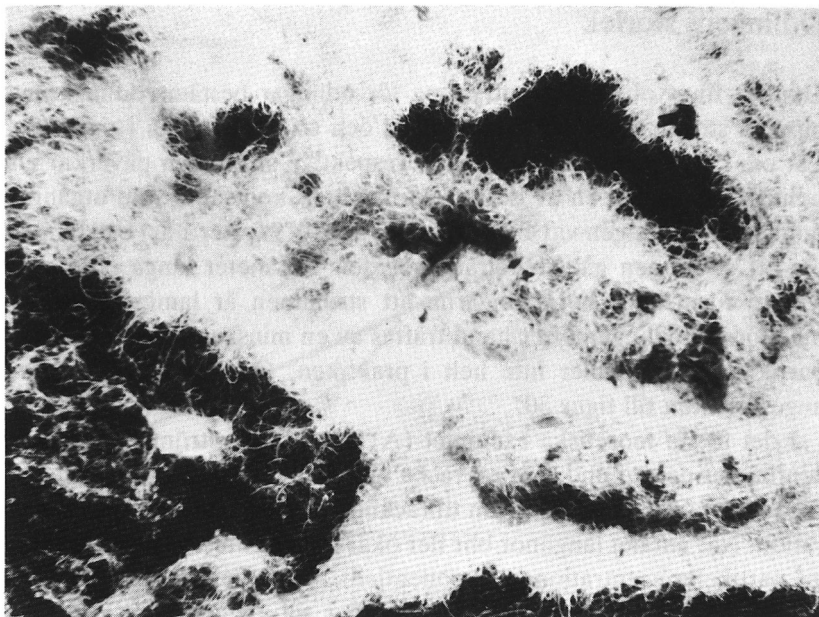
Miljöpåverkan

Vid musselodling tillförs inget miljöavfall av odlaren utan avfallsprodukterna kommer från havets naturliga processer. Musslornas spillning, som mest består av rester av planktonalger, bildar ett nytt bottenskikt ovanpå den ursprungliga botten. Musslornas exkretion i figur 28 kan liknas vid urin. I kapitel 5 visades att bottendjurens sammansättning ändrades; det blev färre arter och opportunistiska havsborstmaskar dominerade.

Detta medför att tillgången på mat för fiskar förändras. Emellertid utgör de musslor som ständigt lossnar från banden och faller till botten ett tillskott till fiskarnas föda. Vi kan anta att den del av produktionen som inte fanns kvar i form av musselbiomassa i odlingen vid skörden föll ner på botten. Det skulle då motsvara drygt en halv odling. Cirka 18 kilo musslor med skal skulle hamna på varje kvadratmeter bottenyta, motsvarande 7 kilo i torrvekt eller 1,4 kilo torkat musselkött. Efter ett år uppmättes vikten av levande musslor på botten till nära 10 kg/m². Detta är en födomängd som överstiger den som normalt produceras på dessa bottenar med flera tiotal gånger. Det är alltså inte underligt att torsk, ål och plattfisk ansamlas vid odlingen.

Den rika organiska halt som bildas av spillningen i bottenytan skall brytas ner av mikroorganismer. Vid denna process åtgår syrgas. Syret försvinner emellertid under långa perioder i botten. Svavelbakterier kan under dessa tider breda ut sig som bomullsmattor på botten (figur 29). Om en odling upphör eller avlägsnas från platsen återställs troligen den ursprungliga bottenmiljön med tillhörande djur inom 3–8 år. Det går snabbast på grunda bottenar med god vattenomsättning och tar längre tid på större djup.

Inom ”musselprojektet” har vi under olika säsonger mätt syret strax ovanför botten. Vi har genomfört dygnsmätningar och på morgonen registrerat minimumvärden. Inte vid något av dessa tillfällen har låga syrgashalter uppmätts i vattnet, och någon fara för de växter och djur som lever här har således inte förelegat.



Figur 29
Svavelbakterier (Beggiatoa) uppträder som vita mattor på botten under odlingen vid Tjärnö. (foto L. O. Loo)

Hot mot musslor

Ett hot mot odlade fiskar och musslor utgör vissa arter av giftiga planktonalger av gruppen dinoflagellater (se kapitel 8). En planktonart, *Gyrodinium aureolum*, har i ökande frekvens uppträtt bl.a. i Nordsjön och vid norska kusten på senare år. I Norge har odlad fisk dött i stor mängd, bl.a. 1981 och 1982. Vid svenska kusten påträffades denna alg lokalt i stora tätheter i oktober 1981. I en musselodling vid Grebbestad dog vid detta tillfälle uppskattningsvis över 50 ton musslor. Den troliga orsaken var *Gyrodinium*. Antingen har denna genom giftverkan dödat musslorna eller också har syret tagit slut i vattenområdet till följd av allt för stora mängder av dinoflagellater. Norska undersökningar anger att det är alger som dödar fisken; inga kritiska syrgashalter har nämligen uppmätts i odlingarna.

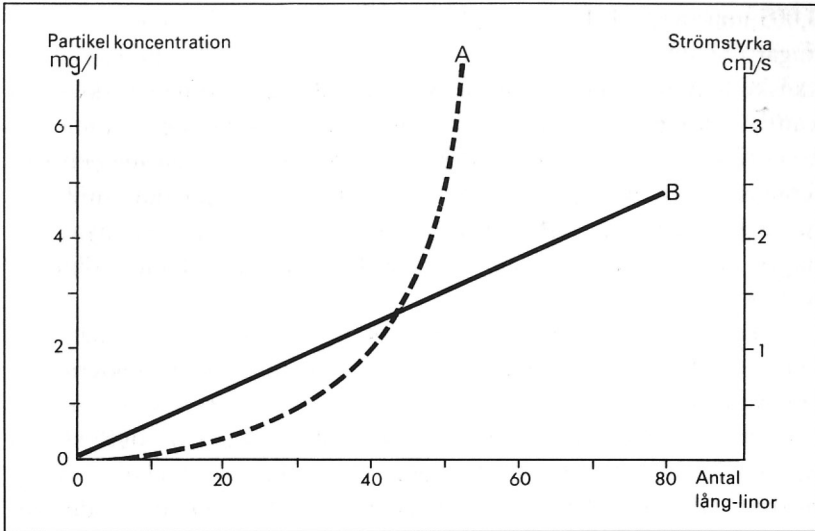
Odlingens storlek

Om det finns obegränsat utrymme för odlingar bestäms odlingarnas möjliga storlek av födokoncentration och av strömstyrka i området. Låt oss i ett exempel se hur födan respektive strömmen påverkar en odlings storlek om en av dessa faktorer hålls konstant. Som utgångspunkt tar vi odlingen vid Tjärnö sommaren 1979 (efter 1 år) och tänker oss att strömmen går vinkelrätt mot den 180 meter långa odlingen. Vidare förutsätter beräkningarna att strömmen är laminär och att musslorna i odlingen efter hand träffas av en minskande mängd födopartiklar. Detta gäller inte helt i praktiken. Övriga förutsättningar anges i texten till figur 30.

I det första teoretiska exemplet (A) antar vi att strömstyrkan är 1 centimeter per sekund. För att räkna till mat åt ett ökat antal långlinor med blåmusslor är det i början tillräckligt med en låg partikelkoncentration. När antalet långlinor blir fler ökar den för musslorna nödvändiga partikelkoncentrationen exponentiellt. I det andra exemplet (B) anger vi koncentrationer av födopartiklar till 1,1 miligram per liter vatten. Om antalet odlingslinor ökar så ökar strömstyrkan linjärt. Diagrammet visar exempelvis att en strömstyrka av 1 centimeter per sekund under dessa förutsättningar, teoretiskt sett, skulle kunna försörja musslor på 30 långlinor med tillräckligt med mat för att dessa skulle kunna bibehålla vikten. För ökning av vikten krävs en något starkare ström. Om vi vill dubbla antalet långlinor från 30 till 60, fordras antingen en fördubblad strömstyrka eller en flerfaldig ökning av födokoncentrationen. Sålunda kan vi konstatera att strömstyrkan teoretiskt sett har en avgörande betydelse för hur stora odlingarna kan göras.

Vi behåller de förutsättningar och begränsningar som har angivits ovan och beräknar nu vilken strömstyrka som fordras för att en odling som den som undersökts skall filtrera bort alla partiklar från vattnet. Under sommaren 1979 hade det behövts en ström på 0,1 centimeter per sekund och under hösten den dubbla styrkan. Strömstyrkan i området var vanligen 2–3 meter per sekund. Vid dessa tidpunkter var således inte födan någon begränsande faktor för odlingens tillväxt.

Vi kan gå vidare och ställa frågan: hur mycket minskar partikelkoncentrationen vid passage av musselodlingen under olika strömstyrkor? Teoretiskt sett skulle reduktionen vid tidpunkten för musslornas största tillväxt under hösten 1979 bli 21, 11 och 5% i de respektive strömstyrkorna 1, 2 och 4 centimeter per sekund. Vi har även beräknat



Figur 30

Partikelkoncentrationer i milligram per liter (kurva A) och strömstyrkan i centimeter per sekund (kurva B) i relation till antalet lång-linor med blåmusslor. Med partiklar avses planktonalger och dött organiskt material. Följande siffror ligger till grund för beräkningen:

	A	B
Längd av lång-lina	180	180 meter
Djup	6	6 meter
Strömstyrka	1	Y cm/sek.
Avstånd mellan banden	0,5	0,5 meter
Antal musslor	518	518 per meter
Filtreringshastighet	3,2	3,2 liter/timme
Partiklar före odlingen	Y	1,1 milligram/liter
Partiklar efter passagen	0.05	0,05 milligram/liter
Antalet lång-linor	X	X

hur många långlinor som teoretiskt skulle kunna sättas ut med bibehållen tillgång på tillräckligt med mat för varje enskild mussla. Med en assimilationseffektivitet på 80 % skulle antalet långlinor under hösten 1979 ha kunnat vara 55, 110 och 220 i de respektive strömstyrkorna 1, 2 och 4 centimeter per sekund. Enligt dessa teoretiska exempel skulle alltså odlingen kunna utökas betydligt med bibehållen tillväxt.

Inom "musselprojektet" har vi mätt mängden planktonalger och dött organiskt material (detritus) vid 31 tillfällen, strax utanför odlingen och mitt i odlingen. Mitt i odlingen hade partiklar som var mindre än 0.2 mm minskat i genomsnitt med 30–50 % och partiklar under

0,005 mm med 15–40 %. Liknande reduktioner har uppmätts vid odlingar i Spanien. Om vattenmassan hade passerat hela odlingen skulle kanske hälften av maten ha filtrerats från vattnet. Odlingen skulle ha kunnat vara ungefär dubbelt så stor i detta avgränsade område och ändå tillväxt. Denna bedömning gäller emellertid endast för den vattenmassa som passerar odlingen. Om en odling anlades intill den ovannämnda och om den vattenström som passerade den ”nya” odlingen inte berördes av andra odlingar, skulle även denna odling få tillräckligt med mat.

Utgående från dessa resultat kan man konstatera att odlingarna i områden med medelströmstyrkor på 2–3 centimeter per sekund inte bör vara större än för en beräknad skörd av cirka 400 ton, om musslorna skall ta sin mat av samma vattenmassa. Vid högre strömstyrka bör odlingen kunna vara något större. Flera odlingar av denna storlek kan emellertid läggas i linje under förutsättning att alla odlingarna får ett ”nytt” vatten, vatten som inte har passerat någon annan odling.

Det finns således mat tillräckligt för att ha musselodlingar av stor omfattning i Bohuslän. Begränsningen vid odling i skärgården utgörs främst av att andra intressegrupper vill använda dessa vatten för andra ändamål (se kapitel 13). Det borde emellertid vara möjligt att finna platser för odling av omkring 50 000 ton musslor i Bohuslän, om kommuner och länsstyrelse är positiva och hjälper till att ta fram lämpliga odlingsområden. Om musselodling visar sig vara lönsam och om den skapar nya arbetstillfällen kommer säkert allt fler att hjälpa till med att utveckla denna nya näringsgren. Då kan utrymme kanske beredas för en än större odlingsvolym.

Ekologiskt inriktade råd för odlare

1. Odlingar skall placeras i områden som är fria från föroreningar, såsom gifter och sjukdomsalstrande bakterier. Odlingen bör vara skyddad från kraftig sjöhävning och kraftiga isrörelser.
2. De band som skall fånga mussellarver bör hängas ut i början av juni. Tidpunkten kan emellertid inte preciseras. Tiden för fastsättning varierar nämligen mellan olika år och mellan olika platser. God fastsättning förekommer ner till minst 6 meters djup. Om banden sätts ut för tidigt är risken stor för att alger och sjöpungar skall sätta sig fast och försvåra etableringen av musslor.

3. Långlinorna bör placeras vinkelrätt mot strömmen. God tillväxt under en odlingsperiod bör erhållas för odlingar som är avsedda för en skörd av cirka 400 ton i områden med medelströmstyrkor av 2–3 centimeter per sekund. Flera odlingar kan placeras i samma vattenområde under förutsättning att de inte tar sin mat från samma vattenmassa. Banden får inte vara i kontakt med botten.
4. Om odlingar placeras i områden med höga strömstyrkor, omkring 10 centimeter per sekund, blir vikten på banden stor. Odlingen måste göras bärkraftig.
5. Musslornas tillväxt är beroende av födans mängd och kvalitet och av strömmen. Musslorna tillväxer ungefär från mars till december; födobristen under cirka tre vintermånader innebär att musslorna minskar i vikt. Våra undersökningar visar att den lämpligaste skördeperioden bör vara i november-december när odlingen är cirka 1,5 år. Skörden kan även utsträckas till tiden mellan november och april. Medellängden av musslorna på övre delen av bandet bör då vara cirka 6 centimeter.
6. Skörd bör ske innan odlingen blir två år. Om odlingen får hänga ute längre ökar påväxten av sjöpungr kraftigt.

8. KAN PLANKTONALGERNA VARA GIFTIGA?

Lars Edler

Planktonalgerna i havet är inte någon enhetlig grupp av organismer. De representerar en rad olika divisioner av växtriket, lika skilda åt som en blåklocka och en mossa. Därför är det inte konstigt att de uppträder vid olika tidpunkter av året, reagerar olika för ljus, temperatur och näring och utsöndrar olika ämnen. Hos några av planktonalggrupperna finns arter som producerar och avger giftiga ämnen.

Av de planktonalger som finns på svenska västkusten är det arter av två alggrupper, blågrönalger och dinoflagellater (pansarflagellater), som kan ha förmågan att producera giftiga ämnen (toxiner). Den tredje stora och viktiga planktonalggruppen, kiselalger, bildar inga giftiga ämnen under sin livsprocess. Men kiselalgerna kan, liksom alla de andra planktonalgerna, indirekt ha en giftverkan för annat liv i havet. Ibland händer det att algerna växer mycket snabbt och bildar en väldigt stor biomassa. Nedbrytningen av detta organiska material är en syrekrävande process. Är mängden organiskt material mycket stor kan syrebrist uppstå i vattnet, och det är till skada för det marina djurlivet. Vid alltför låga syrekoncentrationer i vattnet dör djuren, och detta kan ses som en förgiftning, orsakad indirekt av algerna.

Blågrönalger

Blågrönalger har egentligen en ganska begränsad utbredning i marina vatten. I Östersjön är de däremot mycket vanliga och ger upphov till mycket stora blomningar. Eftersom Östersjön står i förbindelse med Västerhavet uppträder vid enstaka tillfällen blågrönalgbloomingar också där. I samband med blomning av blågrönalgen *Nodularia spumigena* längs Jyllands kattegattkust har man konstaterat förgiftning av hundar som har uppehållit sig bland de drivande sjoken av *Nodularia*

längs stränderna. Några hundar dog till och med. Man kunde dock inte påvisa toxiska effekter av *Nodularia spumigena* när man sedan gjorde laborietester och sambandet mellan hundförgiftningarna och algerna är inte helt klarlagt. På samma sätt har det inte varit möjligt att i laboriet framkalla de allergier som drabbade vissa människor som badade i blommande *Nodularia*.

För musslorna har blågrönalgerna, så vitt man vet, inga skadliga effekter. Det finns inga rapporter om att blågrönalger skulle påverka musslorna eller att musslorna skulle kunna kontamineras med blågrönalgtoxin. Ett ännu klarare skäl till varför inte musslorna på västkusten och framför allt inte musslorna i Bohuslän behöver anses hotade av blågrönalger är att dessa alger förekommer mycket sparsamt i Västerhavet.

Dinoflagellater

Det är inom denna grupp av alger man kan finna arter som vid vissa tillfällen kan utgöra ett hot mot musselnäringen. Men det är bara en liten del av de cirka tusen arterna som kan producera gift. Man känner till ungefär tjugofem stycken. Av dessa är det flera som inte har med musslorna att göra, de har dock effekter på andra marina djur.

Att musslor kan vara farligt att äta om de är kontaminerade med giftiga dinoflagellater är inte något nytt. Inom marinbiologin har man ägnat sig åt detta problem i flera decennier. Befolkningen längs kusterne har genom lång erfarenhet lärt sig att skydda sig mot förgiftning. Det finns flera exempel på det, framför allt från Nordamerika där giftiga dinoflagellater uppträder regelbundet. En fransk advokat skrev redan 1609 att indianerna i Nova Scotia hellre än att äta musslor svalt eller åt sina hundar. På den amerikanska västkusten hade vissa indianstammar vakter på nätterna. De hade till uppgift att spana efter mareld – ett tecken på mycket dinoflagellater i vattnet. När marelden uppträdde lät man bli att äta musslor.

Från Alaska finns en legend, som berättar att indianerna blev av med en grupp besvärliga ryska nybyggare genom att bjuda dem på musselfest. Detta hände vid ett sund som i dag kallas Peril Straits (peril = risk, fara), ett namn som har förbryllat sjömän eftersom de inte har funnit några navigationsproblem där. Däremot påträffade man för några år sedan extremt giftiga musslor i området.

”Red tide”

Fenomenet ”red tide” kopplas i första hand till blomningar och massförekomster av dinoflagellater. Inte sällan kan de få skadliga effekter både för det marina livet i övrigt och för oss människor. De toxiner som produceras av vissa av dinoflagellaterna kan, om de förekommer i tillräckligt höga koncentrationer, antingen direkt förgifta de djur som får dem i sig eller utan effekt lagras i djuren. Först när människan får dem i sig, till exempel genom att äta kontaminerade musslor, ger toxinet upphov till förgiftning.

I tropiska havsområden finns dinoflagellater vilkas gift ansamlas i växtätande korallrevsfiskar. Giftet förs sedan vidare i näringskedjan till köttätande fiskar och kan slutligen orsaka sjukdomen ciguatera hos människan. Enligt officiella rapporter drabbar ciguatera ca två tusen människor per år i Stilla-Havsområdet.

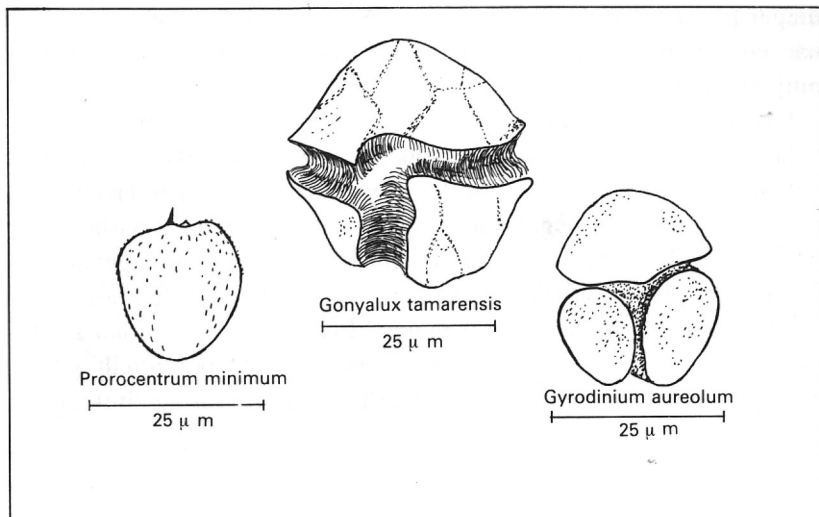
Längs Floridas kuster är ”red tides” vanliga. Det är den giftiga arten *Gymnodinium breve* som nästan varje år uppträder i mycket stort antal. *Gymnodinium*-giftet har direkt verkan på fisk och orsakar nästan varje år omfattande fiskdöd. Toxinet verkar också på andra marina djur men tycks ha liten verkan på musslor. Det händer emellertid att luftburet havsspray med toxiska partiklar ger människor andningsbesvär och ögonirritationer.

Fiskdöd

En dinoflagellat som har orskat omfattande skador är *Gyrodinium aureolum* (figur 31). Den har i sen tid invandrat till europeiska havsområden. Före 1966 hade man inte påträffat den här, men sedan dess har den haft åtskilliga mycket kraftiga blomningar, framför allt kring Irland och Skottland och i Nordsjö-Skagerrak-området.

I samband med massförekomsterna har fiskdöd ofta rapporterats. Bara de allra senaste åren har man drabbats svårt i Norge. Det är främst i fiskodlingar som verkan är stor, men också vild fisk har slagits ut och även andra marina djur, t.ex. sjöstjärnor.

Länge har man trott att effekterna på fisk var en följd antingen av att *Gyrodinium aureolum* förbrukade syret i vattnet under natten och därigenom ”kvävde” fisken eller av att algen producerade ett slem som vid kontakt med fisken påverkade denna. Något toxin hade man inte funnit. Helt nyligen har man emellertid i Skottland funnit att *Gyrodini-*



Figur 31
 Dinoflagellaterna Gyrodinium aureolum, Prorocentrum minimum och Gonyaulax tamarensis, vilka kan döda respektive förgifta musslor.

um aureolum i vissa fall kan ha en akut giftverkan, och man har påvisat toxin i dödade fiskar. Vilken sorts gift det är vet man inte och inte heller hur det verkar, annat än att det dödar vävnader vid fysisk kontakt. Fiskarnas gälar är därför främst utsatta. Det är inte omöjligt att fiskarna får ett ökat syrebehov när de påverkas av giftet, så stort att normalt tillfredsställande syrgashalter i vattnet inte räcker till.

För musslor farliga alger

Giftiga dinoflagellater som kan ha allvarliga konsekvenser för musselodlingen är i första hand några arter av släktet *Gonyaulax*. Men det finns också arter av andra släkten, t.ex. *Prorocentrum*, som kan ställa till besvär (figur 31). Karaktäristiskt för dessa dinoflagellater är att deras gift inte påverkar musslorna utan att det ger sig till känna först hos människor som äter musslorna.

Förutsättningen för att musslor skall bli kontaminerade är att koncentrationen av den toxiska algen i vattnet är mycket stor. Hur stor är omöjligt att säkert fastställa. Man har sett toxiska effekter efter blom-

ningar på ca 100 000 celler per liter, men effekter har också uteblivit när en potentiellt giftig art har haft koncentrationer på åtskilliga miljoner celler per liter.

Det verkar alltså som om en och samma dinoflagellat inte alltid behövde vara giftig. Ibland producerar den gift, ibland inte. Det betyder att en art, t.ex. *Gonyaulax tamarensis*, som är känd som giftig inte behöver utgöra någon fara, även om den blommar i närheten av en musselodling. Just *Gonyaulax tamarensis* är en dinoflagellat som förekommer längs svenska västkusten, men vanligtvis inte i höga koncentrationer. Det finns heller inga uppgifter om att musslor har kontaminerats av den. Inte heller några andra av de potentiellt giftiga arterna i svenska vatten har med säkerhet rapporterats ge effekter hos oss.

Förgiftning av människor

Den förgiftning som drabbar en person som har ätit kontaminerade musslor kallas PSP (*Paralytic Shellfish Poisoning*). Som framgår av namnet blir man mer eller mindre allvarligt paralyserad. I lindriga fall känner man en lätt förlamning i mun, läppar, ansikte och extremiteter, vanligen åtföljda av kräkning och diarré. I allvarligare fall kan också muskelförsvagning och andningsbesvär uppkomma. Giftet verkar direkt på nervsystemet och blockerar natriumjontransport. Symtomen uppträder snabbt, oftast inom en halvtimme och åtminstone inom några få timmar.

Än så länge finns det ingen direkt behandlingsmetod mot PSP. Att magen töms på sitt innehåll, att konstgjord andning ges, att behandling för chock sätts in och att patienten ges alkaliska vätskor att dricka är de behandlingar som brukar tillgripas.

Fram till för några år sedan trodde man att giftet huvudsakligen var saxitoxin, men nu känner man till åtskilliga likartade substanser som i många fall är giftigare än saxitoxinet. Alla substanserna är mycket aktiva gifter. Saxitoxinet sägs t.ex. vara 100 000 gånger giftigare än kokain och 50 gånger giftigare än curare. Ett bevis för dess giftighet är att den amerikanska U2-piloten, som blev nedskjuten över Sovjet 1960, hade en självmordskapsel innehållande saxitoxin.

Trots att giftet är så pass verksamt är antalet PSP-fall världen över relativt begränsat. En grov skattning av spridda uppgifter stannar vid ungefär 3 000, av vilka ca 500 med dödlig utgång. En annan jämförel-

segrund är att ca 7% av samtliga matförgiftningar per år i USA har med dinoflagellater att göra. Siffran omfattar då både PSP och ciguatera.

Risk i Sverige?

Så vitt man vet har det inte förekommit förgiftning till följd av dinoflagellatkontaminerade musslor i Sverige, även om potentiellt giftiga arter uppträder här. Över hela världen tycks dock dinoflagellatproblemen öka sedan ungefär tio, femton år tillbaka, både blomningarnas intensitet och deras utbredning. Hos oss har det märkts genom att arter som tidigare inte var kända här under de senaste åren har utvecklat omfattande blomningar på västkusten. Risken för att vi ska drabbas av PSP är ändå inte särskilt stor. Vi vet ganska väl när dinoflagellatblomningarna kan förväntas, på försommaren och under de tidiga höstmånaderna. Om man undviker att skörda musslor vid dessa tider är riskerna mycket små. Musslorna kontamineras mycket snabbt av dinoflagellaterna men blir också snabbt av med giftet. Självfallet beror det på hur länge dinoflagellatblomningen pågår, men antagligen kontamineras och dekontamineras musslorna på cirka en månad.

9. PARASITER I BLÅMUSSLA

Jan Thulin

I en värld som vår där det ena djuret jagar och äter upp det andra och där både djur och växter sedan årtusenden tillbaka står i beroendeförhållande till varandra är det inte underligt att det också finns organismer som livnär sig av andra utan att döda sitt byte eller, rättare sagt, sitt värddjur. Faktum är att det finns ytterst få djur i vilka man inte har påträffat de organismer som kallas parasiter. Det finns till och med parasiter som själva har parasiter. Man kan med andra ord konstatera att parasiter är lika vanliga som övriga djur och att ett parasitiskt levnadssätt är lika vanligt som andra levnadssätt. De flesta parasiter är dock små och lever ofta inne i sina värddjur.

Under årtusenden har parasit och värddjur utvecklats tillsammans till att leva i ett balanserat förhållande. Rubbas denna balans, t.ex. genom ett mänskligt ingrepp i ekosystemet, kan en annars harmlös parasit plötsligt bli dödligt farlig för sitt värddjur.

Former av parasiter

Många av de flercelliga parasiterna tillhör de masklika djurgrupperna. Binnikemaskar och sugmaskar är alla parasiter. Gruppen rundmaskar innehåller både vanligt levande och parasitiska former. När man till vardags talar om kräftdjur tänker man framför allt på de olika skaldjur som de flesta av oss anser vara delikatesser. Men även inom denna djurgrupp finns det många parasitiskt levande former. De flesta av dessa är emellertid så starkt omvandlade för sitt parasitiska levnadssätt att de endast med svårighet kan igenkännas som kräftdjur.

En del parasiter har direkt utveckling: från ett ägg kommer en unge som direkt växer upp till en fullvuxen parasit. De flesta parasiter har emellertid en komplicerad livscykel som omfattar en eller flera larvstadium i olika värddjur, mellanvärdar, innan parasiten når fullvuxet stadium i en lämplig slutvärd.

Musslornas parasiter

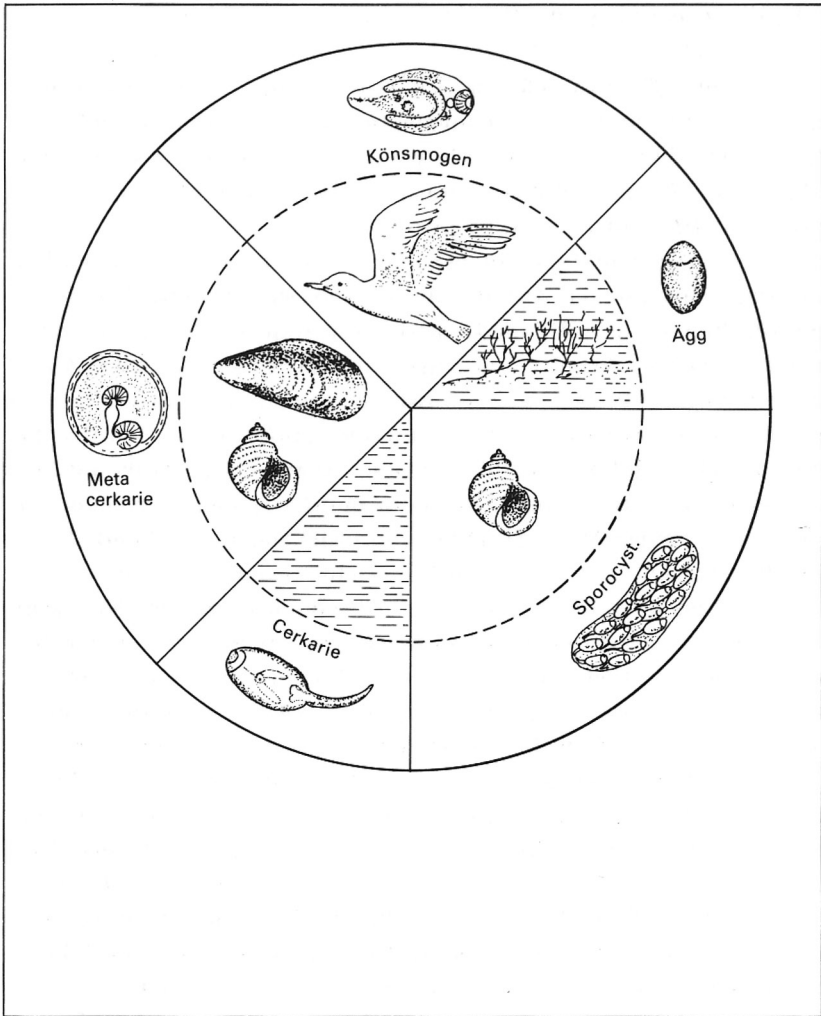
Blötdjuren, till vilka snäckor och musslor hör, fungerar ofta som mellanvärdar framför allt för sugmaskar men även som slutvärdar för flera andra olika parasiter. Det är således inte så underligt att det finns åtminstone ett tjugotal olika parasiter i den vanliga blåmusslan, rapporterade från olika ställen på jorden.

Av ett drygt hundratal vetenskapliga rapporter om parasiter i blåmusslan behandlar ett åttiotal biologin hos och skadeverkan av ett parasitiskt kräftdjur, *Mytilicola intestinalis*, som parasiterar i musslornas tarmsystem. Även om en enda av dessa parasiter kan orsaka en mätbar negativ effekt på en mussla så orsakar parasiten allvarliga problem först när parasitantalet i en mussla uppgår till 10 eller fler. Då sker nämligen en markant nedsättning av musslans tillväxthastighet och musselköttets kvalitet. Dessutom minskar musslans förmåga att producera byssustrådar, de trådar som fäster musslan vid underlaget. Denna egenskap är ju oerhört viktig framför allt då musslor odlas på rep. Kraftiga angrepp av *Mytilicola* hos repodlade musslor har utomlands resulterat i att de angripna musslorna har ramlat av repen och dött. Inom områden där *Mytilicola* förekommer har den inom vissa musselodlingar spridit sig som en epidemi och har då kunnat orsaka stora ekonomiska förluster för odlarna. Larverna hos *Mytilicola*, som har en direkt utveckling, har en tendens att vistas vid botten och att där söka sitt värddjur, musslan. Detta innebär att bottenlevande musslor löper större risk att angripas av *Mytilicola* än repodlade musslor.

Även om ett flertal olika parasiter har påträffats hos blåmussla så är det hittills enbart *Mytilicola* som har konstaterats ha sådan effekt på blåmussla att storleks- och konditionsnedsättning har kunnat påverka marknadsvärdet av musslan. Ingen av de parasiter som har påträffats i blåmussla kan vare sig infektera eller på annat sätt skada en människa. De är med andra ord helt ofarliga för oss.

Musselparasiter i Sverige

I Sverige har hittills endast en parasitologisk undersökning av blåmussla publicerats. Den utfördes på musslor från fyra olika lokaler på västkusten och ett av syftena med undersökningen var just att utforska



Figur 32

Livscykeln för sugmasken *Rencicola roscovita*. Den vanliga strandsnäckan fungerar som parasitens 1:a mellanvärd. I denna produceras, vanligen under mer än ett år, frisimmande parasitlarver, cercarier, som har en livslängd på ca ett dygn. De drygt millimeterstora cercarierna hamnar i t.ex. en blåmussla och övergår där i ett passivt stadium, metacerkariestadiet. I detta inkapslade stadium kan parasiten förbli troligen under flera år. För att parasiten skall kunna utvecklas vidare krävs nu att dess värddjur, musslan, blir uppäten av en lämplig slutvärd, en måsfågel. I fågelns njurgångar når parasiten på ca 40 dygn sitt fullvuxna och köns mogna stadium, den kan börja producera ägg, som lämnar måsen, och dess livscykel är slut.

om *Mytilicola* förekom i musslor i de berörda bestånden.

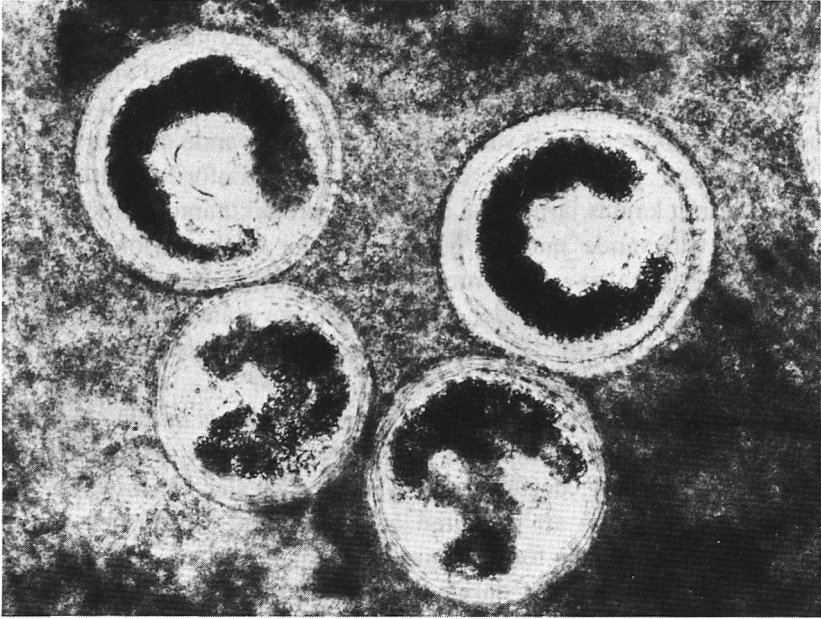
Vid denna undersökning jämfördes parasitförekomsten i repodlade musslor med parasitförekomsten i ett viltlevande bestånd vid Tjärnö, söder om Strömstad. De odlade musslorna togs från repet 1–2 meter under ytan; bottendjupet var 15 meter. De viltlevande musslorna togs från botten på 1 meters djup. Samtidigt jämfördes viltlevande musslor från kajens järnpelare i Scanraffs produkthamn utanför Lysekil med viltlevande musslor från en lokal i Gullmarsfjorden. Bottendjupet vid kajen var 15 meter; de undersökta musslorna satt på järnpelarna 1–2 meter under ytan. Musslorna från Gullmarsfjorden togs på 1 meters djup. 100 musslor från vardera lokalen undersöktes; medellängden var omkring 7,5 cm.

Ingen av de 400 musslorna härbärgerade *Mytilicola intestinalis*. Detta resultat utesluter naturligtvis inte en förekomst av denna parasit i svenska blåmusslor; det undersökta antalet lokaler och musslor var litet. Med tanke på att parasiten är rapporterad i Danmark är det tvärtom troligt att den förekommer även här.

En annan parasit som däremot är mycket vanlig i bottenlevande blåmusslor på de undersökta lokalerna är larvstadiet av en sugmask som heter *Renicola roscovita*. Som framgår av figur 32 börjar och slutar denna parasits livscykel i en måsfågel; den vanliga strandsnäckan är första mellanvärd och blåmusslan kan vara andra mellanvärd.

Med några undantag var alla bottenlevande musslor angripna av denna parasit. Endast tre av de odlade och en av de vid Scanraff undersökta musslorna innehöll enstaka exemplar. Parasiten, som i musslan förekommer i ett cyststadium, metacerkariestadiet (figur 33), påträffades framför allt i musslans munflikar, gälar och mitt-tarmskörtel. De flesta musslorna hade mellan 10 och 300 exemplar av *R. roscovita*; en mussla befanns ha ca 6700 parasitlarver i sig. Några vävnadsförändringar på grund av parasitangrepp kunde emellertid inte konstateras i någon av de undersökta musslorna. Orsaken till att så få parasitlarver påträffades i de odlade musslorna och i de musslor som förekom på kajpelarna var att det då bottendjupet är stort sällan förekommer några strandsnäckor som kan fungera som parasitens första mellanvärd. Därmed är parasitens livscykel bruten.

Sammanfattningsvis kan sålunda konstateras att det inte alls är ovanligt med parasiter i blåmussla, men att repodlade musslor i Sverige, enligt de uppgifter vi har i dag, har avsevärt färre parasiter än de viltlevande. Dessutom kan konstateras att inga av de parasiter som förekommer i mussla på något sätt kan skada en människa. Det är inte



Figur 33

Metacerkariocystor av Rencicola roscovita i mittarmskörteln i en blåmussla. Bilden är tagen i ljusmikroskop och cystornas diameter är drygt 1 mm.

heller troligt att en konsument över huvud taget upptäcker någon parasit ens i den kraftigast angripna musslan.

10. SJÖFÅGEL GILLAR OCKSÅ MUSSLOR

Olof Pehrsson

Vår svenska västkust har ett rikt fågelliv. I slutet av 1960-talet inräknades vid inventeringar närmare 50 000 häckande par av olika arter i skärgården från Strömstad till Vallda Sandö söder om Göteborg. Under vinterhalvåret kommer en lång rad andra arter. Detta rika fågelliv beror på god näringstillgång. Blåmusslan utgör en viktig födo-bas för flera fågelarter. Blåmusslan omvandlar växtplankton till mus-selkött som direkt kan konsumeras av fåglar. Fåglarna äter även strandkrabbor och sjöstjärnor som också lever av blåmusslor. Alltse-dan inlandsisen lämnade vår kust har fåglarna ätit blåmusslor där. Därom vittnar skalrester i våra skalgrusbankar. Men det är först i våra dagar som fåglarna har fått en allvarlig konkurrent om musselköttet – människan. Det är således inte länge sedan människan började gilla musslor!

Vilka fåglar äter blåmusslor?

Det är främst dykänderna som har möjlighet att hämta upp musslor från mer eller mindre djupt belägna musselbankar. Havsänderna, d.v.s. ejder, alfågel, sjöorre och svärta, håller främst till i den yttre skärgården; knipa, vigg och bergand ses i innerskärgården. Under kalla vintrar kan också mera utpräglade vegetarianer som sothöna och till och med knölsvan försöka livnära sig av blåmusslor. Det finns en gammal skildring av hur svanar vintertid äter ”brens”, unga blå-musslor. Där blåmusslor går upp till vattenytan kan också strandskatan och dessutom gråtrut och kråka utnyttja denna födoresurs. De två senare arterna har tagit ejdern till hjälp för att komma åt de större

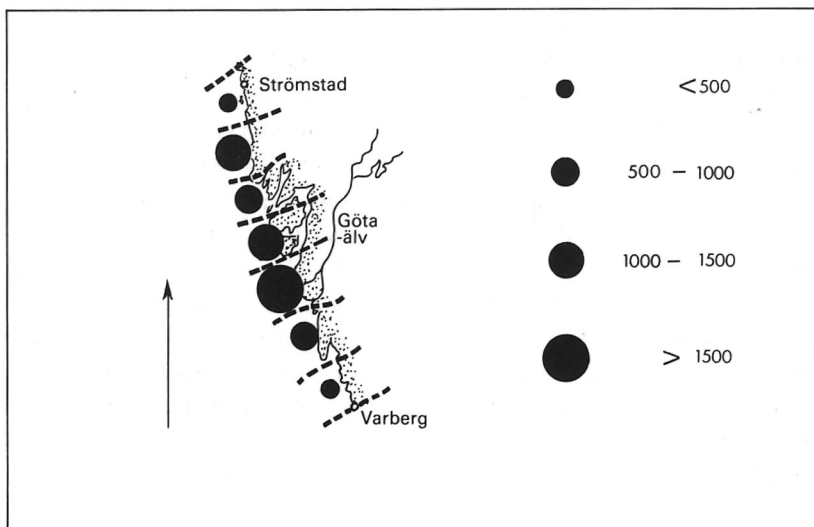
blåmusslorna, som finns på djupare vatten. När ejdrar kommer upp till vattenytan med så stora musslor att de inte genast kan sväljas passar gråtruten på att stjäla musslorna. Men för att komma åt det av skalet skyddade innehållet måste gråtruten släppa musslan från luften mot en klippa så att skalet går sönder. Ofta hamnar då musslan på grunt vatten, och där kan kråkan hitta musslan vid lågt vattenstånd. Sedan använder kråkan samma metod som gråtruten för att komma åt innehållet.

För de flesta dykänderna är blåmusslan ett begränsat inslag på matsedeln; ofta håller fåglarna till i en begränsad del av skärgården. Om vintern äter viggan sålunda endast musslor i älvmyningarna och kan på det sättet ådraga sig vissa miljögiftshalter. Knipan finns också i andra delar av den inre skärgården. I innerskärgården sitter inte musslorna lika fast vid sitt underlag som på de exponerade skären i ytterskärgården där det fordras en annan teknik för att få loss musslorna, en teknik som havsänderna behärskar. Alfågel och knipa söker små musslor, vigg och sjöorre kan äta något större. De allra största blåmusslorna – upp till 6 cm – kan ejdern sätta i sig, men den nöjer sig i allmänhet med storlekar upp till 4 cm.

Ejdern på västkusten

Ejdern är den helt dominerande andfågeln på västkusten och därmed också den helt dominerande musselkonsumenten. Under senare hälften av 1960-talet inräknades 6 000 häckande par utmed kuststräckan från Vallda Sandö till Strömstad. Men antalet har sannolikt varit mycket större under 1970-talet, detta bl.a. tack vare de fredade fågel-skären.

Såsom framgår av figur 34 finns den tätaste ejderhäckningen från Göteborg och norr ut, d.v.s. i det skärgårdsavsnitt som påverkas av det näringsrika vattnet från Göta och Nordre älv. Detta vatten gynnar blåmusselproduktionen. I norra Bohuslän med undantag av Väderöarna och Soteskär var häckningen sparsammare. Fredade häckningsskär och, på Väderöarna, frånvaro av mink torde ha varit gynnsamma faktorer på dessa häckningsskär. I södra Bohuslän är häckningen mest omfattande i innerskärgården. Åtminstone under 1960-talet kan miljögifterna ha hållit tillbaka minken på detta kustavsnitt. I norra Bohuslän är ejderhäckning betydligt sparsammare i innerskärgården.



Figur 34
Förekomst av häckande ejder. Siffrorna anger det antal ejderbon som påträffats vid inventeringar under åren 1966–1970.

Ejderns födoval

Ejdern är mest specialiserad på blåmusslor. Under större delen av året söker den sin föda över musselbankarna. Där kan den dessutom finna strandkrabbor och sjöstjärnor, vilka också gillar blåmusslor. Således kan ejdrarna i viss utsträckning minska konkurrensen om musslorna genom att äta upp sina konkurrenter. Ofta får ejdern hjälp av gråtrutten, som stjälar stora strandkrabbor och sjöstjärnor från ejdrarna så att dessa måste hämta upp flera. På så sätt kan ejdrarna själva ta hand om en större del av sin viktigaste födoresurs, musslorna.

I augusti och september söker sig ejdrarna i stor skala in i skärgården för att äta strandkrabbor. Men redan i oktober drar de åter ut i ytterskärgården. De flesta fortsätter till sina vinterkvarter, som ligger i danska vatten. Under normala år, d.v.s. när det finns gott om musslor kvar i skärgården under vintern, stannar ungefär en femtedel av ejdrarna kvar (se figur 35). De håller då till i ytterskärgården på de platser där de kan tillfredsställa sitt musselbehov. Men när ejderbeståndet blir för stort konsumeras en stor del av musslorna redan på hösten. Det blir då födobrist och färre ejdrar stannar kvar (t.ex.

1973—1974, figur 35). Vintertid vill ejdern helst ha 3–4 cm långa musslor. Födosöket under vattenytan är energikrävande och energiutbytet får inte bli för litet per födosöksansträngning.

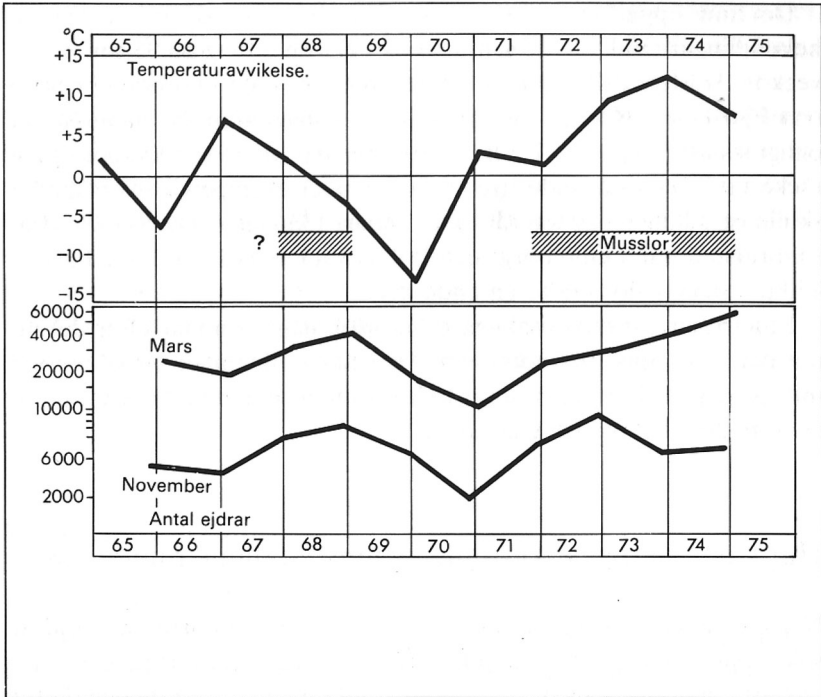
I februari börjar ejdrarna återvända från danska vatten. De kommer först till Göteborgs skärgård. I mitten av mars är hela beståndet där, men fåglarna ligger fortfarande kvar i ytterskärgården i stora flockar. Redan omkring 1 april uppsöker de emellertid sina häckningsskär om inte isen lägger hinder i vägen. I början av maj kommer sedan de första ungarna. Till en början håller ungpullarna till i strandzonens brunalgsbälten, där märlor och andra kräftdjur utgör föda. Men snart uppsöker de musselbankarna både i inner- och i ytterskärgården, där ungfåglarna i stora flockar tillbringa sin uppväxttid. De största koncentrationerna kan man då finna utanför och norr om de stora älvmyningarna.

Variationer i ejderbeståndet

Regelbundna räkningar av ejderbestånden i Göteborgs och Bohuslän under en tioårsperiod (figur 35) visar på omfattande fluktuationer; orsaken till dem är vintertemperaturen. Isvintrar kan rubba jämvikten i ejderpopulationen. Men det är inte fåglarna direkt utan deras föda som drabbas av vinterisen. Vintrarna 1965/1966, 1968/1969 och 1969/1970 var isvintrar med isläggnings även till havs. Packisvallar i ytterskärgården krossade de relativt grunt liggande musselbestånden, och isen låg länge kvar inne i skärgården. Födobrist reducerade ejderbestånden.

Under 1960-talet kom isvintrar vart tredje år, men under hela 1970-talet rådde förmånliga förhållanden. Genom ökad närsalttillförsel till kustvattnen via konstgödning, skogsgödsling och reningsverk har dessutom ökad musselproduktion möjliggjorts. Inventeringar på många häckningsskär visar en kraftig ökning av ejderbeståndet. Men hösten 1981 inträffade något som ännu inte har fått sin fulla förklaring. Man träffade på försvagade och utmärlade ejdrar utmed hela skärgården. Samma sak synes också ha inträffat i danska vatten. Symptomen tyder på att ejdern hade drabbats av näringsbrist. Men vad som var orsaken till denna är okänt. Ejderbeståndet kan ha blivit för stort och/eller musselbeståndet kan ha påverkats av den allt vanligare algbloomingen i kustvattnen.

Rapporter har senare visat att det var just algbloomingen som



Figur 35

Förekomst av ejder i ytterskärgården i Göteborgs och Bohus län i mitten av mars och mitten av november i jämförelse med medeltemperaturens avvikelse från det normala under tiden januari-april. Perioder med rik tillgång på blåmusslor i ytterskärgården är markerade.

försakade en dödlighet av okänd omfattning bland ejdrarna, en dödlighet som kan ha begränsat verkningarna av den därpå följande isvintern 1982.

Vad kan ejdern ställa till med i musselodlingar?

Det är i detta läge som musselodlingarna kommer i farozonen. När de normala musselbankarna är borta måste ejderflockarna leta rätt på andra tillgångar på föda. Andfåglarna är flockfåglar, och så snart någon fågel har lyckats finna föda lockas andra dit. I musselodlingarna har fjolårets musslor på senvintern nått en storlek som är lagom för ejdern.

Det finns uppgifter om hur ejdrar på relativt kort tid har konsumerat hela odlingar. Vid Tjärnö länsades år 1977 en odling på 35 ton på tre veckor. Hösten 1979 sägs 20 ton ha gått förlorade i en odling i Sogn och Fjordane i Norge. Ejderns dagliga konsumtion av blåmussla är enligt senaste uppgifter 2,5 kg. Detta innebär att 35 ton knappt skulle räcka till 700 ejdrar under tre veckor. Under exempelvis två månader skulle en odling på 20 ton räcka till enbart 133 fåglar. De 60 000 ejdrar som räknades in i Göteborgs och Bohus län i mars 1975 skulle behöva 150 ton blåmusslor under en enda dag.

Ejdern har sitt huvudsakliga näringssök några timmar efter det att det har blivit ljus på morgonen. Den har i allmänhet en viloperiod mitt på dagen. I övrigt varierar födosöksintensiteten under året, beroende på födobebehov och dagslängd.

Hur kan ejderns beskattning av musselodlingar undvikas?

När musselodlaren ser sin odlarmöda hotad av konkurrerande ejdrar söker han givetvis efter metoder att förhindra skadeverkningar. Den enklaste metoden kan synas vara att skjuta några ejdrar då och då för att på detta sätt skrämja bort resten. Men även om man lyckas skrämja bort några kan det finnas tusentals ejdrar som stryker omkring på jakt efter föda. Det skulle behövas ständig bevakning för att förhindra angrepp från ejdrar, och då blir kostnaderna för stora.

Man har prövat automatiska skrämjemetoder efter modeller som har tillämpats vid andra typer av skadeeffekter från fåglar. Man har hängt upp rovfågelssilhuetter vid anläggningen och prövat gasolkanoner som regelbundet avfyra skrämjelskott. Den senare metoden, kombinerad med jakt för att statuera exempel, har gett det bästa resultatet. Någon utvärdering av olika metoder har dock inte redovisats. Fåglar brukar efter en tid vänja sig vid skrämjemetoder och deras reaktioner avtar då. Vid födobrist kan denna tendens väntas öka.

Oprövade metoder

Det har föreslagits att man skulle placera odlingar i trakter med få ejdrar, t.ex. i djupa fjordar med branta stränder, men med kännedom

om ejderns förmåga att leta rätt på musslor måste jag säga att det verkar orealistiskt. Hänsyn måste ju också tas till musslornas krav, deras krav på strömsättning och näringstillgång i vattnet.

Man kanske till och med kan dra nytta av ejdern då man bedömer var och hur musselodling bäst kan bedrivas. Tack vare inventeringar av ejderbeståndet under mer än 10 år finns kunskaper om var ejdern uppehåller sig vid olika tider. Ejdern söker upp de platser där produktionen av musslor är störst, och produktionen är störst där musslornas krav med avseende på strömmande vatten och näringstillgång är bäst tillgodosedda. Om man dessutom har kunskaper om när under året musslan växer snabbast så har man de viktigaste förutsättningarna.

Mobil musselodling

Bohusläns skärgård skulle lämpa sig för någon form av mobil musselodling. Om de förankrade bojarna ersattes med någon typ av mobila flottar (konstruktion: lämplig uppgift för arbetslösa varv) skulle ett kombinerat utnyttjande av ytter- och innerskärgård kanske kunna lösa en lång rad problem. Under sommarhalvåret, då musslornas tillväxt är snabbast, skulle odlingarna ligga på lämpliga platser i ytterskärgården.

Rikare planktontillgång, rikare strömsättning jämte större vertikala rörelser till följd av mer omfattande sjöhävning skulle ge en snabbare musseltillväxt. Fjolårets musslor skulle på sommaren bli för stora för årets ejderungar. Under augusti och september, när ejdern söker sig in i skärgården, skulle odlingarna fortfarande ligga i ytterskärgården. Innan höststormarna kommer och då ejdern drar sig till ytterskärgården, skulle odlingarna emellertid tas in till lämpliga platser i innerskärgården eller skördas.

Där kunde de placeras på platser utan strömsättning och näringstillgång eftersom tillväxten vid denna tid torde vara minimal. Då skulle inte heller negativa effekter uppstå på innerskärgårdens bottnar. Eftersom man skulle kunna byta vinterlokaler från år till år, blev det svårare för ejdrar att lokalisera odlingarna. När isläggnen kom vore odlingarna helt skyddade för ejder. På våren, just när ejdern fördelas på sina häckningsskär, fördes odlingarna åter ut i ytterskärgården till musslornas tillväxtplatser. Inte heller där skulle det bli några skadeeffekter på bottarna eftersom strömsättningen är rik. Musslorna skulle

också tack vare den rikare strömsättningen och exponeringen sitta hårdare fast i plastlinorna.

Samordnad ejder- och musselproduktion

Årtiondet 1971–1981 blev helt fritt från isvintrar. Årtiondet dessförinnan hade fyra isvintrar. Det är därför först år 1982 som musselodlaren på allvar kan komma att stifta bekantskap med svältande ejderflockar. Men redan i början av 1970-talet stod det klart att stora fluktuationer i ejderbestånden och i dessas födotillgång skulle kunna leda till problem för musselodlare.

Eftersom ejdern har hög reproduktionsförmåga vid god tillgång på föda kan den snabbt öka i antal efter en nedgång. Även om isvintrar kommer ofta, som under 1960-talet, hinner ejderbeståndet bli så stort att födobrist kan uppstå. Ett sätt att motverka dessa stora förändringar i ejderbeståndets numerär och därmed följande problem för både musselodling och ejderbestånd är att anpassa jakten på ejder efter populationens tillväxt, d.v.s. reglerad ejderjakt. På detta sätt skulle skärgården kunna producera både ejder- och musselkött. Det skulle betyda en ökad återvinning av alla de närsalter vi spolar ut i havet. Men framför allt, det skulle bli mindre dramatiska situationer både för ejderbestånd och för musselodlare.

Det här skisserade förslaget till reglerad ejderjakt framfördes redan 1976 i jägarnas egen tidskrift, Svensk Jakt. Men det blev ingen reaktion från jägarhåll. Där har man i stället den uppfattningen att antalet ejdrar har minskat; de skulle ha trängts undan av trutar på de fredade häckningsskären.

Man lever säkert också fortfarande i tron att ejderköttet innehåller samma höga kvicksilverhalter som under 1960-talet. Vid denna tid uppmättes höga halter, men sedan dess har veterligt inga analyser gjorts av ejdrar. Däremot har andra undersökningar visat att förhållandena har förbättrats avsevärt. Under 1960-talet uppmättes höga halter av kvicksilver även i minkar från de rena vattnen kring Sotenäs kommun, vilket tycktes förbryllande. Att Bohusläns ejdrar under en tid på senkvintern beskattar de av älvvattnet påverkade musselbankarna i Göteborgs norra skärgård och sedan faller offer för norra Bohusläns minkar förklarar dock detta.

11. NÄRINGSVÄRDE OCH HYGIENISKA PROBLEM

av Bengt von Hofsten och Lars E. Lundborg

Det är Statens livsmedelsverk (SLV) som meddelar bestämmelser om hur musslor skall hanteras för att vara av så god kvalitet som möjligt när de når konsumenterna. Vid SLV görs också undersökningar av olika livsmedels näringsvärde och kemiska analyser för att ta reda på om livsmedlen innehåller några ohälsosamma främmande ämnen såsom giftiga metaller eller miljöföroreningar av annat slag.

Musslornas näringsvärde

Musslornas sammansättning varierar med årstiden. Den ätliga delen utgör 20–30 % av vikten. I tabell 4 anges genomsnittliga näringsvärden för den ätliga delen av kokta musslor. För jämförelse ges också värden för torsk och köttfärs. Bara ungefär 1/4 av energiinnehållet i musslor kommer från fett; musslor brukar därför anses vara ”smalmat”. Halten protein är något lägre i kokta musslor än i fisk och kött, men proteinet har en utmärkt sammansättning och innehåller alla för människan nödvändiga aminosyror. Musslor innehåller många viktiga mineralämnen i hög halt. Det pågår för närvarande undersökningar som tycks visa att både zink och järn föreligger i sådan form att de lätt kan tas upp av vår kropp. Man har därför föreslagit att en kost innehållande mycket musslor skulle kunna användas vid behandling av vissa bristsjukdomar. Det uppges att man i några fall har fått mycket goda resultat, men påståenden om att en musselrik diet skulle kunna bota svåra sjukdomar måste än så länge betraktas som obekräftade.

		Musslor	Torsk	Köttfärs (80 % nötkött 20 % svin)
Energi	megajoule	2,4–4,0	3,4	11
	kcal	570–950	800	2600
Protein	g	100–144	181	179
Fett	g	10–22	6	204
Kolhydrater	g	20–40		
Vitamin A (Retinolekv)	mg	0,5		0,27
Vitamin D		spår		spår
Tiamin	mg	1,5	0,6	2,0
Riboflavin	mg	2	0,7	1,8
Vitamin B ₆	mg	0,2	2,3	3,6
Vitamin C (Ascorbinsyra)	mg	20	20	0
Kalcium	mg	300–1000	290	1600
Järn	mg	30–60	13	25
Zink	mg	16	5	36

Tabell 4

Energi och näringsämnen per 1 kg färsk ätlig del av musslor, torsk och köttfärs. För musslor anges de högsta och lägsta värden som har påträffats i olika internationella livsmedelstabeller. Övriga uppgifter är ur SLV:s Livsmedelstabeller (1978).

Främmande ämnen i musslor

Musslor innehåller inte bara nyttiga vitaminer och mineralämnen utan tar också upp vissa metaller som är giftiga i hög koncentration. Havsvatten innehåller sådana metaller i varierande mängder, men olika organismer tar upp dem i mer eller mindre hög grad. Vissa fiskar innehåller således ganska mycket kvicksilver och arsenik, ehuru deras halt av metallerna kadmium och bly under normala förhållanden är låg. Musslor från rena vatten innehåller mycket litet kvicksilver; däremot är kadmiumhalten något högre än i fisk. Den arsenik som finns i fisk och skaldjur förekommer i en form som inte är giftig för människan.

När det gäller att bedöma betydelsen av det kadmium som finns i

musslor och andra skaldjur måste man ta hänsyn till två osäkra faktorer. Dels vet man ännu ingenting om i vilken kemisk form som kadmium förekommer och om den lätt tas upp av vår kropp. Dels innehåller musslorna relativt mycket av grundämnet selen (0,5–0,6 mg/kg) som i djurförsök har visat sig motverka kadmiums giftighet. Världshälsoorganisationen, WHO, har fastställt att man inte bör få i sig mer än högst 0,4–0,5 mg kadmium i veckan. De svenska musslorna innehåller vanligen ungefär 0,1 mg kadmium/kg ätlig vikt. Det finns därför ingen anledning att oroa sig för deras halt av denna metall. Bara om man äter musselkött i kvantiteter om flera kilo per vecka kommer man i närheten av det maximala accepterade intaget.

Musslor som lever i vatten som förorenas av kemikalieutsläpp kan bli ohälsosamma eller illasmakande. Flera olika s.k. klorerade kolväten (exempelvis DDT och PCB) är mycket resistent mot nedbrytning och förekommer framför allt på botten och i vattenlevande organismer. Undersökningar som har utförts av naturvårdsverket och livsmedelsverket har visat att musslor från den svenska västkusten har mycket låga halter av dessa ämnen. Musslor som förekommer i handeln har också analyserats av livsmedelsverket. De innehåller också så låga halter av klorerade kolväten att de inte utgör någon som helst hälsorisk.

Om utsläpp av oljeprodukter sker så att bottenlevande eller odlade musslor blir förorenade kommer dessa att under en tid att smaka så illa att de måste räknas som otjänliga till människoföda. Vissa oljeprodukter avdunstar eller bryts ned ganska snabbt, andra kan bli kvar i bottensedimenten under lång tid. Det går därför inte att säga något generellt om hur länge ett oljeutsläpp kan påverka musslors smak. Ur hälsosynpunkt är det framför allt aromatiska kolväten som är riskabla, men det är knappast någon risk för att vi skall utsättas för dessa genom att äta musslor, ty de smakar illa långt innan de får en oljehalt som är farlig. Livsmedelsverket har låtit analysera några prover av vilda och odlade musslor av normal kvalitet. Med känsliga analysmetoder kan man visa att de ibland innehåller mycket låga halter av oljeprodukter.

Bakterier och virus

Sjukdomsalstrande bakterier och virus kan hamna i musslor antingen genom att de förekommer i odlingsvattnet eller genom att de kommer

in i musslorna i samband med sumpning, lagring eller transport. Naturligtvis kan också kokade musslor förorenas av bakterier och ge upphov till matförgiftningar; härvidlag skiljer de sig inte från andra känsliga livsmedel.

Om det förekommer utsläpp av dåligt renat avloppsvatten där musslor växer eller sumpas kan musslorna komma att innehålla stora mängder sjukdomsframkallande bakterier. Det är naturligtvis riskabelt att äta sådana skaldjur råa. Särskilt farligt är det om vattnet innehåller gulsotsvirus. Det har inträffat flera allvarliga gulsotsepidemier orsakade av förorenade ostron.

Innan man anlägger en musselodling krävs tillstånd från den lokala hälsovårdsnämnden, som skall bedöma om vattenkvaliteten är tillfredsställande. Vattnets och musslornas bakteriologiska kvalitet måste också kontrolleras regelbundet under odlingen. Eftersom levande musslor hela tiden filtrerar det omgivande vattnet kommer de att tydligt avspegla vattnets kvalitet. En bakteriologisk undersökning av det råa musselköttet ger därför en utmärkt bild av odlingsplatsens lämplighet. I regel undersöks 25 ml musselkött (minst 5–6 musslor); det bör då inte finnas fler än 300 tarmbakterier (*E. coli*).

Med ledning av erfarenheter från musselodlingar i andra länder har man i Sverige börjat undersöka förekomsten av vissa bakterier tillhörande gruppen *Vibrio*. Dessa finns naturligt i havsvatten. I Fjärran Östern ger de årligen upphov till epidemier bland den befolkning som äter råa skaldjur. Av allt att döma är emellertid sådana vibrioner ganska sällsynta i våra vatten. I likhet med tarmbakterier förstörs de vid kokning. Vissa bakteriegifter förstörs däremot inte lika lätt. Musslor som innehåller mycket stora mängder bakterier kan därför vara farliga att äta även om de har kokats. Det är anledningen till att man måste kontrollera att alla musslor är levande och slutna före kokningen och att de sedan öppnar sig och har en frisk lukt och smak.

Den hygieniska kontroll av svenska musslor, både vilda och odlade, som hittills gjorts har visat att dessa är av god bakteriologisk kvalitet. I samband med de avtal som för närvarande utarbetas om export av levande musslor bl.a. till Frankrike kommer kontrollen att intensifieras. De största problemen uppkommer sannolikt under transporter, som fordrar lämpliga temperaturförhållanden och emballage av god kvalitet.

Problem med algbloomingar

En grupp encelliga organismer som kallas dinoflagellater kan under vissa förhållanden uppträda i så stora mängder att de ger havsvatten en röd färgton. Vid Nordamerikas kuster är detta fenomen känt under beteckningen "red tide" och ger årligen stora problem för de omfattande odlingar av hjärtmusslor ("clams"), som finns efter kusterna i både USA och Kanada. Detta beskrivs utförligt i kapitel 8.

Vissa dinoflagellater, särskilt de som tillhör släktet *Gonyaulax*, bildar några av de starkaste gifter som är kända. Man har tidigare trott att det bara var fråga om ett enda gift, kallat saxitoxin, men nyare undersökningar har visat att det rör sig om minst sex olika kemiska föreningar som alla kan ge livsfarliga förgiftningar hos människan. Dessa symptom brukar beskrivas med bokstäverna PSP som är en förkortning av uttrycket "paralytic shellfish poisoning". Den sjuke blir oftast häftigt illamående och får värk i huvud och leder och kan i värsta fall avlida inom några timmar. Andra alger kan bilda gifter som inte är lika livshotande.

Man använder ibland uttrycket mytilotoxiner (efter det latinska namnet på musslor, *Mytilus*) på alla dessa gifter, men det är en olämplig beteckning eftersom det ju inte är själva musslorna som bildar dem. Musslorna påverkas inte själva av de giftiga algerna, och om de får leva i rent vatten under ett par veckor kommer gifterna att utsöndras så att musslorna blir helt ofarliga att äta.

Under de senaste somrarna har man genom livsmedelsverkets försorg tagit stickprover av odlade musslor som har undersökts vid institutionen för livsmedelshygien på lantbruksuniversitetet. De flesta prover har varit helt fria från alggifter, men under försommaren 1982 innehöll några partier så hög gifthalt att försäljning av musslor förbjöds under någon månad.

Regler för hantering

Kött från skaldjur sönderdelas hastigt – under den varma årstiden redan inom några timmar. Skaldjurens kött blir hastigare än kött från däggdjur till följd av dessa sönderdelningsprocesser otjänligt till människoföda. Det är därför av stor vikt att musslor hanteras på ett riktigt sätt vad beträffar skörd, transport, temperatur, rengöring m.m.

Följande råd kan tjäna som riktlinjer vid hantering av musslor:

- Odling och sumpning av musslor bör ske endast i vatten som är godtagbart för ändamålet (i regel mindre än 10 termostabila coliforma bakterier per 100 ml vatten). Om musslor och ostron skall ätas råa är riktvärdet mindre än 2 termostabila coliforma bakterier per 100 ml vatten.
- Musslorna bör vid båttransport från skördeplats till landningsplats inte komma i kontakt med slagvatten eller annat avrinningsvatten i båten.
- Musslorna skall snarast rengöras från slam och påväxt genom tvättning med rent havs- eller färskvatten under tillräckligt tryck. Avrinningsvattnet får inte rinna över redan rengjorda musslor.
- Vid transport av levande musslor bör dessa inte utsättas för stora temperaturväxlingar. Temperaturer över 8° eller lägre än 2° bör liksom direkt kontakt med is eller kalla ytor undvikas.
- Musslorna skall skyddas från kraftig yttre skavning och nötning så att skalskador undviks.
- Det vatten som används för sköljning av musslor, utrustning, båtar och emballage skall vara av god hygienisk standard.
- Musslor som är döda eller döende eller som permanent ligger öppna eller har skalskador är att betrakta som otjänliga till människoföda och skall kasseras.
- Returemballage och utrustning får inte avge giftiga ämnen, lukter, smaker eller liknande som kan påverka musslans användbarhet som livsmedel. Dessutom skall de vara lätt rengörbara och rengöras ordentligt före och efter varje användning.

Vid sumpning gäller speciellt:

- Musslorna får inte ligga tätare än att de kan öppna sina skal och fungera normalt.
- Musslor får sumpas bara så länge att de håller sig friska och aktiva.
- Musslorna skall sumpas i ett vatten som från hygienisk synpunkt är godtagbart. Syrehalten i vattnet skall hållas på en tillräcklig nivå vid alla tidpunkter.

- Vattentemperaturen får inte öka till en nivå som påverkar musslor-
nas livskraft.

Kontrollverksamhet

Från livsmedelshygienisk synpunkt är det önskvärt att en del av kontrollverksamheten bedrivs i själva odlingen. Eftersom det är hälsovårdsnämnden som är ansvarig för lokala hälso- och miljövårdsfrågor bör kontakter med nämnden tas redan vid planeringen av en odling för en genomgång av de faktorer som är av betydelse från livsmedels- och hälsovårdssynpunkt: vattenkvalitet, provtagningsprogram, avfallshantering, transport, försäljning, eventuella krav på godkända livsmedelslokaler o.s.v.

Livsmedelslagen och livsmedelsförordningen meddelar allmänna bestämmelser om livsmedel och gäller i tillämpliga delar även musslor och andra blötdjur. Förutom viss begränsad följdlagstiftning (SLV:s fiskkungörelse SLV FS 1979:6) finns inget regelverk som är speciellt inriktat på skaldjur. Livsmedelsförordningen och livsmedelsverkets allmänna tillämpningskungörelse ger dock myndigheterna tillräckligt underlag för att reglera och övervaka hanteringen av råvaror och livsmedel. Det betyder att ägaren av en verksamhet, även en musselodling, kan behöva redovisa sin verksamhet för den lokala hälsovårdsnämnden och för länsstyrelsen. I länsstyrelsen fungerar då länsveterinären som livsmedelsverkets företrädare och har att tillsammans med naturvårdsenheten bedöma frågor som berör risken för förorening av odlingsvattnet från industriutsläpp, utsläpp av gödningsämnen från omgivande lantbruk o.s.v.

12. ODLINGS- OCH SKÖRDETEKNIK

Joel Haamer

Val av odlingsområde

Nuvarande odlingsteknik med långlinor kräver relativt skyddade vatten. Den totala vattenyta på västkusten som skyddas av skärgård har beräknats till 1 000 km² av oceanografiska institutionen vid Göteborgs universitet. Om 10 % av denna yta odlades skulle det motsvara 100 km² odling med en årsproduktion av 3–6 milj. ton musslor. Den totala världsproduktionen av musslor och ostron var 1979–1980 3 milj. ton. Ett mycket optimistiskt antagande är att man inom en 25-årsperiod skulle kunna producera 150 tusen ton musslor per år i Sverige. Dessa odlingar skulle då uppta en halv procent av den totala arealen skyddat vatten på västkusten. Trots dessa små arealbehov tycks tillgång på odlingsvatten vara ett av de största problemen i dag för presumtiva odlare.

Följande kriterier bör vara uppfyllda för att odlingsvattnet skall vara bra:

1. Rent vatten, fritt från bakterier och miljögifter (kontrollorgan: hälsovårdsnämnden).
2. Tillräckligt vattendjup, större än 5 meter, helst omkring 15 meter.
3. Läge skyddat från de förhärskande sydvästliga vindarna. Utsatt läge sliter på odlingar och försvårar skörd.
4. God vattenomsättning såväl i ytvatten som i bottenvatten.
5. Lugn islossning så att odlingar inte dras med.
6. Odlingarna bör inte läggas på kända vadfiskeplatser, inte heller där man brukar rännörja. Annat fiske, såsom garnfiske efter torsk och skädda, ålfiske och krokfiske från stillaliggande båt, gynnas av musselodlingar och förhindras inte av dessa. Liksom vid vrak och fiskegrund samlas fisken på grund av riklig tillgång på boplatser och näring.

7. Odlingar bör inte placeras alltför nära farleder och livligt frekventerade vattenstråk, då större båtar kan fastna, göra skada och även komma till skada.

Tillstånd för musselodling måste sökas från länsstyrelsen och fiskenämnden. I länsstyrelsen sammanvägs samtliga remissinstansers yttranden. Har man i sin planering tagit hänsyn till de ovan nämnda punkterna så bör det inte finnas några invändningar till lokalisering av en musselodling.

Anläggning av odling

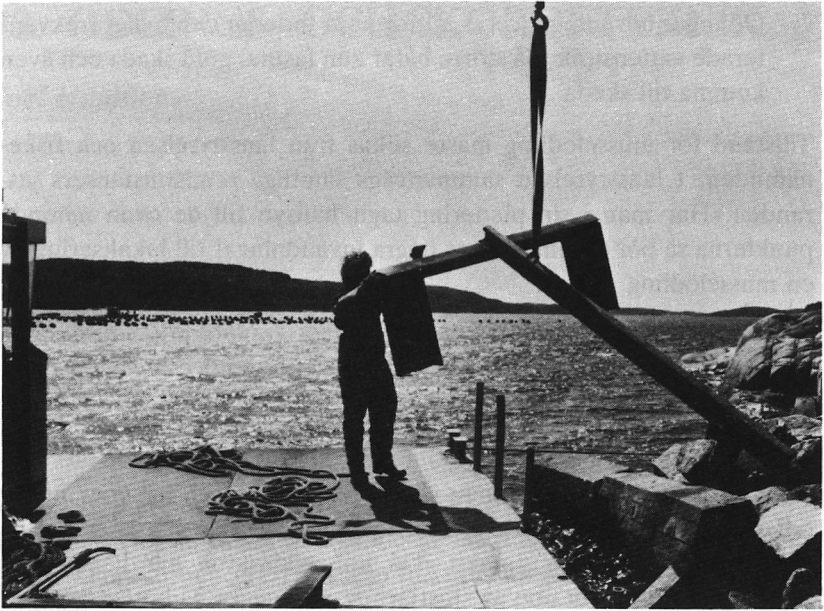
Förutsättningen för ett lyckat odlingsresultat är att man gör rätt från början för att i görligaste mån slippa justeringar och haverier under odlandets gång. Det är ytterst svårt att rätta till eller bärga en odling med musslor som har sjunkit. Då musselklasarna har hamnat på botten äts de snabbt upp av sjöstjärnor eller begravs i botten slammet och dör. För att undvika dessa problem bör fullgott material användas i enlighet med musselodlarföreningens anvisningar.

Odlingen sträcks i en riktning så att kraftpåkänningen från vind och ström blir så liten som möjligt, d.v.s. med kortändarna mot största beräknade påkänningen (vind eller ström).

För en odling avsedd att ge 100 ton musslor väger odlingens stomme, ankare, kättingar, wirar ca 2 ton (figur 36). Ankare väger ca 250 kg/st och rälsar ca 350 kg/st. (se vidare anvisningar på sidan 110). För att hantera materialet på ett säkert och någorlunda funktionellt sätt bör man använda en stabil båt med lyftningsmöjligheter och, framför allt, personal med erfarenhet av anläggningsarbete till sjöss. Skall odlingen borraras fast i berg, något som ger en trygg förankring, måste man dessutom ha tillgång till dykare. Även vid utsättning med ankare på mjukbotten är det säkrast att ha tillgång till dykare om något skulle gå gale och även för kontroll. Något egentligt dykararbete förekommer dock inte vid utsättningen.

Utsättning av band

Stommarna (figur 37) sätts ut i god tid före larvernans fastsättning. En boj fästes på varje wire. Odlingsbanden skall göras så korta att de inte



Figur 36
Ankaret består av två ihopsvetsade järnvägsbalkar, 2 respektive 5 m med flyn av U-balk. Vikt ca 250 kg. (foto Joel Haamer)

Figur 37
AB Mussellinas båt lastad med en odlingsstomme färdig för utsättning. (foto Joel Haamer)





Figur 38
Utsättning av band vid AB Mussellinas odlingar i Åbyfjorden 1982.
(foto Joel Haamer)

Figur 39
Skörd av musslor vid Tjärnö. (foto Rutger Rosenberg)



når botten (där vattendjupet är 10 m bör banden vara 7 m). Lämpligen knyter man fast en vikt om ca 150 g i förväg så att själva utsättningen (figur 38) går så snabbt som möjligt. Utsättningen bör ske strax innan majoriteten av mussellarverna skall sätta sig fast, vanligen i mitten av juni.

Att sätta ut färdigmätta band med vikter tar, beroende på utrustning och erfarenhet, mellan två och fyra dagar per odling. Bojarna knyts samtidigt med banden på wirarna. Odlingsband finns av flera olika slag. Banden består av polypropylenfilmfibrer som är sammanflätade till en duk. Duken är skuren i 5 cm breda remsor. En dyrare men också hållbarare typ av band är gjord av polypropylenfilmfiber vävd till färdiga band. Dessas hållfasthet är större och de rekommenderas till utsatta lägen med kraftig ström eller vågpåverkan.

Övervakning

En ständig tillsyn av odlingarna är att rekommendera. Därför bör man bo eller arbeta i närheten av odlingarna för att övervakningen inte skall bli alltför kostsam. Skulle något hända kan man eventuellt åtgärda skadan i tid. Det går exempelvis att ånyo fästa ett ankare som har släppt. Sker det inom ett par dagar kan musslorna räddas. Ejder som äter upp musslorna har varit ett problem för många odlare, speciellt första hösten, då musslorna är några månader gamla. Har man en odling med wirarna relativt tätt så brukar bara själva bärwiren bli avbetad och banden, som är svårare att nå, lämnade i fred.

Skörd

Vanligtvis börjar skörden av musslorna ca 15 månader efter utsättningen, d.v.s. i september. Under hela hösten och under vintern och våren fram till början av maj är musslorna lämpliga för skörd. De kraftiga algbloomningar som har förekommit under hösten på senare år har i de flesta fall medfört en snabb tillväxt av musselköttet. I vissa utsatta områden har dock en del musslor dött i samband med algbloomningen – t.ex. hösten 1981, då de största skadorna noterades i Grebbestadstrakten.

De skördeutrustningar som för närvarande finns på västkusten (3 st) har en kapacitet av ca 5 ton/dag. Samtliga arbetar enligt en princip där skördeenheter dras fram längs wiren med ett linhjul (figur 39). Efter hand som banden med musslor kommer till vattenytan skärs de av och läggs på en transportör som matar banden upp ur vattnet. Musslorna lösgörs från odlingsbanden och matas därefter ner i en separator som rensar och separerar musslorna. Därefter lastas musslorna i säckar (ca 500 kg) för vidare transport.

Fastsättning av larver

I vattnen vid svenska västkusten förekommer naturlig fastsättning av mussellarver under åtminstone en period, ibland två perioder, varje sommar. För ett gott odlingsresultat måste odlaren kunna förutspå när dessa perioder kommer att infalla, så att han har samlarbanden ute då det maximala antalet färdiga larver finns i vattnet. Är odlaren ute för tidigt med banden får han oftast påväxt av andra organismer, som sedan försvårar eller hindrar mussellarverna att sätta sig fast. Är han för sent ute kan han få alltför gles med musslor. Andra organismer kan då tränga ut till och med de få musslor som finns på banden.

Det bästa odlingsresultatet får man i en ren monokultur av jämnstora musslor.

Hur skall man kunna förutspå när det maximala antalet larver finns i vattnet, färdiga att sätta sig fast? För att kunna göra en väl underbyggd prognos måste man ha förståelse för hur de vattenmassor som innehåller mussellarver rör sig längs den svenska västkusten. Från vattenytan och ner till ca 15 m vattendjup präglas vattnen av den Baltiska strömmen, som sätter nordvärt. Denna vattenmassa utgörs av Östersjöns nettoutflöde, blandat med Nordsjövatten, som tillförs via underströmmar genom Öresund och Bälten. Nettoströmshastigheten norrut på 5 m djup är ca 10 cm/sekund och på 10 m djup ca 5 cm/sekund enligt Fiskeristyrelsen. Ytströmmen torde vara ca 15 cm/sekund.

Mussellarverna finns i det baltiska vattnet, men varifrån kommer dessa larver? Senare undersökningar vid Askölaboratoriet visar att Östersjöns ekosystem till stor del domineras av blåmusslor. Den befintliga mängden blåmusslor är beräknad till 7,6 miljoner ton över 25 m vattendjup. Dessa musslor producerar naturligtvis stora mängder

larver som blandas in i Baltiska strömmen och som kan föras till odlingar längs den svenska västkusten.

Låt oss anta att larvutvecklingen tar ca 5 veckor i den Baltiska strömmen. Med en medelhastighet av 10 cm/sekund skulle larven förflyttas ca 300 km under denna tid, d.v.s. avståndet från södra Östersjön till mellersta Bohuslän. För att kunna göra en väl underbyggd prognos för settling av mussellarver vore det, enligt min mening, lämpligt att sätta igång ett program för provtagning av mussellarver och mätning av strömhastigheter på lagom avstånd söder om odlingsområdena.

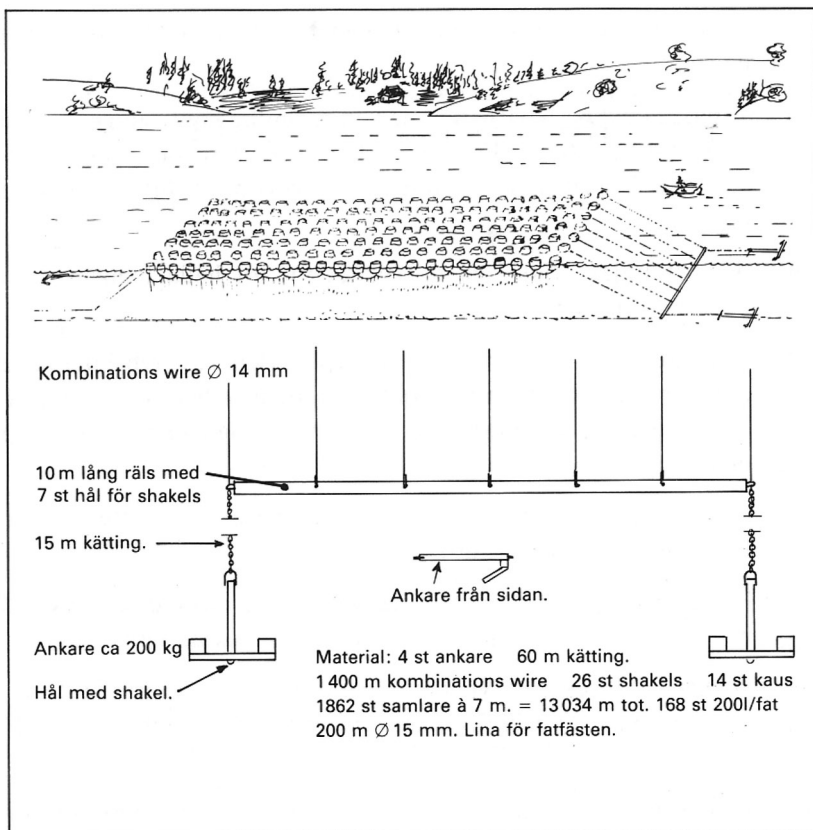
Standardodling för musslor enligt svenska musselodlareföreningen, 1981

Förankring:

1. Fäst i berg med expanderbult.
2. Ankare enligt ritning (figur 40).

Odlingsstomme:

1. 2 st 10 m järnvägsrälsar (32 kg/m) förbinds med kätting (1/2" länk) till ankare. Längden på kättingen 2 m längre än vattendjupet.
2. All infästning i räls sker medelst hål i räls (ej med påsvetsade öglor).
3. Bärlinor infästes till räls med 50 cm galvaniserad kätting. Avståndet mellan fästena > 1,5 m.
4. Som bärlinor till samlare användes 14 mm galvaniserad kombinationswire med plastkalv. Förslagsvis 7 st *exakt* lika långa wires splitsade med kraftigt galvaniserat kaus i varje ände.
5. Till bojar användes 100–200 l plastfat (eller motsvarande, obs. ej plåtfat eller bojar av ljuskänslig plast!)



Figur 40
 Konstruktion av standardodling enligt Musselodlareföreningen.

6. Helst skall bojen vara försedd med ett färdigt lyfthandtag. Om inget fäste finns görs ett fäste enligt följande: Hål görs på lämplig plats i fatet där plasten är tjock i någon av gavlarna. Till fästögla tar man en galvaniserad lyftögla med gängad tapp. Tappen träs i hålet och förses med en tätad (silicongummi) bricka och mutter på insidan. För bojar med små skruvlock får man göra ett specialverktyg för att hålla mutter och bricka.
7. Bojar med färdigt handtag fästes i bärlinan med en 20 mm blå polypropylenelina. Runt handtaget splitas en med slitslang försedd ögla. Bojar med lyftögla fästes med galvaniserat kaus och splitsad nylontamp. Obs. det går ej att binda fast tampen i bojen

direkt utan det måste finnas möjlighet för tampen att kunna leda på sig.

8. Tampen knytes på bärwiren med en ordentlig knut, som går att få upp efter belastning. Förslagsvis lägger man tre varv runt bärwiren, därefter ett halvslag runt egen part och till slut två instick i tampen.
9. Antalet bojar skall vara tillräckligt för att hålla hängare från botten vid lågvatten.
10. Hängare utgörs av 5 cm-band av plypropyleneväv. Obs! det finns olika grovlek på väven med olika brotthållfasthet. Väven anpassas till beräkнад påväxtlängd och påfrestning i form av sjögång och ström.
11. Längden på hängarna anpassas så att de ej når botten (≈ 7 m band vid 10 m vattendjup).
12. Hängarna knyts med dubbelt halvslag på bärwiren på ett avstånd av ca 50 cm, eventuellt längre, vid kraftig påväxt av musslor.
13. Hängarna förses med tyngder à ca 150 g (större vid kraftig ström, $> 0,5$ m/sek). Tyngderna kan vara armeringsjärnbitar $\varnothing 12-16$ mm.
14. Utmärkning av odlingar sker med orangefärgade flaggbojar fästade i ankarna i ytterkanten av odlingen (eller efter Sjöfartsverkets krav, då sådana ställs).

13. HAVETS HÄNGANDE TRÄDGÅRDAR – ETT PLANERINGSPROBLEM

Harald Sterner

Får vi lov?

Vi har i vårt land en urgammal sedvanerätt – allemansrätten – som ger oss möjlighet att ströva fritt, under visst ansvar, i mark och över vatten och tillgodogöra oss mycket av vad som finns där utan att fråga mark- eller vattenägaren om lov.

Vi har utvecklat ett system av lagar och regler som lämnar en allt mindre del av naturen åt oss att disponera fritt över, både som ägare till mark och vatten och som friluftsmänniskor.

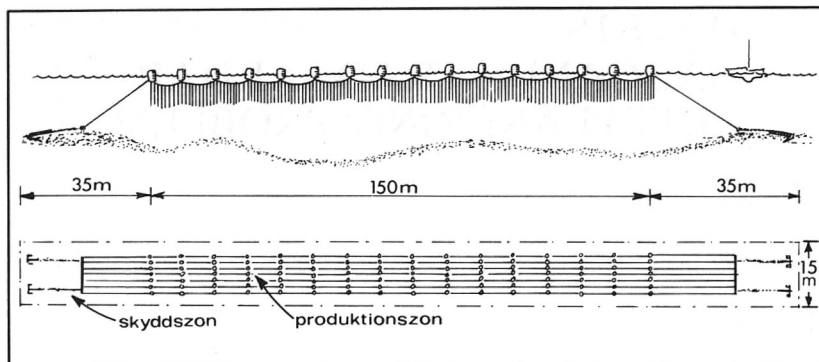
Vi har stiftat lagar för att skydda och säkerställa vår tillgång till naturen – naturvårdslagen – och vår möjlighet att fiska fritt i kustvattnen bl.a. på västkusten – lagen om rätt till fiske.

Vill vi odla musslor och ostron måste vi ha vattenägarens medgivande. Vi måste dessutom ansöka om tillstånd enligt fiskeristadgan hos fiskeristyrelsen, för odlingar med produktion upp till 50 ton/år hos länsstyrelsen enligt naturvårdslagen och för odlingar över 50 ton/år enligt miljöskyddslagen också hos länsstyrelsen och kanske enligt vattenlagen hos vattendomstolen.

Vi kan vara överens om att det råder oklarhet och osäkerhet i dag i sättet att ge tillstånd. Det befrämjar varken rättssäkerheten för musselodlaren eller andra intressen. Alla parter hävdar från olika utgångspunkter att de lagar och regler som myndigheterna prövar frågan om odlingstillstånd efter bör anpassas bättre till de förhållanden som påverkar och påverkas av musselodlandet.

Finns det plats?

Med den nu vanliga lintekniken tar odlingarna vattenyta, vattenvolym och bottenområden i anspråk och för driften behövs serviceanläggningar såsom hamn, upplag och verkstad.



Figur 41
En musselodling – 100 ton – sedd dels i profil dels ovanifrån.

Ju fler odlingar vi vill sätta ut dess större är risken för konflikter med andra anspråk. I mars 1982 hade vi i Bohuslän 24 odlingar med en årlig produktionskapacitet av drygt 2 750 ton totalvikt.

Om vi skall utveckla musselodlingen till en näring, värdefull för sysselsättning och handelsbalans, kan kraven på årlig odlingskapacitet öka till 15 000 ton inom en tioårsperiod och upp till 50 000 ton eller mer på lång sikt. Detta motsvarar odlingsanläggningar om 30 000 respektive 100 000 ton då odlingssäsongen är minst 16 månader.

En 100-tonodling tar upp en vattenyta på ca 10×150 m eller 1 500 m². Därtill kommer utrymme i vattnet och på botten för förankringsanordningar och avfall. Vid 10 m vattendjup kan det totala vattenområde och den botten som odlingen tar i anspråk beräknas till minst ca 15×220 m eller 3 300 m².

Inom 10 år och på lång sikt kan vi komma att behöva 300 st respektive 1 000 st 100-tonodlingar. Läger vi odlingarna bredvid varandra i ett 220 m brett bälte blir detta ca 4,5 km respektive ca 15 km långt.

Var efter kusten hittar vi lediga vattenområden som är tillräckligt rena och djupa och som dessutom har lämpliga närings-, ström- och vindförhållanden och ligger väl till i förhållande till hamn- och underhållsanläggningar och beredningsfabriker? Kan vi tro att de redan etablerade intressena utan motstånd skall göra plats för nykomlingen?

Vem ska maka på sig? Käppar i hjulen?

Skall vi bruka vattenområden för musselodling så kan vi komma i konflikt med något eller flera av följande intressen:

mark- och vattenägare

natur-, kultur- och miljövård

boende och friluftsliv

fiske

anläggningsverksamhet, t.ex. hamnar, rör och kablar

utvinning av mineral och energi

försvar

sjöfart

Mark- och vattenägare

För att kunna odla på annans mark- och vattenområde måste vi ha ägarens medgivande i form av ett nyttjanderättsavtal. Ägare till enskilt vatten – i regel det vatten som sträcker sig 300 m ut från strandlinjen och dessutom vattnet innanför tremetersdjupkurvan om denna ligger utanför 300-metersgränsen – kan vara en eller flera personer. Vattnet kan också vara samfällt ägt av flera fastighetsägare, vilket komplicerar möjligheterna att få medgivande. Staten är ägare till allmänt vatten – det vatten som ligger utanför det enskilda. Kammarkollegiet förvaltar det allmänna vattnet.

Fastighetsgränserna i vattenområdena är inte alltid bestämda. En särskild fastighetsutredning eller fastighetsreglering kan bli nödvändig för att klara ut vem som äger vattenområdena.

Natur-, kultur- och miljövård

Odlingsverksamheten kan inkräkta på vattenområden som man vill bevara eller skydda. Områden med särskilt värdefulla växter och djur eller marinarkeologiska lämningar som skeppsvrak, gamla hamnplatser, pålverk och boplatser. Det kan också vara ett vackert landskap. Sådana områden är ofta skyddade av naturvårdslagen och kallas natur- och kulturresevat, naturvårdsområden, strandskyddsområden eller djurskyddsområden. Fornminnen skyddas av fornminneslagen. Länsstyrelsen kan ge dispens från skyddet och tillåta odling.

Vattnet i odlingsområdena måste vara rent. Det innebär att vi måste ställa särskilda krav på de verksamheter som vill utnyttja odlingsvattnen som recipient – mottagare av föroreningar.

Verksamheter som vi kan vänta kommer att försämra vattenkvaliteten prövas enligt miljöskyddslagen.

Sedan juli 1981 betraktas även en musselodling som föroreningskälla och tillstånd krävs från länsstyrelsen enligt miljöskyddslagen för odlingar med en årsproduktion över 50 ton totalvikt (musslor med skal). Tillståndsprövningen enligt miljöskyddslagen innefattar även den prövning som naturvårdslagen föreskriver.

Hälsovårdsnämnden skall kontrollera vattenkvaliteten och kan t.ex. med stöd av livsmedelslagstiftningen förhindra skörd av odling under perioder när vattnet är förorenat eller förbjuda att musslor saluförs om de har odlats i förorenat vatten.

Boende och friluftsliv

Såväl helårs- och fritidsboendet som friluftslivet kan i sin hävdvunna rätt att nyttja vattenområdet t.ex. för bad och båttrafik och fiske hindras av odlingsverksamheten. Utsikten över fria vattenytor kan inskränkas.

Odlingarna kan också störas bl.a. av båttrafik, vårdslöshet, föroreningar och fiske i odlingarna. Odlingarna kan även dra till sig attraktiva fiskarter och främja fisket. Odling i områden som tidigare har reserverats för friluftsliv i beslut av länsstyrelse enligt naturvårdslagen eller av kommun i olika planer kan tillåtas i enstaka fall genom dispens. Vid krav på omfattande odlingsområden måste besluten omprövas innan tillstånd kan ges.

Fiske

Odlingar kan inkräkta på lek-, uppväxt-, fångst- och sumpningsområden som är värdefulla för såväl yrkes- som fritidsfisket. Skydd för fiskets områden kan innebära att vi inte kan utnyttja lämpliga odlingsvatten. Fiskeristyrelse, fiskenämnd och fiskets organistationer bevakar fiskeintressena. Intrång i fiskets verksamhet kan få ekonomiska konsekvenser för fiskaren. Reglering av intrång i fiskerätt kräver vattendom eller inlösen via beslut i fastighetsdomstol med expropriation eller fastställd plan som grund.

Anläggningsverksamhet

Anläggningsverksamhet på land och i vatten kan bl.a. genom muddring och tippning försämra vattenkvaliteten och sprida miljögifter från bottensediment i ett odlingsområde. Vissa vattenområden är redan av länsstyrelsen reserverade tippområden.

Om vi vill odla i sådana områden måste särskilda krav ställas på anläggningsverksamheten. Annars får vi välja att upphöra med odling under den tid verksamheten pågår.

Avlopps- och vattenledningar och el- och telekablar är skyddade med säkerhetszoner för att hindra skada t.ex. vid ankring och anläggningsverksamhet. Odling inom rör- och kabelzoner kan knappast komma ifråga.

Beslut om tillstånd till anläggningsverksamhet kan fattas t.ex. av länsstyrelse, vattendomstol och byggnadsnämnd.

Utvinning av mineral och energi

Vattenområden och bottnar kan vara av intresse för utvinning av sand, grus och värdefulla bergarter. Energiutvinning i form av vindkraft till havs, vågkraft och värmepumpsystem kan bli aktuell.

Dessa former av havsteknik är under utveckling och anspråken på de kustnära vattnen ännu så länge inte preciserade. Sett i ett längre tidsperspektiv kan stora vattenområden bli berörda. Kombinationer av vattenbruk och energiutvinning är tänkbara.

Militära intressen

Militära farleder, skydds- och kontrollområden, riskområden vid skjutfält och mineringar kan hindra musselodling inte bara inom de militära områdena utan också utanför med hänsyn bl.a. till effekten av tryckvågor i vattnet från undervattensskjutningar och sprängningar. Länsstyrelsens försvarsenhet bevakar de militära intressena vid tillståndsgivningen.

Sjöfart

Odlingar kan störas av fartygens vågsvall, av utsläpp av olja och avfall eller förstöras vid felnavigering.

Sjöfarten kräver utrymme i vattenområdena för trafik i allmänna

farleder, trafikområden med särskild övervakning, t.ex. inloppet till Göteborg, och annan nytto- och fritidstrafik utanför dessa. Möjligheten att navigera i vattenområdena påverkar farledsutformningen och det sätt på vilket farleder och odlingsområden kan samordnas. Hur stora säkerhets- eller skyddsområden behövs runt odlingarna? Sjöfartsverket och berört lotsdistrikt bevakar sjöfartsintressena. Genom sjötrafikförordningen får länsstyrelsen begränsa vattenområdenas användning för sjöfart t.ex. för att skydda musselodling.

Räkna med bråk!

Vi kan göra listan på olika anspråk och lagar som kan täcka våra framtida odlingsvatten ännu längre, men jag tror att de valda exemplen är tillräckliga för att vi skall förstå att det som från början kan se väldigt enkelt ut, att finna ett lämpligt vattenområde, fritt från konflikter och begränsningar, kan bli svårt.

Ger vi oss in i konfliktområden måste vi bereda oss på att samråda med många parter och myndigheter. Utgången är inte given på förhand. Regeringen kan i sista hand knäppa både odlare, sakägare, kommun och länsstyrelse på näsan! Rättssäkerheten får inte sättas ur spel!

Vi har kommit till det stadium i musselodlandet då utbredningen över vattenområdena irriterar många motstående intressen. Detta kräver rättssäkerhet i tillståndsgivningen. Det skall vara möjligt för motstående intressen att som sakägare hävda krav på skydd för miljön eller rätten att använda vattnet för olika verksamheter. Vi bråkar om definitioner, lagregler, tillstånd, byråkrati och odlingarnas effekter på omgivningen.

Bråken bottenar i kunskapsbrister och ovana vid de problem som den nystartade odlingsverksamheten ger upphov till. Vi kan beskriva dem i några enkla frågor: Var? Hur mycket? och Hur?

Var får vi odla med hänsyn till ägoförhållanden?

Om vi inte själva äger lämpligt vattenområde eller om det område vi har är för litet måste vi förhandla om nyttjanderätt t.ex. i form av köp eller arrende.

Går vattenägaren inte med på köp eller annan nyttjanderättsform

uppstår problem. Vi kanske inte ser någon annan utväg än att söka tvinga oss till rätten via expropriation. Kommunen kan få tillstånd att expropriera ett vattenområde för musselodling av väsentlig betydelse för kommunens näringsverksamhet. För att underlätta expropriationen kan kommunen låta upprätta och fastställa en plan för området enligt byggnadslagen. Med stadsplanen som grund kan kommunen efter expropriationen fastighetsbilda området och sälja eller arrendera ut delar av området för odling. Om flera vattenägare vill odla i ett vattenområde men finner att fastighetsgränserna hindrar en lämplig placering av odlingarna kan en särskild odlingsfastighet bildas, ägas och brukas samfällt.

Om odlingsverksamheten skall vara hänvisad enbart till de vattenområden där nyttjanderätten erbjuds frivilligt kan utvecklingen av odlingsverksamheten hämmas och vattenresurserna utnyttjas på ett olämpligt sätt.

Var får vi odla med hänsyn till användningen av vattenområdet?

Disponerar vi ett vattenområde måste vi ta reda på om det är lämpligt som odlingsområde med hänsyn till de av naturen givna förhållandena i botten, vattnet och luften och konkurrerande användare. De naturgivna förhållandena kanske vi känner tillräckligt genom egen erfarenhet. I annat fall måste vi vända oss till marinbiologer och hydrologer som kan beskriva förhållandena och ge råd om lämpligt läge för odling med hänsyn till den valda odlingstekniken.

Byggnadsnämnden eller länsstyrelsen bör kunna redovisa gällande och föreslagna restriktioner i form av reservat, förordnanden, riktlinjer och bestämmelser för användningen av vattenområdet. Samtidigt kan vi få en uppfattning om vilka motstående intressen som dessutom kan dyka upp.

Vattenägaren har enligt jordabalken och vattenlagen en stark ställning och bestämmer över sitt vatten så länge inga andra lagar inskränker den rätten.

Länsstyrelserna tolkar lagarna olika. Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohuslän menar t.ex. att den inte kan vägra att ge tillstånd till odling även om odlingen är direkt olämpligt placerad med hänsyn till båttrafik och vattnets kvalitet om den i övrigt uppfyller tillståndsvillkoren. Denna tolkning delas inte av alla myndigheter.

Det finns begränsningar också. Lagen om rätt till fiske ger oss rätt att fiska på enskilt vatten med både rörligt och fast redskap utmed

västkusten utan vattenägarens tillstånd. Varken vattenägaren eller någon annan får ta bort andra fiskares rörliga eller fasta fiskeredskap. De fasta redskapen kan under lång tid blockera ett vattenområde för annan verksamhet. Den konflikt som kan uppstå mellan rätten till vattnet och rätten till fiske vid användningen av vattenområdena håller man på att utreda.

Sjöfarten nyttjar av hävd enskilt vatten. I vikar och sund som helt täcks in av enskilt vatten måste vi förutsätta att varje fastighet skall ha förbindelse med allmänna farleder eller allmänt vatten över andras vattenområde. Utnyttjar vi vattenområdena intensivt för musselodling krävs därför en kanalisering av sjötrafiken som förutsätter att trafiken i det berörda vattenområdet studeras i sin helhet så att vi får bästa läge för både odlingar och vattenvägar. Här krävs planeringsinsatser på kommunal nivå i första hand.

Odlingarnas flöten av gröna, blå eller röda plastfat stör fritidsutsikten och landskapsbilden. Vi kan jämföra dem med bondens nya skogsplantering på vackra ängsmarker. Ett kulturlandskap ersätts med ett annat! Hur stark är vattenägarens eller odlarens rätt här i förhållande till andra lagar? Är vattenbruket en del i fiskenäringen eller bondens djuruppfödning?

Skall vattenbruket – och därmed musselodling – likt jordbruk, skogsbruk, fiske och rennärning ha en särställning i naturvårdslag och byggnadslag och undantas från strandskyddsbestämmelser och byggnadslov?

Hur mycket får vi odla?

Vi kan med planeringstekniken ta reda på ett vattenområdes maximala fysiska odlingskapacitet, d.v.s. hur många ton vi teoretiskt kan odla med hänsyn till vattenområdets längd, bredd, djup och normala näringsförhållanden, när vi har tagit hänsyn till andra anspråk på vattnets användning. Den biologiska odlingskapaciteten som beror på näringsförhållandena i vattnet kan vara mindre än den fysiska. Räcker näringen i vattenområdet till för en tillväxt som är ekonomiskt tillfredsställande när vi utnyttjar den fysiska kapaciteten maximalt?

Och räcker den till för övrig biologisk produktion i omgivningen? Här kommer åter marinbiologen och hydrologen in i bilden för en bedömning av hela vattenområdets biologiska kapacitet.

I en planerings- eller tillståndsgivningssituation finns det ingen anledning att reservera större vattenområden för odling än den biologis-

ka kapaciteten kan ge utrymme för. En sådan bedömning är också nödvändig vid tillståndsgivning för varje enskild odling med tanke på hur mycket utvecklingsutrymme odlingen eller grannarnas odlingar bör ha i framtiden.

Avfallet från odlingarna har, inte utan protester, motiverat tillståndsgivningen enligt miljöskyddslagen.

Musslorna fungerar som naturliga reningsverk. Avfallet under odlingarna påverkar inte nämnvärt vattenkvaliteten. Därför har kravet på prövning enligt miljöskyddslagen kritiserats bl.a. av odlare och länsstyrelsen i O-län.

Vi kan i dag med tillstånd enligt fiskeristadgan och med dispens från strandskyddet lägga ut en 100-tonodling. En sådan producerar ju, rätt utnyttjad, högst 50 ton om året. Vattenägaren skulle kunna arrendera ut sitt vatten i bitar till flera odlare med 100-tonsodlingar. Grannen likaså. På samma sätt kunde vattenutrymmet också fyllas om gränsen höjdes till 300–400 tons årsproduktion, d.v.s. i realiteten till 600–800 tons odlingsanläggningar. Eftersom all odling prövas enligt fiskeristadgan och i strandskyddat område enligt naturvårdslagen har länsstyrelsen goda möjligheter att stoppa en sådan utveckling.

Vi inser snart att tillståndsgivning med denna typ av gränsvärden för högsta tillåtna produktion utan tillstånd är en otillräcklig metod om vi vill kontrollera mängden avfall i ett vattenområde. Den bedömningen bör göras i samband med bedömningen av vattenområdets biologiska kapacitet, en miljöskyddsbedömning som betraktar vattenområdets framtida utnyttjande och inte enbart det akuta odlingsanspråket; eller hur?

Hur får vi odla?

Odlingarna måste i sin helhet sättas ut så att de kommer att ligga innanför vattenområdets gränser och det på ett sådant sätt att det fria vattenutrymmet runt om ger plats för den sjöfart som är nödvändig för drift och underhåll utan att denna inkräktar på grannens odlingsområde. Genom överenskommelse grannar emellan kan en gemensam zon utnyttjas för sjöfarten.

Anläggningens konstruktion och säkerhet bedöms inte i tillståndsgivningen. Om anläggningen havererar kan skador uppstå t.ex. på intilliggande odlingar eller på båtar och personer som tillfälligt uppehåller sig i odlingens närhet. Ansvar för avveckling och återställande

kan regleras med hjälp av miljöskyddslagen. För sjötrafiksäkerhetens skull måste med hjälp av sjötrafikförordningen utmärkning av odlingarna ske; särskilt gäller det nattnavigationen.

För utsättning och drift av odlingsanläggningar behöver vi dessutom hamnplatser för skördemaskiner och båtar och upplagsplatser och förråd för material, redskap och drivmedel på land med god anknytning till det allmänna vägnätet.

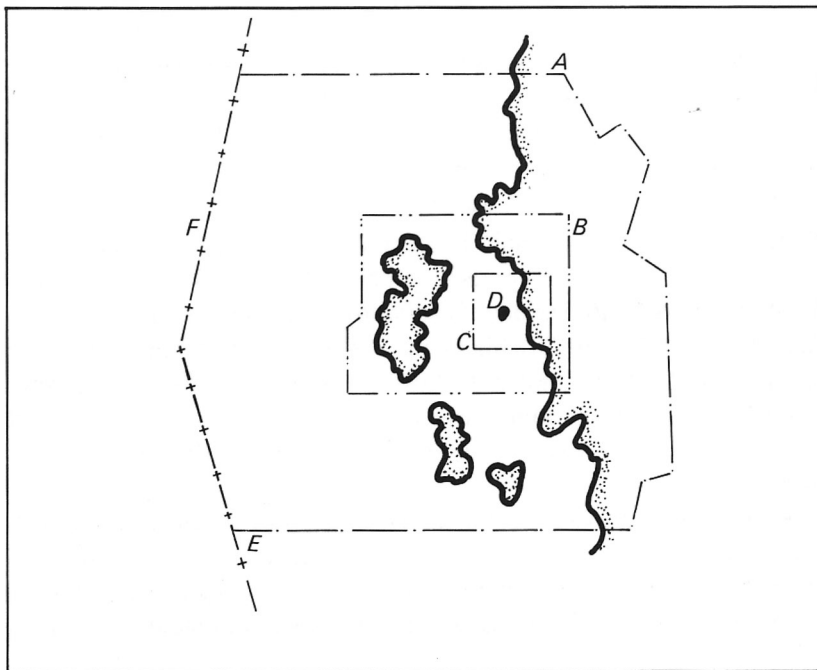
För nybyggnad av hamn och underhållsdepå måste vi med stor sannolikhet ha vattendom och byggnadslov.

Under driften reglerar hälsovårdsstadgan vattenkvalitén och epizootilagen spridning av sjukdomar. Vid skörden reglerar livsmedelslagen hantering av musslor som livsmedel.

Hur vill vi ha det?

Vill vi som odlare och samhällsmedlemmar ta ansvar för resursutnyttjande och sysselsättning kan vi inte bara se de enskilda odlingsanspråken som engångsföreteelser och tillståndsärenden. De är delar i en helhet, i en hel näringsgren under utveckling. Som odlare måste vi bedöma hur mycket musslor vi kan odla och sälja och var odlingarna kan ligga. Som beslutsfattare och tillståndsgivare måste vi bedöma hur mycket musslor som kan odlas totalt och var de bör odlas med hänsyn till näringsens hela produktions- och beredningsapparat, kustens miljö, konkurrerande anspråk och sysselsättningseffekter. Vi måste samtidigt göra tillståndspeduren så enkel som möjligt för odlaren.

Genom de nu genomförda undersökningarna av musselodlingarna i Nyckelbyviken har många kunskapsproblem lösts. Vi känner bättre hur en musselodling fungerar och dess konsekvenser för miljön. Pågående försöksplaneringar av kustvattnen i Havsresursdelegationens, DSH:s, regi och, framför allt, den planering av vattnen i Nyckelbyviken som sker på Strömstads kommuns initiativ visar att planeringsinsatser är nödvändiga för att samordna vattenutnyttjandet, inte minst med hänsyn till musselodling. Studierna visar också att lagar och regler olyckligtvis är dåligt samordnade och dåligt anpassade till kustvattenområdenas förhållanden. Ansvarsfördelningen börjar emellertid klarna. Regeringen hävdar den enskildes rättssäkerhet när länsstyrelsen i vällovlig avsikt söker förenkla tillståndsgivningen. Kommunerna börjar leta lämpliga vatten för musselodling och förbereda vattenanvändningen.



Figur 42

Kommunplanering. A = mark- och vattenöversiktsplan (hela kommunen), B = områdesplan (kommundel), C = detaljplan (kommundel), D = tillstånd (enligt olika lagar), E = kommungräns, F = riksgräns.

Samtidigt pågår revideringar av lagsystemet; ett förslag till ny vattenlag ligger på riksdagens bord, ett förslag till ny plan- och bygglag (PBL) med konsekvenser för både vattenlag och naturvårdslag bearbetas i bostadsdepartementet.

Tillståndsgivningen för musselodling kan utvecklas efter tre alternativa huvudlinjer, eventuellt kompletterade med nödvändiga specialtillstånd och ersättningsregleringar.

1. Vattendom enligt vattenlagen. Tillstånd och ersättningskrav regleras. Kostnader för utredningar och ansökan läggs på sökanden – odlaren, vattenägaren.
2. Byggnadslov enligt byggnadslagen eller PBL. Tillstånd och ersättningskrav regleras. Kommunen svarar för utredningskostnader och odlaren för byggnadslovshandlingar (beskrivning av anläggningens omfattning och utformning).

3. Samråd enligt 20 § naturvårdslagen och dispens från strandskydd och eventuella förordnanden. Samrådet är ingen tillståndsgivning utan en avvägning med hänsyn till naturvårdens intressen. Ersättningskrav regleras endast för naturreservat. Kostnader för ansökan med underlagsmaterial belastar sökanden.

Som odlare och som samhällsmedlemmar måste vi använda ett sådant arbetssätt att vi i tid kan upptäcka problemen, anspråken och intressekonflikterna och möjligheten till samutnyttjande i vattenområdena. Vi kan då samråda om förhållandena och fatta beslut om områdenas användning för olika ändamål: hushållning med resurserna i vattnet och på botten. Dessutom måste vi se utvecklingen i ett kort och ett långt perspektiv. Det kräver kunskap om lokala förhållanden, översikt och planering.

Kommunens ansvar för kustområdenas sysselsättning, miljö och planering sträcker sig över vattenområdena ända ut till territorialhavsgränsen. Planeringsarbetet genomförs med olika krav på noggrannhet och redovisar också resultaten i olika dokument.

- För hela kommunens område upprättas en mark- och vattenöversiktsplan som i stora drag anger användning och resursutnyttjande för olika ändamål.
- För särskilt problem- och konfliktdrabbade områden inom kommunen upprättas områdesplaner.
- För den detaljerade mark och vattenanvändningen, som skall vara underlag bl.a. för exploatering, utformas detalj-, stads- eller byggnadsplaner.

När anspråken och dessas effekter är kommungränsöverskridande måste antingen kommunerna samverka, t.ex. i regionplane- och kommunalförbund, eller länsstyrelsen ta på sig ansvaret för samverkan inom länet. Länsstyrelserna skall också förmedla information och kunskap om kustförhållanden och bevaka att områden och resurser som är betydelsefulla för riket i dess helhet (riksintressen) skyddas.

De starka sambanden mellan vattenområdena och markområdena i kustzonen samt byggnadslagstiftningens grundläggande helhetssyn (översikt och resurshushållning), dess närmast suveräna offentlighetsprincip i all planläggning (rättssäkerhet och medborgarmedverkan) och överlägsna precision i avgränsning av areell rätt (rätt läge och gräns-

dragning), gör en plan- och bygglag väl lämpad för planläggning av marina vattenområden och lokalisering av och tillstånd till byggnader och anläggningar. Dessutom blir då beslut och genomförande lokalt förankrade.

Den slutliga resursavvägningen är inte någon vetenskap eller någon förhandling i domstol – den är ett politiskt ställningstagande till hur våra vattentillgångar skall användas, ett val av framtid för människorna i kommunen och för livet i havet.

Om vi gör en musselodlingsanläggning bygglovspliktig på samma sätt som olika byggnader och anläggningar på land i dag är bygglovspliktiga så kan, beroende på odlingsanläggningarnas omfattning och läge, i kommunen byggnadslov ges antingen med översiktsplanen, områdesplanen, eller med detaljplanen som grund.

Därmed skulle odlarens problem med att få

- tillgång till vatten- och landområden
- tillstånd till odlingsverksamhet
- odlingarna utlagda på rätt plats och vattnet regelbundet kontrollerat med fördel kunna lösas på lokal nivå i nära samarbete med kommunen – dess politiker och tjänstemän.

Ge inte tappt!

Som musselodlare kan vi tycka att det nuvarande sättet att pröva ansökningar om tillstånd till musselodling enligt fiskeristadgan och miljöskyddslagen är krångligt, byråkratiskt och orättfärdigt. Jämför vi med prövning av andra verksamheter är det snarare tvärtom. Det är en enkel prövning som i regel klaras av på bara tre månader!

Problemet ligger snarare i att finna lämpliga odlingsvatten med hänsyn till andra intressen. I de flesta vattenområden kan vi utan större problem samordna odlingarna med andra intressen. Det bästa sättet att lösa lokaliserings- och samordningsfrågorna är att i första hand ta kontakt och samråda med kommunens byggnadsnämnd och hälsovårdsnämnd.

Tillsammans skall dessa nämnder känna till både de lokala förhållandena, länsstyrelsens, fiskeristyrelsens (fiskenämnens), sjöfartsverkets och andras intresseanspråk i vattenområdena. När odlare och kommun är överens om lämpliga lägen och vattenägaren har gett sitt tillstånd bör därpå följande tillståndsprövning enligt nuvarande regler endast bli en formalitet. Lycka till!

LITTERATUR OM BLÅMUSSLOR OCH MUSSELODLING

Odling

- Böhle, B., 1979. Dyrking av blåskjell i Norge. Fisken og Havet, Ser. B. Nr 5, 23 s.
- Forskningsrådsnämnden, 1980. Svensk akvakultur (sammanställd av H. Ackefors). Rapport nr 28-N, 230 s.
- Forskningsrådsnämnden, 1982. Som fisken i vattnet. Vattenbrukets miljöfrågor. Rapport 82:7, 67 s.
- Forskningsrådsnämnden, 1982. Får jag lov? Vattenbrukets juridik. Rapport 82:6, 73 s.
- Haamer, J., 1977. Musselodling. Havets hängande trädgårdar. Forum, 144 s.
- Hovgaard, P., och Joranger, P., red., 1981. Blåskjelldyrkning, produksjon og salg. Sogn of Fjordane distriktshøgskule skrifter 1981:2, 78 s.
- Korringa, P., 1976. Farming marine organisms low in the food chain. Elsevier, 264 s.
- Lutz, R. A., editor, 1980. Mussel culture and harvest: a North American perspective. Elsevier, 350 s.
- Mason, J., 1972. The cultivation of the European mussel, *Mytilus edulis* Linnaeus. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 10, s. 437-460.

Biologi och ekologi

- Bayne, B. L., editor, 1976. Marine mussels, their ecology and physiology. IBP 10, Cambridge University Press, Cambridge, 506 s.
- Christensen, J. M., 1979. Musslor i havet. Wahlström och Widstrand, 120 s.
- Fonselius, S. H., 1974. Oceanografi. Generalstabens Litt. Anstalt.
- Rosenberg, R., 1982. Havets liv och miljö. Liber, 193 s.
- Tenore, K. R., och Gonzales, N., 1976. Food chain pattern in the Ria de Arosa, Spain: an area of intense mussel aquaculture. 10th European Symp. Mar. Biol., Ostend, Belgium 1975. Vol. 2, s. 601-619.

Rapporter från "Musselprojektet" och andra relevanta undersökningar i Sverige.

- Billgren, O., och Håkansson, N., 1980. Pilotundersökning av parasitförekomst hos *Mytilus edulis* i Lysekilsområdet, 1979. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil 263, s. 25–35.
- Dahlbäck, B., och Gunnarsson, L. Å. H., 1981. Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology* 63.
- Dybern, B. I., och Jensen, S., 1978. DDT and PCB in fish and mussels in the Kattegatt-Skagerrak area. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil 232, 32 s.
- Fjälling, A., Kolsäter, L., och Thulin, J., 1980. En parasitologisk undersökning av vilda och odlade musslor, *Mytilus edulis*, i Tjärnöområdet, norra Bohuslän, 1979. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil 263, s. 1–24.
- Hagström, Å, och Larsson, A. M., 1982. Pelagiska bakterier och musselodling. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil, 286, 21 s.
- Kolmberger, B., 1981. Strömförhållanden i musselodlingar. Laboratorieförsök. Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola 1981: 1.
- Larsson, A.-M., och Lempert, L., 1978. Undersökning av en musselodling – Tjärnö juli 1977. Göteborgs Univ. Oceanografiska inst. Rapport 25, 16 s.
- Larsson, A.-M., 1983. Hydrographical and chemical observations in a coastal area with mussel farms, western Sweden. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil, 290.
- Loo, L.-O., och Rosenberg, R., 1983. *Mytilus edulis* culture: growth and production in western Sweden. *Aquaculture*
- Lännergren, C., i manus. Phytoplankton primary production and suspended chlorophyll, protein, and carbohydrate in two size fractions in surface water on the Swedish west coast.
- Matsson, J., och Lindén, O. Benthic succession under a mussel culture. *Sarsia*.
- Romare, P., Håkansson M., och Rosenberg, R., 1982. Fastsättning och efterföljande spridning av blåmusslan *Mytilus edulis* L. vid svenska västkusten. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil 285, 16 s.
- Rosenberg, R., and Loo, L.-O., 1983. Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in western Sweden. *Aquaculture*.
- Wiigh-Mäsak, P., 1982. Säsongsdynamiken i en musselodling i Mollösund och Lyrösund, södra Bohuslän, 1980. Meddelande Havsfiskelab., Lysekil 284, 24 s.

I början av 1970-talet började man göra allvarliga försök med att odla blåmusslor i Sverige. I slutet av 1970-talet hade man prövat ut en bra odlings-teknik i Bohuslän. Antalet musselodlingar ökade.

Men kunskapen om hur musselodlingarna fungerade och tillväxte, om hur samspelet ägde rum med ström, växtnäringsämnen och planktonalger och om hur den omgivande miljön påverkades var bristfällig. Även i utlandet var dess ekologiska samband dåligt kända. Sommaren 1978 påbörjades därför ekologiska undersökningar av musselodlingar. Undersökningarna har huvudsakligen bedrivits i Tjärnö-området söder om Strömstad med Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium som bas.

Boken vänder sig till musselodlare, fiskare, planerare, politiker och beslutsfattare samt, givetvis, till alla som är intresserade av havet och av ekologi. Den kan läsas utan några speciella förkunskaper. Flera av bidragsgivarna till boken har arbetat inom det nämnda forskningsprojektet, men för att göra boken mera heltäckande har även några författare utanför forskningsprojektet ombetts att medverka.

ISBN 91-85330-54-X

Bokförlaget Signum

Box 1135

221 04 Lund

telefon 046-14 48 13

