



Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön

Martin Lindqvist

*SLU, Institutionen för ekonomi.
Magisteruppsats i nationalekonomi.
D-nivå, 30 ECTS credits*

*ExamensarbeteNr 517
Uppsala, 2008*

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-No517-SE

Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön

The value of using Blue mussel sea farming as a measure to remove nitrogen and phosphorous from the Baltic Sea, under the condition that the reductions are conducted in a cost effective way.

Martin Lindqvist

Handledare: Ing-Marie Gren.

© Martin Lindqvist

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 UPPSALA

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-No517 –SE

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala, 2008

FÖRORD

Författaren vill tacka Ing-Marie Gren för konstruktiv kritik och bra diskussioner arbetet igenom. Dessutom skall ett tack riktas till Ylva Jonzon som bidragit med värdefull datainsamling om musslor. Ett stort tack skall också riktas till Odd Lindahl och Sven Kollberg vid Kristinebergs marina Forskningsstation. De har lämnat mycket värdefull information om musslor och musselodlingar och har varit mycket tålmodiga inför de många frågor som ställts. Stort tack!

Uppsala 7:e april 2008,

Martin Lindqvist.

Abstract

Damage from eutrophication, due to human activities is one of the most serious problems facing the Baltic Sea. Blue mussels feed by filtering plankton from the sea water and can thereby convert nutrients (nitrogen and phosphorous) into mussel meat. If the mussels are harvested and permanently removed from the sea they can function as a way to combat eutrophication. On the Swedish west coast blue mussel farms are already used as a measure to remove nitrogen from the sea water. It has also been proven that blue mussel sea farming can be a cost effective way to remove nitrogen on the Swedish west coast (under certain conditions). Nonetheless it remains rather uncertain how effective blue mussel sea farming can be as a measure to remove nitrogen and phosphorous from the Baltic Sea. This uncertainty originates from the fact that the Baltic Sea has brackish water which affects the growth rate of the blue mussels negatively.

The purpose of this thesis is to investigate what the value is of including blue mussel sea farming as a measure to remove nitrogen and phosphorous from the Baltic Sea, under the condition that the nutrient reductions is conducted in a cost effective way. The purpose is also to investigate under what conditions blue mussel sea farming can be a cost effective measure to remove nitrogen and phosphorous from the Baltic Sea. Today there exist no cost calculations for using blue mussels as a measure to remove nitrogen and phosphorous from the Baltic Sea. Therefore marginal cost calculations are carried out for four different areas of the Baltic Sea (Kattegat, Öresund, south Baltic proper and north Baltic proper). These marginal cost calculations are then used in a GAMS- model (the acronym stands for General Algebraic Modeling System) for cost effective nutrient reductions to the Baltic Sea, developed by Ing-Marie Gren at the Swedish University of Agricultural Science in Uppsala, Sweden. Through simulations in the GAMS-model the value of using blue mussel sea farming is established, it is also established under what conditions blue mussels can be a cost effective measure for removing nitrogen and phosphorous from the Baltic sea.

The results show that the value of using blue mussel sea farming as a way to reduce the concentration of nitrogen and phosphorous in the Baltic Sea depend on a lot of different factors of biological, economic and technical nature. Because of extensive uncertainty regarding several of these factors the results should be treated with caution. Nonetheless it can be established that the value of using blue mussel farms as a measure to reduce nutrients to

the Baltic Sea is at its greatest when the goal is to conduct simultaneous reductions of both nitrogen and phosphorous. It is also established that the potential for using blue mussel sea farming as a measure to remove nitrogen and phosphorous is greatest in Kattegat and smallest in the north Baltic proper. This is because the saltness of the Baltic Sea, which is positively correlated with the growth rate of the mussels, decreases towards the north-east.

Key words: Mussels, nitrogen, phosphorous, cost effectiveness, Baltic Sea.

Sammanfattning

Övergödning på grund av mänskliga utsläpp av närsalter, främst kväve och fosfor är ett av de allvarligaste miljöproblemen i Östersjön. Blåmusslor lever av att filtrera växtplankton från vattnet och binder därigenom kväve och fosfor. På så sätt bidrar de till att minska övergödningen när de skördas. På den svenska västkusten används redan musselodlingar som reningsåtgärd för att motverka övergödningen. Det har också konstaterats att med den tillväxttakt som råder på västkusten är musselodlingar under vissa förutsättningar en kostnadseffektiv reningsåtgärd. Osäkerheten är emellertid stor kring hur effektiva musselodlingar kan vara som reningsåtgärd i Östersjön. Detta beror på att Östersjöns lägre salthalt inverkar negativt på musslornas tillväxttakt.

Syftet med denna uppsats är att undersöka värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön, samt att klargöra under vilka förhållanden som musselodlingar kan utgöra ett kostnadseffektivt sätt att rena kväve och fosfor från Östersjön. I dagsläget existerar inga kostnadsberäkningar för att rena kväve och fosfor från Östersjön med hjälp av musselodlingar.

Marginalkostnadsberäkningar för att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar utförs därför för fyra delområden av Östersjön (Kattegatt, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön). Dessa marginalkostnadsberäkningar används sedan i en GAMS-modell (akronymen står för General Algebraic Modeling System) för kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön, utvecklad av Ing-Marie Gren, vid institutionen för ekonomi, SLU, Uppsala. Genom simuleringar i denna GAMS-modell kan värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön fastställas. Det fastställs även under vilka förutsättningar som musselodlingar inkluderas i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön.

Resultaten visar att värdet av att använda musselodlingar som reningsåtgärd för att minska koncentrationen av kväve och fosfor från Östersjön beror på en rad faktorer av biologisk, ekonomisk och teknisk karaktär. Då det råder stor osäkerhet för flera av dessa faktorer måste de resultat som presenteras beaktas med nykter försiktighet. Det kan likväl konstateras att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd är som störst då målet är en simultan rening av både kväve och fosfor. Det konstateras också att potentialen för att använda musselodlingar som reningsåtgärd är som störst i Kattegatt och som minst i norra egentliga Östersjön. Detta

beror på att salthalten i Östersjön, som är positivt korrelerad med tillväxthastigheten hos musslorna avtar i nord-östlig riktning.

Nyckelord; Musslor, kväve, fosfor, kostnadseffektivitet, Östersjön.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Problemdefinition.....	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Metod och tillvägagångssätt.....	2
1.4 Avgränsning.....	3
1.5 Disposition	3
2. Inkludering av musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön	3
2.1 Bakgrund till modellen.....	3
2.2 Modell; Inkludering av musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön.....	7
3. Beskrivning av data	11
3.1 Faktorer som påverkar effekten av musselodlingar.....	11
3.2 Nettokostnader.....	15
4. Kostnadsberäkningar	20
4.1 Kostnadsberäkningar för Kattegatt och Öresundsområdet.....	21
4.2 Kostnadsberäkningar för södra och norra egentliga Östersjön.....	24
5. Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd	26
5.1 Kostnadseffektiv rening av kväve.....	28
5.2 Kostnadseffektiv rening av fosfor.....	33
5.3 Kostnadseffektiv rening av båda närsalterna.....	36
5.4 Känslighetsanalys.....	39
6. Sammanfattande diskussion	42
Referenser	43
Appendix A.....	46
Appendix B.....	47
Appendix C.....	49
Appendix D.....	52
Appendix E.....	55

1. INLEDNING

Övergödning på grund av mänskliga utsläpp av närsalter är ett av de största miljöproblemen i Östersjön. Utsläppen av kväve och fosfor har sedan början av 1900-talet ökat med omkring 4-8 gånger. Övergödningen har som resultat av detta ökat kraftigt både längs kusterna och ute i öppna Östersjön, med bland annat fiskdöd på grund av syrebrist som följd. Flera näringsämnen samverkar vid övergödningen av Östersjön men störst inverkan har kväve- och fosforutsläppen. (Gren et al, 2000)

Att övergödningen av Östersjön är ett allvarligt miljöproblem erkänns av samtliga Östersjöländer och långtgående diskussioner förs, bland annat i samarbetsorganet HELCOM kring hur lämpliga åtgärdsplaner skall utformas. (Helcom, 2007) Trots konsensus kring problemets magnitud har inga konkreta åtgärder genomförts, som på allvar kan förväntas lösa problemet. En bidragande orsak till den tveksamhet, som finns för att minska närsaltsdepositionen till Östersjön kan vara det faktum att reningskostnaderna blivit relativt höga i takt med att billiga åtgärder genomförts (Gren et al, 2008).

1.1 Problemdefinition

Mot bakgrund av att kostnaden för rening av kväve och fosfor blir allt högre i takt med att billiga åtgärder genomförs är det intressant att utvärdera nya reningsåtgärder för att på så sätt kunna sänka reningskostnaderna. En reningsåtgärd, som flera aktörer visat intresse för och som används på prov i Östersjön av bland annat Mönsterås kommun är blåmusselodlingar (Internet, Mönsterås kommun, 2007). Det har konstaterats att blåmusselodlingar, som binder kväve och fosfor genom filtrering av växtplankton som finns i havsvattnet, under vissa förutsättningar kan utgöra en kostnadseffektiv åtgärd för att minska mängden närsalter längs den svenska västkusten (Hart et al, 2005). Det råder emellertid stor osäkerhet kring hur effektiva musselodlingar kan vara som reningsåtgärd för minskning av kväve och fosfor i Östersjön. Detta dels då odlingsförhållandena i Östersjön inte är fullt lika goda som på västkusten (främst på grund av Östersjöns lägre salthalt, som inverkar negativt på musslornas tillväxt) och dels därför att musselodling inte har provats i större skala i Östersjön.

I dagsläget existerar inga kostnadsberäkningar för att rena kväve och fosfor i Östersjön med hjälp av musselodlingar. För att klargöra om musselodlingar kan utgöra ett kostnadseffektivt sätt att avlägsna kväve och fosfor från Östersjön krävs att marginalkostnaden för rening fastställs, samt att den jämförs med marginalkostnaden för rening av kväve och fosfor med etablerade metoder.

1.2 Syfte

Syftet med denna uppsats är att undersöka värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön, samt att klargöra under vilka förhållanden som musselodlingar kan utgöra ett kostnadseffektivt sätt att rena kväve och fosfor från Östersjön. Kostnadsberäkningar kommer att genomföras för fyra olika delområden för att fastställa värdet av musselodlingar som renare av kväve och fosfor i Östersjön. Dessa områden är Kattegatt, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön. Detta för att belysa hur skillnader i exempelvis salthalt i de olika havsområdena och skillnader i löneläge mellan olika länder inverkar på kostnaden att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar.

1.3 Metod och tillvägagångssätt

Teorin för kostnadseffektiv rening under spatial heterogenitet används för att klargöra hur en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar i Östersjön genomförs i teorin. Litteraturstudium och datainsamling bedrivs sedan för att fastställa vilken marginalkostnad som kan förväntas om kväve och fosfor renas med hjälp av musselodlingar i Östersjön. Värdet av musslorna som reningsåtgärd beräknas sedan med hjälp av matematisk programmering i en GAMS-modell (GAMS-modellen, (General Algebraic Modeling System) beskrivs utförligt i kapitel 5 nedan) för kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor i Östersjön utvecklad av Ing-Marie Gren.

1.4 Avgränsning

En viktig avgränsning som görs är att Östersjön i denna uppsats betraktas som en havsbassäng. Transport av närsalter inom och mellan havsbassänger kan påverka den kostnadseffektiva lösningen. Detta har dock inte beaktas här.

1.5 Disposition

Uppsatsen fortsätter nu med ett bakgrundsavsnitt och ett teoriavsnitt. Därefter presenteras det datamaterial som används för att beräkna marginalkostnaden för rening med hjälp musselodlingar i Östersjön varvid marginalkostnadsberäkningarna görs. Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor fastställs sedan genom att de beräkningar som gjorts med hjälp av GAMS presenteras. Uppsatsen avslutas med en sammanfattande diskussion.

2. INKLUDERING AV MUSSELODLINGAR I EN KOSTNADSEFFEKTIV RENING AV KVÄVE OCH FOSFOR FRÅN ÖSTERSJÖN

Detta kapitel indelas i två delar. I den första delen presenteras bakgrundsinformation till modellen som kommer i del två. Denna bakgrund innefattar en kortfattad diskussion kring de viktigaste utsläppskällorna av kväve och fosfor varvid vikten av utsläppskällans lokalisering för slutlig deposition av närsalter till Östersjön fastställs. Därefter tas det kortfattat upp vilka etablerade reningsmetoder som finns för att rena kväve och fosfor från Östersjön. Denna första del avslutas med en presentation av musselodlingar som reningsåtgärd. I del två av kapitlet presenteras en enkel matematisk modell för att teoretiskt visa vilka förutsättningar som krävs för att musselodlingar skall kunna inkluderas som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön.

2.1 Bakgrund till modellen

En rad länder är delar av Östersjöns avrinningsområde vilket kan ses i figur 1 nedan. Det är emellertid de nio länder som har kuststräcka vid Östersjön (Sverige, Tyskland, Danmark,

Finland, Estland Polen, Litauen, Lettland och Ryssland), som står för merparten av utsläppen av kväve och fosfor till Östersjön. (Gren et al, 2000)



Figur nr 1: Östersjöns avrinningsområde. Källa; (Internet, Stockholms marina forskningscentrum, 2008).

Det som karakteriserar utsläppen av kväve och fosfor till Östersjön är att de består av både diffusa utsläpp som t ex läckage från jordbruk och luftutsläpp samt punktutsläpp från t ex industri och reningsverk (Gren et al, 2000). År 2005 var de totala kväveutsläppen till

Östersjön ca 824 tusen ton och de totala fosforutsläppen var ca 39 tusen ton (Gren et al, 2008). För kväve är jordbrukssektorn den enskilt största utsläppskällan, som står för över 50 procent av de totala kväveutsläppen till Östersjön. Andra viktiga utsläppskällor av kväve är avloppsutsläpp från industri och hushåll samt luftutsläpp från förbränning av fossila bränslen, inom bland annat transportsektorn. För fosfor är avloppsutsläpp från industri och hushåll samt utsläpp från jordbrukssektorn de största utsläppskällorna. (Gren et al, 2000) Polen är det land som utmärker sig genom att stå för de enskilt största utsläppen av både kväve och fosfor, de polska kväveutsläppen uppgår till ca 40 procent av de totala kväveutsläppen och de polska fosforutsläppen uppgår till ca 57 procent av de totala fosforutsläppen. (Gren et al, 2008)

För att avgöra hur stor inverkan olika utsläppskällor får på den totala depositionen av kväve och fosfor till Östersjön krävs två olika uppgifter. För det första krävs information över hur stora kväve och/eller fosforutsläppen är från källan. För det andra krävs uppgifter om utsläppskällans lokalisering och hur kväve och fosfor transformeras under transport till Östersjön. För reningsverk och industri, som är lokaliserade direkt vid kusten är depositionen av kväve och fosfor till Östersjön lika med utsläppen från källan. För alla andra utsläppskällor är det emellertid endast en andel av de totala utsläppen från källan som deponeras till Östersjön. Hur stor denna andel är avgörs av en rad komplicerade meteorologiska, hydrologiska och biogeokemiska processer. Dessa processer ser olika ut beroende på vart utsläppskällan är lokaliserad och beroende på om utsläppen sker till vattendrag, till landområden eller till luft. Sker utsläppen till ett landområde inom avrinningsområdet avgörs den slutliga depositionen av kväve och/eller fosfor till Östersjön av läckage och retention. Med läckage menas den andel av de totala utsläppen som deponeras på ett specifikt landområde som sedan genom hydrologiska och biogeokemiska processer läcker till kringliggande vattendrag för att därifrån transporteras till Östersjön. Under denna transport sker en transformering av närsalterna genom bland annat sedimentering och upptag av kväve och fosfor från växter, denna process kallas retention. För utsläpp som sker direkt till olika vattendrag är det endast retentionen som påverkar hur stor andel som slutligen når Östersjön. Luftutsläpp kan dels ske direkt till Östersjön och avgörs då av meteorologiska förhållanden, och dels till ett landområde inom avrinningsområdet. De luftutsläpp som sker till ett landområde inom avrinningsområdet påverkas av meteorologiska förhållanden men även av läckage och retention. Både läckage, retention och meteorologiska förhållanden skiljer sig åt mellan olika områden och länder inom avrinningsområdet och har en avgörande effekt på hur stor depositionen till Östersjön blir från en specifik utsläppskälla. Det är således den rumsliga

dimensionen i kombination med storleken på utsläppen från källan som avgör slutlig deposition till recipienten. Detta är ett faktum som även reflekteras i de etablerade reningsåtgärder som finns för att minska depositionen av kväve och fosfor till Östersjön. (Gren et al, 2000)

De etablerade reningsåtgärder som står till buds för att minska depositionen av kväve och fosfor till Östersjön kan grovt delas in i tre kategorier. Den första kategorin är inriktad på att minska kväve och fosfor från källan så att depositionen av kväve och fosfor till Östersjön och till landområden i avrinningsområdet minskar. Exempel på reningsåtgärder inom denna kategori är minskad användning av konstgödsel inom jordbruket, installering av katalysatorer i bilar, minskad användning av fossila bränslen och åtgärder som ökar reningskapaciteten hos reningsverk. Den andra kategorin av reningsåtgärder innefattar förändringar i markanvändningen för att minska läckage av närsalter, som deponeras på markområden. Exempel på åtgärder inom denna kategori är bland annat odling av fånggrödor och anläggning av buffertremsor. Den tredje kategorin av reningsåtgärder innefattar åtgärder som ökar retentionen så att mindre närsalter når Östersjön. Exempel på en åtgärd inom denna kategori är anläggande av våtmarker nära kusten, som binder närsalter och därigenom medför att mindre halter av kväve och fosfor deponeras i Östersjön. (Gren et al., 2000 och Gren et al 1995)

Musselodlingar är en reningsåtgärd som vid skörd avlägsnar kväve och fosfor från havsvattnet och återför närsalterna till land. Genom detta faktum utgör musselodlingar en unik möjlighet (tillsammans med alger) att rena de diffusa utsläpp av näringsämnen som redan hamnat i havsvattnet och bundits av växtplankton (Edebo & Haamer, 1990). Då en stor del av de totala utsläppen av kväve och fosfor till Östersjön (t ex jordbruksutsläpp och luftutsläpp, som beskrivs ovan) utgörs av diffusa utsläpp är detta en attraktiv egenskap hos musselodlingar som reningsåtgärd. Rening sker genom att musslorna filtrerar havsvatten vid intag av föda, huvudsakligen i form av växtplankton. Musslornas filtreringskapacitet beror på dess storlek. En 5 -6 cm stor mussla kan filtrera upp emot 5 liter vatten i timmen. Det totala innehållet av fosfor och kväve i en mussla varierar med en rad faktorer. Kväveinnehållet i en mussla är ca 1 % och fosforinnehållet något mindre än en tiondel av kväveinnehållet. Det antas därmed att kväveinnehållet i en mussla är ca 1 % och att fosforinnehållet är knappt 0,1 %, men med reservation för att denna halt kan variera. Tanken är att musslor odlas med hjälp av adekvat metod (i denna uppsats antas det att odling sker med hjälp av så kallad Long-line odling vilket

beskrivs mer ingående i kapitel tre nedan) för att därefter skördas och permanent avlägsnas från Östersjön. Vid odling och skörd av ett ton musslor återförs således ca 10 kilo kväve och något mindre än 1 kilo fosfor från hav till land. (Sanchez et al, 2004) Idén att använda musselodlingar för att bekämpa övergödning i havsvatten har förts fram av flera forskare och på västkusten används redan musselodlingar som en kompensationsåtgärd för utsläpp av kväve. I Lysekils kommun har behov funnits att minska kväveutsläppen med 39 ton. Istället för utbyggnad av reningsverk har kommunen slutit avtal med musselodlare, som producerar 3900 ton blåmusslor. (Andersson, 2005) Förutsättningarna för musselodlingar är inte fullt lika goda i Östersjön som på västkusten (detta skall diskuteras nedan i kapitel 3 och 4), men teorin är densamma. Genom odling av musslor binds kväve och fosfor från havsvattnet, som annars skulle bidra till övergödningen. När musslorna sedan skördas återförs näringsämnen och ett kretslopp mellan hav och land skapas. (Larsson, 1985)

2.2. MODELL; Inkludering av musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön.

Kostnadseffektivitet innebär att ett eller flera samhällsmål uppnås till lägsta möjliga kostnad (Perman et al, 2003). För att musselodlingar ska kunna inkluderas i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön krävs att marginalkostnaden för rening likställs över alla reningsåtgärder. Marginalkostnaden definieras här som kostnaden att minska depositionen av ett kilo kväve eller fosfor till Östersjön. För musselodlingar, som renar kväve och fosfor direkt i havsvattnet innebär det att marginalkostnaden för att rena ett kilo kväve är lika med kostnaden att odla och skörda 100 kilo musslor. Marginalkostnaden för att rena ett kilo fosfor blir på ett analogt sätt lika med kostnaden för att odla och skörda 1000 kilo musslor. För reningsåtgärder som är lokaliserade uppströms i avrinningsområdet så består marginalkostnaden emellertid av två delar: kostnaden för reningsåtgärden och dess påverkan på Östersjön (Gren et al, 2008). Detta beror på de komplicerade metrologiska och hydrologiska processer som beskrevs ovan, som innebär att endast en andel av utsläppen från källan deponeras till Östersjön. Marginalkostnaden för dessa reningsåtgärder är lika med marginalkostnaden för rening vid källan dividerat med dess påverkan vid kusten. Ett exempel som hämtas från Gren et al, 2008, sida 16 används för att illustrera vikten av detta; ”Två reningsverk A och B, som är identiska på alla sätt och därmed har samma reningskostnad, exempelvis 50 kr/kg kvävereduktion antas. Det enda som skiljer

reningsverken åt är deras lokalisering. Reningsverk A är lokaliserad vid kusten och B är lokaliserad uppströms. Retentionen för reningsverk B, som är lokaliserad uppströms antas till 0,5. Marginalkostnaden för att rena ett kilo kväve ges således av marginalkostnaden för rening vid källan dividerat med dess påverkan på kusten. Marginalkostnaden för att minska depositionen av kväve med ett kilo är därmed 100 SEK för reningsverk B och 50 SEK för reningsverk A". Således är det allt annat lika kostnadseffektivt att utföra mer rening nära kusten eller i havsvattnet som är fallet med musselodlingar.

Det antas i den här modellen att en Östersjömyndighet, t ex samarbetsorganet HELCOM har satt upp ett miljömål som anger att depositionen av kväve och/eller fosfor till Östersjön inte får överstiga en viss bestämd nivå \bar{N} och \bar{P} . Den nuvarande depositionen av kväve till Östersjön betecknas här N och depositionen av fosfor betecknas P . Det antas vidare att N och P i dagsläget överstiger miljömålet och att reningsinsatser därför är nödvändiga.

En rad olika reningsåtgärder antas existera för att minska depositionen av kväve och fosfor till Östersjön, varav musselodlingar är en. Dessa reningsåtgärder betecknas här A^{ij} , där index i står här för den specifika reningsåtgärden och index j står för reningsåtgärdens lokalisering i avrinningsområdet eller i havet. Det existerar reningsåtgärder som enbart renar kväve, reningsåtgärder som enbart renar fosfor och reningsåtgärder som t ex musselodlingar, som renar båda närsalterna. Det antas därmed att de olika reningsåtgärderna antingen påverkar slutlig deposition av kväve och/eller fosfor till Östersjön negativt eller att de inte påverkar depositionen alls. Den slutliga depositionen av N och P till Östersjön är således en funktion av de olika reningsåtgärderna och i vilken omfattning de används. Depositionen av kväve och fosfor till Östersjön skrivs således $\sum_i \sum_j N(A^{ij})$ och $\sum_i \sum_j P(A^{ij})$. Detta ger följande

miljömål för kväve och fosfor:

$$(1) \quad \bar{N} \geq \sum_i \sum_j N(A^{ij}) \quad \text{och} \quad \bar{P} \geq \sum_i \sum_j P(A^{ij})$$

Det antas vidare att det existerar kostnadsfunktioner, $C \left(A^{ij} \right)$ för alla reningsåtgärder och att dessa är kontinuerliga, växande och konvexa.

Målet för en eventuell Östersjömyndighet antas vidare vara en minimering av de totala reningskostnaderna under förutsättning att miljömålet i ekvation (1) inte överskrids. Detta ger följande beslutsproblem för en eventuell Östersjömyndighet:

$$(2) \quad \text{Min} \sum_i \sum_j C \left(A^{ij} \right) \text{ under bivillkor } \bar{N} \geq \sum_i \sum_j N(A^{ij}) \text{ och } \bar{P} \geq \sum_i \sum_j P(A^{ij})$$

Ekvation (2) kan ställas upp som en lagrangianfunktion enligt följande:

$$(3) \quad \text{Min } L(A^{ij}) \quad L = \sum_i \sum_j C \left(A^{ij} \right) + \beta \left(\bar{N} - \sum_i \sum_j N(A^{ij}) \right) + \lambda \left(\bar{P} - \sum_i \sum_j P(A^{ij}) \right)$$

Första ordningens villkor ger:

$$(4) \quad \frac{\partial L}{\partial A^{ij}} \Rightarrow \frac{\partial C}{\partial A^{ij}} - \beta \frac{\partial N}{\partial A^{ij}} - \lambda \frac{\partial P}{\partial A^{ij}} = 0, \quad \forall i \text{ och } j.$$

Ekvation (4) kan för en specifik reningsåtgärd på ett ekvivalent sätt skrivas:

$$(5) \quad \frac{\partial C}{\partial A^{ij}} = \beta \frac{\partial N}{\partial A^{ij}} + \lambda \frac{\partial P}{\partial A^{ij}}$$

Av denna ekvation kan det ses att i optimum är marginalkostnaden för rening med en viss bestämd reningsåtgärd lika med en viktad summa av dess marginella påverkan $\frac{\partial P}{\partial A^{ij}}$ och $\frac{\partial N}{\partial A^{ij}}$ på miljömålet för kväve och fosfor (Elofsson 2002). De båda multiplikatorerna β och λ står här för viktningen. De båda multiplikatorerna kan också tolkas som skuggpriset för att rena kväve och fosfor i optimum och tolkas då som den marginalkostnad för rening som i optimum är rådande. Beroende på om den specifika reningsåtgärden enbart påverkar kväve, enbart påverkar fosfor eller om reningsåtgärden påverkar båda närsalterna uppstår tre möjliga fall;

Fall nummer ett uppstår om reningsåtgärden enbart påverkar fosfor. Reningsåtgärdens marginella påverkan på miljömålet för fosfor är i detta fall negativ medan den marginella

inverka på kväve är lika med noll. Det vill säga: $\frac{\partial P}{\partial A^{ij}} < 0$ och $\frac{\partial N}{\partial A^{ij}} = 0$ och ekvation (5)

reduceras då till:

$$(6) \quad \frac{\partial C}{\partial A^{ij}} = \lambda \frac{\partial P}{\partial A^{ij}} \quad ,$$

skrivs denna ekvation om på följande ekvivalenta sätt erhålls $\frac{\partial C}{\partial A^{ij}} \div \frac{\partial P}{\partial A^{ij}} = \lambda$

som visar att i optimum är marginalkostnaden att rena ett kilo fosfor med en specifik reningsåtgärd lika med skuggpriset för rening av fosfor, det vill säga λ .

Fall nummer två uppstår om reningsåtgärden enbart påverkar kväve. Reningsåtgärdens marginella påverkan på kväve är i detta fall negativ medan den marginella inverkan på fosfor är lika med noll. Det vill säga: $\frac{\partial P}{\partial A^{ij}} = 0$ och $\frac{\partial N}{\partial A^{ij}} < 0$ och i detta fall reduceras ekvation (5) till;

$$(7) \quad \frac{\partial C}{\partial A^{ij}} = \beta \frac{\partial N}{\partial A^{ij}} \quad , \text{ som på ett ekvivalent sätt kan skrivas}$$

$$\frac{\partial C}{\partial A^{ij}} \div \frac{\partial N}{\partial A^{ij}} = \beta \quad ,$$

som visar att i optimum är marginalkostnaden att rena ett kilo kväve med en specifik reningsåtgärd lika med skuggpriset för rening av kväve, det vill säga β .

Fall nummer tre uppstår om reningsåtgärden påverkar miljömålen för både kväve och fosfor. Reningsåtgärdens marginella inverkan på både kväve och fosfor kommer då att vara negativ.

Det vill säga $\frac{\partial P}{\partial A^{ij}} < 0$ och $\frac{\partial N}{\partial A^{ij}} < 0$. Marginalkostnaden för rening med en specifik åtgärd ges i

detta fall av ekvation (5). Elofsson, (2002) har visat att en reningsåtgärd som påverkar miljömålen för både kväve och fosfor kommer att användas i en större utsträckning i optimum. Detta kan ses genom att inspektera ekvation (5) och konstatera att alla konstanter i högerledet är positiva storheter. Det följer av detta att om istället $\frac{\partial P}{\partial A^{ij}} = 0$ eller om $\frac{\partial N}{\partial A^{ij}} = 0$ så skulle marginalkostnaden för rening med den specifika reningsåtgärden i optimum vara lägre. Eftersom det antagits att alla kostnadsfunktioner är växande i A^{ij} så innebär en högre

marginalkostnad i optimum för en specifik reningsåtgärd att mer av den åtgärden används i optimum än om den enbart skulle påverka miljömålet för ett av närsalterna.

Två viktiga slutsatser kan dras av denna modell. För det första kommer en kostnadseffektiv rening innebära att marginalkostnaden för att rena ett kilo kväve eller ett kilo fosfor likställs över alla reningsåtgärder. För det andra kommer de reningsåtgärder som påverkar både miljömålet för kväve och miljömålet för fosfor att användas i större utsträckning.

3. BESKRIVNING AV DATA

I detta avsnitt kommer de data som används för att utföra kostnadsberäkningar att presenteras. Kapitlet är indelat i två delar. I den första delen motiveras val av områdesindelning, odlingsmetod och andra faktorer som påverkar effekten av musselodlingar som renare av kväve och fosfor i olika områden av Östersjön. I del två av kapitlet presenteras nettokostnader för att odla musslor i olika områden. Här analyseras vilka intäkter och användningsområden som är möjliga för skördade musslor från olika områden och därefter analyseras vad som styr produktionskostnaderna för att odla musslor i olika områden av Östersjön.

3.1 Faktorer som påverkar effekten av musselodlingar

En indelning av Östersjön görs inför kostnadskalkyler och känslighetsanalys till fyra delområden; Kattegatt, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön. Detta för att ta hänsyn till olika områdesspecifika karakteristika, som är av betydelse för kostnadsberäkningen (detta diskuteras ingående nedan). För Kattegatt behövs ingen närmare definiering men för de andra tre områdena krävs ett klagörande av områdesgränserna. Öresundsområdet definieras här som det havsområde som hamnar innanför en approximativ rektangel dragen mellan Århus, Halmstad, Malmö och Rostock (se karta nedan). Södra egentliga Östersjön antas starta vid Rostock (där Öresundsområdet tar slut) och fortsätta upp till och med Gotland. Norra egentliga Östersjön definieras som havsområdet från och med Gotland till strax norr om Åland. Salthalten är en faktor som skiljer sig åt mellan de olika områdena som Östersjön här indelats i. I Kattegatt uppmäts en salthalt på 20-25 promille. I Öresundsområdet är salthalten uppemot 20 promille vid gränsen mot Kattegatt men vid gränsen mot södra egentliga Östersjön, ungefär vid Rostock är salthalten endast nio promille. I området, som här benämns södra egentliga Östersjön varierar

salthalten mellan sju och nio promille. I området, som här kallas norra egentliga Östersjön varierar salthalten från fem till sju promille. (Sjöberg, 1992) En exkludering görs av de norra delarna av Bottenhavet samt av Bottenviken. Detta för att salthalten i dessa delar av Östersjön är så låg att musslan där lever på gränsen av vad den kan hantera i form av låg salthalt (M. Westerbom, M. Kilpi & O. Mustonen, 2002)

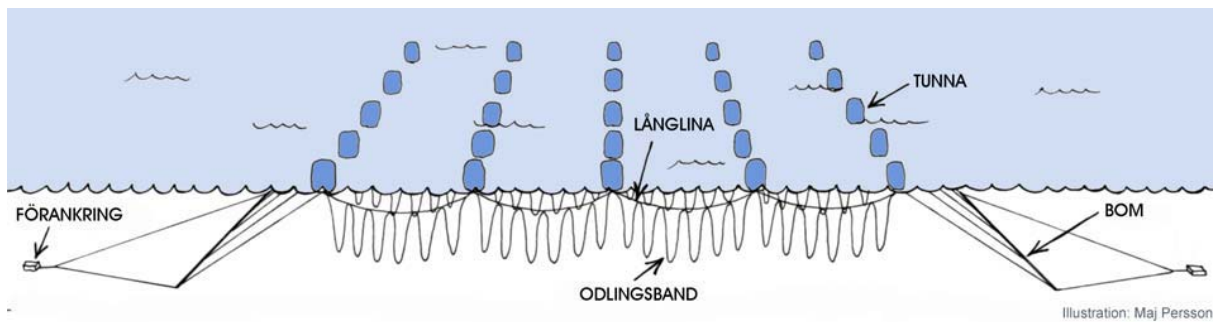
The Baltic Sea Area



Figur 2: Karta över Östersjön. (Internet, Europa-turismo net, 2007)

Det antas i denna uppsats att odling av musslor i Östesjön sker med hjälp av så kallad Long-line odling. Odling med hjälp av "long-line" är den mest etablerade tekniken i Sverige och tillförlitlig data har därför varit lättast att erhålla för denna odlingsmetod. En Long-line odling

består av 8-10 rader med ”långlinor” som hålls uppe med hjälp av flyttunnor. Från ”långlinorna” hänger odlingsband vertikalt ned i vattnet på vilka musselynglen fäster. En odlingsenhet upptar ungefär 0,4-0,5 hektar och kräver ett vattendjup på minimum 8-10 m (se figur 3). (Sanchez, et al, 2004)



Figur 3: Long-lineodling; Källa, (Sanchez, et al, 2004)

En intressant aspekt när det huvudsakliga målet med musselodling är att avlägsna kväve och fosfor från övergödda havsområden är att en betydande del av biomassan i en musselodling kan nås efter 5-6 månader under goda förhållanden (t ex längs den norska kusten). Dessa musslor, som benämns ”industrimusslor” är små och kan inte säljas för humankonsumtion. Skall musslorna användas för humankonsumtion krävs, en odlingstid på 12-18 månader under goda förhållanden. Biomassan i en odling med musslor avsedda för humankonsumtion är inte större än i en odling med mindre, så kallade ”industrimusslor”. Detta beror på att en stor mängd musslor ramlar av från odlingen under den tid det tar för musslorna att växa till humankonsumtionsstorlek. I områden där musslorna blir tillräckligt stora och där de växer tillräckligt fort kan därför ett val göras om det endast är biomassans storlek som är av intresse. Antingen odlas små ”industrimusslor” på 5-10 månader eller så odlas musslor för humankonsumtion på 12 -18 månader. För de områden som studeras i denna uppsats (Kattegat, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön) är det endast i Kattegatt och Öresundsområdet som musslorna växer tillräckligt fort och blir tillräckligt stora för att detta val skall kunna göras (Nordiskt seminarium, 2007)

I denna uppsats kommer slamsugning under musselodlingen att inkluderas i vissa kostnadskalkyler för att maximera upptaget av närsalter. En betydande mängd (30 %) av den näring som omsätts i en musselodling ansamlas som sediment under musselodlingen. Andelen näring som binds i musslan uppgår till 25 % och resterande (45 %) av den totala

näringsmängden behövs för att upprätthålla musslornas metabolism och då återgår även en del näringsämnen till havsvattnet. För närsaltet kväve innebär detta följande. I en musselodling som producerar 200 ton musslor på två år är den totala kväveomsättningen 7500 kg. Av dessa tas 1880 kg upp vid skörd, 3375 återförd till vattnet genom metabolism och 2250 kg hamnar på botten som sediment. Används slamsugning för att avlägsna sedimenterade fekalier från botten under musselodlingen kan mer än dubbelt så mycket kväve och fosfor avlägsnas från övergödda vatten än om endast musslorna skördas. Kostnaden för slamsugning av musselsedimentet under musselodlingen med en sandsugare beräknades år 1990 kosta 10 öre per kilo sediment. Eftersom kostnadsläget idag är ett annat antas det att slamsugning kan utföras till en kostnad på ca 30 öre per kilo slam. När slamsugning inkluderas i olika kostnadskalkyler (se Appendix C-E) antas det att kostnaden för slamsugning är 30 öre per kilo slam och att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam/fekalier under musselodlingen, som har samma koncentration av kväve och fosfor som musslorna. (Edebo & Haamer, 1990 och Edebo et al, 2000 och Haamer, 1996)

Förutsättningarna för musselodlingar i Östersjön är inte fullt lika goda som på västkusten. På västkusten kan ca 300 ton produceras på en hektar under en tid på 12 till 18 månader. En lika hög produktion är inte möjlig i Östersjön. Detta beror på att tillväxthastigheten är lägre för musslor i Östersjön. Tillväxten hos musslor avgörs av en rad faktorer: Näringstillgången och näringsammansättningen är av stor vikt för musslans tillväxt, där otillräcklig mängd näring medför avtagande tillväxt. Vattentemperaturen spelar också in och maximal tillväxt sker vid 15-20 grader Celsius. Ytterligare faktorer som inverkar på musslors tillväxt är ljusförhållanden, där musslor växer fortare i mörker, samt strömhastigheten där god strömhastighet genom musselodlingen medför ökad näringstillförsel och ökad tillväxt. Den tillväxtfaktor, som inverkar mest på förutsättningarna för musselodling i Östersjön är emellertid salthalten. Musslor uppnår maximal tillväxt vid en salthalt på 30-35 promille och växer snabbast när salthalten är stabil. I Östersjön är salthalten dock betydligt lägre och avtagande i nord-östlig riktning. Detta medför att musslor växer betydligt långsammare i Östersjön. (Haamer, 1977)

I Kattegatt och Öresundsområdet finns tillräcklig kunskap om musslans tillväxthastighet för att med relativ säkerhet kunna avgöra produktionstid vid musselodling i dessa områden. I Kattegatt, där salthalten varierar mellan 20-25 promille är musslornas tillväxthastighet i princip lika god som för musslorna på västkusten. Det innebär att en long-line odling på 0,4-

0,5 hektar kan producera 120-150 ton musslor avsedda för humankonsumtion på en tid på 12-18 månader. Vid produktion av ”industrimussla” kan gissningsvis istället 120-150 ton musslor odlas på ca 9-10 månader. (pers.kont. Lindahl, 2007 och CEA of Marianger Fjord, 2004)

I Öresundsområdet, där salthalten i medel är omkring 15 promille är tillväxthastigheten något lägre än i Kattegat. Där antas det att 100-120 ton musslor avsedda för humankonsumtion kan produceras på ca två år. Produceras industrimusslor i Öresundsområdet antas det att 100-120 ton kan produceras på ca ett år. (pers. kont., Jonzon, 2007).

Betydande osäkerhet råder angående tillväxthastigheten i södra och norra egentliga Östersjön. Detta beror på att ingen kommersiell musselodling bedrivs i dessa områden. Flera aktörer, bland annat Baltic Seven, en grupp som består av de sju största öarna i Östersjön har visat intresse att odla musslor på prov för att fastställa tillväxthastigheten. Baltic Seven har dock inte lyckats med finansieringen av provodlingarna varvid deras försök för tillfället ligger på is (pers.kont.Lindahl, Mats, 2007). Två aktörer, som bedriver provodling i Östersjön är Mönsterås kommun och Ålands fiskeriförening. Mönsterås kommun har sina provodlingar i Kalmar sund och provodlingen på Åland är belägen på Ålands ostkust. Involverad i båda dessa projekt är docent Odd Lindahl vid Kristinebergs marina forskningsstation. Utifrån de erfarenheter som dragits från provodlingarna i Kalmarsund och Åland bedömer Lindahl att i jämförelse med musselodling på västkusten kan odlingstiden i Östersjön bedömas vara dubbelt så lång och skörden hälften så stor. Lindahl poängterar att omfattande provodlingar under lång tid krävs för att fastställa om hans estimering är korrekt. Ett antagande görs här att Lindahls estimering är korrekt. Detta medför att en long-line-odling på 0,4-0,5 hektar kan producera ca 75 ton på 2-3 år. För att ta hänsyn till att estimeringen, precis som Lindahl poängterar är mycket osäker görs en mer omfattande känslighetsanalys, (där en rad olika tillväxttakter och skördemängder analyseras) för södra och mellersta egentliga Östersjön, i jämförelse med den känslighetsanalys som görs för Kattegatt och Öresundområdet. (pers.kont. Lindahl, 2007)

3,2 Nettokostnader

Det är av stor vikt att musslorna som odlas för att rena kväve och fosfor från Östersjön kan avsättas på ett sätt som inte skapar nya miljöproblem eller onödiga samhällskostnader. Försäljning av musslorna till humankonsumtion är möjlig i de områden där de växer tillräckligt fort och blir tillräckligt stora. I Östersjön är det endast i Kattegatt och

Öresundsområdet som musslorna når en tillfredställande storlek för att säljas som människoföda. Vid försäljning till humankonsumtion kan musslorna från Kattegatt och Öresundsområdet inbringa ett kilopris på ca 3,5 kr/kg. Det är emellertid endast två tredjedelar av den totala musselskörden som har tillräckligt hög kvalitet för att användas för mänsklig konsumtion. Det medför att en tredjedel av den totala skörden från Kattegatt och Öresundsområdet samt 100 % av den totala skörden från resterande Östersjön på något sätt behöver omhändertagande. Det finns flera potentiella användningsområden för musslor, som är för små för humankonsumtion. Musslor kan bland annat användas i jordbruket som gödningsmedel, för produktion av biogas i biogasanläggningar och som foder till höns och andra djur. (Sanchez, m.fl., 2004)

Då flest experter verkar förespråka att musslor används till foderproduktion antas här att även musslor från Östersjön används på detta sätt. Musslor är rika på högvärdigt protein och kan därför ersätta fiskmjöl i hönsfoder. Många fiskebestånd är i dagsläget överfiskade. Att ersätta fiskmjöl kan därför, allt annat lika bidra till ett minskat fisketryck på vissa bestånd. Från och med 2012 gäller 100% KRAV-certifierade foder till alla djurslag. Då det enligt då gällande formulering innebar att fiskmjölet bedömdes behöva fasas ut gjorde att de ekologiska producenterna inom fjäderfäindustrin (konsulent Åsa Odelros) tidigt var intresserade av musslor som fodertillsats. Dock har KRAV sedan januari 2008 gjort en omformulering som innebär att fiskmjöl kommer fortsatt vara tillåtet i ekologiska foder. Men det finns andra aspekter som gör att det är högtintressant att hitta foderråvaror som kan minska beroendet av importerat fiskmjöl. Foder baserat på musslor skulle därför kunna vara ett attraktivt alternativ för den ekologiska lantbrukaren inom en snar framtid. Det finns i dag ingen produktion och försäljning av foder baserat på musslor. Försök har dock visat att det är möjligt att producera ett mjöl av musslorna som har goda foderegenskaper. (Kollberg & Lindahl, 2004 och Odelros & Alarik, 2005) Flera experter är ense att ett sådant musselmjöl skulle vara attraktivt som substitut till bland annat fiskmjöl om priset inte är alltför högt i jämförelse med konkurrerande fodersorter. Aktörer i både Danmark, Norge och Sverige är på olika sätt involverade i forskning kring utvecklande av foder baserat på musslor (TemaNord, 2008).

I denna uppsats är det av intresse att estimerar vilket pris som kan ges för odlade musslor när de används för att producera foder till höns och andra husdjur. Sven Kollberg från Kristinebergs marina forskningsstation har utfört en pilotstudie som visar att det under vissa förutsättningar är möjligt att få ekonomi i en processanläggning för produktion av fodermjöl

baserat på musslor. Vid produktion av mjöl från musslor minskar vikten med en faktor 20. Detta innebär att det krävs 20 kg mussla för att producera 1 kilo musselmjöl. Då processkostnaden för att producera ett fodermjöl av musslorna uppskattas till 4 kr/kg anser Kollberg att det maximala priset som kan ges för musslor är 25 öre/kg. En råvarukostnad på 5 kr per kilo musselmjöl och en processkostnad på 4 kr/kg mjöl ger en produktionskostnad på 9 kr/kg musselmjöl. Denna uppskattning görs emellertid med bakgrund i att priset på fiskmjöl vid tidpunkten för Kollbergs studie var 8 kr/kg. Kollberg anser att ett musselmjöl kan vara konkurrenskraftigt till ett pris som motsvarar priset på fiskmjöl plus ett 30 % påslag. Idag är priset på fiskmjöl 15 kr/kg (personlig kontakt, lantmännen, 2007). Detta medför att musselmjöl enligt Kollbergs resonemang skulle kunna vara konkurrenskraftigt vid ett pris på ca 20 kr/kg. Detta medför i sin tur att det maximala priset som kan ges för musslor vid foderproduktion här sätts högre än vad Kollberg anser är rimligt. Det maximala priset för musslor till foderproduktion sätts här med bakgrund i det högre priset för fiskmjöl till 75 öre per kilo (TemaNord 2008; Lindahl & Kollberg, 2004).

En genomgång görs här av den produktionskostnads kalkyl som används för att beräkna kostnaden för att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar i Östersjön. Denna genomgång är nödvändig för att därefter kunna diskutera varför marginalkostnaden för att rena kväve och fosfor med hjälp av musslor skiljer sig åt mellan de olika delområdena som Östersjön här indelas i; Kattegatt, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön.

En viktig aspekt att ha i åtanke när marginalkostnad för kväve- och fosforrening härleds från de underliggande produktionskostnaderna är hur stor andel kväve och fosfor som finns i ett kilo musslor. Andelen kväve och fosfor i ett kilo musslor varierar med en rad faktorer. Här antas dock att varje kilo musslor i medeltal innehåller en procent kväve och 0,1 procent fosfor. Detta innebär i sin tur att marginalkostnaden för att rena kväve med hjälp av musselodlingar är 100 gånger högre än de underliggande produktionskostnaderna och marginalkostnaden för att rena fosfor med hjälp av musselodlingar är 1000 gånger högre än de underliggande produktionskostnaderna.

Kostnadsberäkningarna för att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar i Östersjön baseras i denna uppsats på en kalkyl hämtad från en rapport från fiskeriverket (Sanchez et al, 2004). En kopia av ett budgetexempel från denna kalkyl anges nedan, men för en detaljerad

beskrivning av alla delkomponenter i investeringsbudgeten hänvisas till appendix A. Denna kalkyl är ursprungligen skapad för ett projektarbete i fiskodling (vid institutionen för vattenvård, SLU). Kalkylen utgår från en oerfaren musselodlare som måste hyra in tjänst för både skörd av musslorna och uppripgning av anläggningen. Ytterligare antaganden som gjorts är att odlaren har tillgång till en mindre båt med lyftkran, som klarar att lyfta 300-400 kg. Investeringskostnaden antas uppgå till 250 000 SEK, denna summa antas i fiskeriverkets rapport finansieras genom eget kapital på 50 000 SEK och banklån på 200 000 SEK. Ränta på banklånet har av fiskeriverket antagits till fem procent. (Sanchez m.fl., 2004) Fiskeriverkets kalkyl är skapad för odling på västkusten och därför kommer flera poster skilja sig åt mellan kalkylen nedan och de kalkyler som presenteras i appendix B-E. Fiskeriverkets kalkyl har emellertid använts som grund för de beräkningar som gjorts för olika områden i Östersjön. Två kostnadsposter i fiskeriverkets kalkyl har efter granskning inte ansetts vara av löpande karaktär. Det rör sig om depositionsavgift till länsstyrelsen och diverse ansökningar för strandskyddsdispens m.m. Dessa kostnader utgör engångsavgifter och kommer därför inte att belasta kostnadskalkylen.

Kostnad för en long-line odling på 0,5 ha under antaganden att 200 ton produceras.			
Poster	Kalkyl, 2 år (1 rigg)		%
	kr/kg	kr	
KOSTNADER			
Arbetstid (~8 h/v övervakning o underhåll x 104 v, 185kr/h)	1,03	154 000	35,7
Arbetstid (ca 80 h i samband med skörd och försäljning)	0,1	14 800	3,4
Arrendekostnad (700 kr/år)	0,01	1 400	0,3
Räntekostnader (lån)	0,13	20 000	4,6
Depositionsavgift/bankgaranti till länsstyrelsen	0,07	10 000	2,3
Drivmedel	0,1	15 000	3,5
Hyra av tjänst (arbetstid för uppripgning)	0,1	15 000	3,5
Hyra av tjänst (skördning och lossning till transportbil)	1	150 000	34,8
Toxin- och bakteriekontroller	0,07	10 000	2,3
Avskrivningar	0,21	31 000	7,2
Diverse (ansökan strandskyddsdispens, etc)	0,07	10 000	2,3
Totalt	2,89 kr/kg	431 200	99,90%
Alt. Kalkyl (Total exkl. Fågelskrämma, Big Bags, Div verktyg)	2,81kr/kg	419 238	
Intäkter	3,5kr/kg		
Pris försäljning (P varierar mellan 2,50-7 kr/kg)			
(Investeringsbidrag 20 %)	0,33	49 000	

Balans	0,94kr/kg	142 800
---------------	-----------	---------

Figur 4 Budgetexempel. Källa (Sancgez et al, 2004)

Flera av kostnadsposternas i fiskeriverkets kalkyl varierar antingen med odlingstid eller med skördemängden. ”Arbetstiden för övervakning”, arrendekostnaden, räntekostnaden, drivmedelskostnaden och avskrivningar ökar/minskar alla proportionellt med odlingstiden. Skördekostnaden (hyra av tjänst för skörd och lossning till transportbil) och ”arbetstid i samband med skörd” ökar/minskar proportionellt med skördemängden. Hänsyn till detta kommer att tas i kostnadskalkyler för olika områden då tillväxthastighet och skördemängd varierar i Östersjön.

En betydande kostnadspost, som står för ca 35 % av produktionskostnaderna i fiskeriverkets kalkyl ovan är skördekostnaden. Skördekostnaden uppgår i fiskeriverkets kalkyl till 1 kr per kilo mussla. Efter att diskuterat skördekostnaden med Sven Kollberg vid Kristinebergs marina forskningsstation framgår att skördekostnaden under vissa förutsättningar kan vara avsevärt lägre. Enligt Kollberg är musselodlaren som säljer musslor för humankonsumtion styrd av köparens önskemål. Eftersom det främst är färska musslor som efterfrågas kan musselodlaren endast skörda den kvantitet hon/han kan sälja omgående. Det medför att musselodlaren är styrd att skörda den kvantitet som efterfrågas och inte den kvantitet som är optimal ur ekonomisk synvinkel. Kollberg menar att en skördekostnad på 50 öre per kilo går att uppnå om musselodlaren kan skörda den kvantitet som är företagsekonomiskt optimal. Vid produktion av industrimussla för foderproduktion bör musselodlaren kunna skörda på ett företagsekonomiskt optimalt sätt. Därför antas det i denna uppsats att fiskeriverkets skördekostnad på 1 kr/kg mussla gäller för musslor avsedda för humankonsumtion medan 50 öre per kg antas vara rimligt vid produktion av industrimussla för foderproduktion. (pers.kont., Kollberg, 2007)

Den största kostnadsposten i fiskeriverkets kalkyl är arbetskostnaden för att övervaka och underhålla musselodlingen. Denna kostnad uppgår till ca 36 % av den totala produktionskostnaden. Precis som nämnts ovan så ökar/minskar denna kostnad proportionellt med odlingstiden. Ytterligare en faktor som påverkar denna kostnadspost på ett fundamentalt sätt är skillnaden i löneläget mellan å ena sidan Sverige, Danmark, Finland, Tyskland och å andra sidan Estland, Lettland, Litauen, Polen och Ryssland. Det antas här att fiskeriverkets

lön på 185 kr per timme är representativ för Sverige, Danmark, Finland och Tyskland (Sanchez, et al, 2004). För Estland, Lettland, Litauen, Polen och Ryssland antas det att medellönen för en estnisk industriarbetare år 2006 på ca 50 kr per timme är en representativ lön.(Andersson, 2007)

Kostnaden för bakterie och toxinkontroll kommer endast att belasta musslor från Kattegatt och Öresundsområdet, som skall säljas som människoföda. Detta då toxinkontroll inte anses behövas för ”industrimusslor” som skall användas för foderproduktion. Poängteras kan dock att om detta antagande är fel så påverkas inte kalkylerna nämnvärt då kostnaden för toxin och bakteriekontroll inte är särskilt stor.

I fiskeriverkets kalkyl antas det vidare att ett etablerat musselodlingsföretag hjälper till med upprigging av musselodlingen, som för en oerfaren musselodlare kan vara ett svårt arbete. Det etablerade företaget utför inte denna tjänst av välvilja utan för att det är en bra affär. De kostnader som uppstår vid upprigging av en musselodling är kostnader för båt och arbetskraft under en arbetsdag. På medellång sikt bör det vara rimligt att en musselodlare blir så erfaren att hon/han kan utföra denna tjänst själv. En båt med manskap beräknas kosta 1000 kr/h (pers.kont, Kollberg, 2007). För vissa kalkyler har det därför antagits att musselodlaren kan utföra upprigging själv till en kostnad på 10 000 kr.

4. KOSTNADSBERÄKNINGAR

I detta kapitel delas kostnadsberäkningarna in i två delar. Del ett behandlar kostnadsberäkningar för Kattegatt och Öresundsområdet och del två behandlar kostnadsberäkningar för södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön. Denna indelning görs eftersom osäkerheten kring tillväxthastighet och andra faktorer av stor betydelse för beräkningen av marginalkostnaden är mer omfattande för södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön, jämfört med för Kattegatt och Öresundsområdet. Det är främst fem faktorer som på ett avgörande sätt inverkar på marginalkostnaden att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar. Dessa faktorer är 1: musslornas tillväxthastighet, 2: lönen som betalas ut för att underhålla musselodlingen, 3: skördekostnaden, 4: möjlighet att få en intäkt från de odlade musslorna, 5: om slamsugning görs under musselodlingen eller ej. Dessa faktorer kommer därför att i en löpande

känslighetsanalys diskuteras i anslutning till att de olika områdeskalkylerna presenteras nedan.

Musselodlingarnas marginalkostnad beräknas här genom den så kallade ingenjörsmetoden. Reningskostnaden fastställs enligt denna metod genom att åtgärdens behov av olika input, t ex arbetskraft och kapital beräknas under givna inputpriser. Av detta följer en konstant reningskostnad upp till den gräns som anses fysisk möjlig. (Gren et al 2008) Den övre gränsen för hur många ton musslor som är möjligt att producera avgörs av en rad faktorer. Hänsyn måste tas till båttrafik, friluftsliv, biologiska faktorer mm. Valet av odlingstyp påverkar också där vissa odlingstyper inte är möjliga att använda i öppet hav medans andra odlingstyper klarar detta. Det har inte varit möjligt att få någon uppgift om hur stor produktion som maximalt kan vara möjlig i de områden som här undersöks. Mot bakgrund av att man på västkusten med säkerhet kan säga att 50 000 ton kan produceras med odlingstyper som är begränsade till odling inomskärs görs följande antaganden (Sterner, 2005); Den övre gränsen antas här till 200 000 ton för Kattegatt, 200 000 ton för Öresundsområdet, 200 000 ton för södra egentliga Östersjön och 200 000 ton för norra egentliga Östersjön. Det innebär i sin tur att det för varje delområde som här analyseras maximalt går att rena 2000 ton kväve och 200 ton fosfor från havsvattnet med hjälp av musselodlingar. När mer tillförlitliga data blir tillgängliga kan denna estimering behövas omvärderas.

4.1 Kostnadsberäkningar för Kattegatt och Öresundsområdet.

Två olika kalkyler har skapats för Kattegatt och dessa presenteras i appendix B. Den första kalkylen antar produktion för mänsklig konsumtion. Ingen osäkerhet rörande tillväxthastighet råder för Kattegatt och en produktion på 120 – 150 ton på 18 månader antas. Skördekostnad sätts till 1 kr/kg mussla och lönen för underhåll av musselodlingen är i denna kalkyl 185 kr/h. Försäljning för humankonsumtion antas till ett pris på 3,5 kr/kg. Under dessa antaganden kan det ses i kalkyl 1 i appendix B att musselodling kan bedrivas med vinst. Inga negativa kostnader har dock antagits i denna uppsats. Den minimala kostnaden för att rena kväve och fosfor i Kattegatt med hjälp av musselodling sätts därför till noll kr/kg N och P.

Den andra kalkylen för Kattegatt, som också går att finna i appendix B antar produktion av 120-150 ton små industrimusslor som produceras på en tid av 9 månader. I denna kalkyl antas en lägre skördekostnad på 50 öre/kg. Dessa musslor antas inbringa en intäkt, på 75 öre/kg som hönsfoder. Slamsugning genomförs också för att maximera närsaltsupptaget till en kostnad på 30 öre/kg slam. Vid dessa antaganden kan det bland annat ses i kalkyl 2 i appendix B att då 150 ton industrimusslor produceras kan kväve avlägsnas från havsvattnet till en kostnad på 38 kr/kg kväve och fosfor till en kostnad på 380 kr/kg P.

Tillväxthastigheten är även i Öresundsområdet så hög att både musslor för humankonsumtion och musslor för foderproduktion kan odlas. Därför presenteras i appendix C två kostnadskalkyler för Öresund. Det kan med relativt stor säkerhet fastslås vilken tillväxttakt som råder i Öresundsområdet, samt hur stor skörd som kan förväntas. Därför analyseras här endast en tillväxttakt och två skördemängder. Den första kalkylen som presenteras för Öresund i appendix C antar att musslor produceras för humankonsumtion. För Öresundsområdet är musslornas tillväxt något lägre än för Kattegatt och en tillväxt på 100-120 ton på två år har därför antagits. En skördekostnad på 1 kr/kg, en lön på 185 kr/h och möjlighet att sälja musslorna för 3,5 kr/kg har också antagits. Under dessa antaganden kan det ses i kalkyl 1 i appendix C att det är möjligt att bedriva musselodling med vinst, men endast vid en skörd på 120 ton på två år. Vid en produktion på 100 ton på två år kan det ses från kalkyl 1 i appendix C att musselodlingen går minus 14 öre för varje kilo mussla. Det antas därför att den minimala kostnaden för att rena kväve och fosfor med musselodling i Öresundsområdet är noll SEK per kg N och P vid en skörd på 120 ton musslor på två år. Vid en skörd på 100 ton musslor på två år är den minimala reningskostnaden 14 kr/kg N och 140 kr/kg P.

Kalkyl nummer två för Öresundsområdet återfinns även den i appendix C. Här antas att 100 – 120 ton små industrimusslor produceras på ett år. En lägre skördekostnad på 50 öre/kg mussla antas här och det antas även att musslorna kan säljas till foderproduktion för ett pris på 0,75 kr/kg. Det kan ses i kalkyl nr 2 i appendix C att då 120 ton produceras och då musslorna inte säljs som hönsfoder (ingen kostnad föreligger för att ta hand om musslorna) är kostnaden för kväverening 164 kr/kg och kostnaden för fosforering 1640 kr/kg P. Produceras 120 ton och musslorna kan säljas för 75 öre per kilo så kan kväve renas till en kostnad på 89 kr/kg och fosfor till en kostnad på 890 kr/kg P. Produceras 120 ton, små industrimusslor, som säljs för 75 öre per kilo och om det dessutom genomförs slamsugning under musselodlingen till en

kostnad på 30 öre per kilo slam så kan kväve renas till en kostnad på 56 kr/kg och fosfor till 560 kr/kg. Marginalkostnaden kan således vid produktion av industrimussla bli upp till tre gånger så hög om slamsugning inte kan utföras och ingen intäkt kan fås för musslorna, jämfört med om både intäkt och slamsugning är möjliga. Det kan genom detta exempel ses att kostnaden att rena kväve och fosfor med hjälp av produktion av industrimusslor för foderproduktion påverkas kraftigt av de olika antagandena rörande intäkter och slamsugning.

Marginalkostanden för rening av N och P kan även för de musselodlingar där musslorna säljs som människoföda i Kattegatt och Öresund bli hög om oförutsedda händelser inträffar. En sådan händelse är om musslorna blir otjänliga för humankonsumtion och inte inbringar någon intäkt. Detta skulle kunna inträffa om musslorna t ex blir drabbade av algtoxiner, som är giftiga för människor. Att musslor blir omöjliga att sälja på grund av förgiftning av algtoxin är något som både har inträffat i det förflutna och som kan inträffa i framtiden. Förgiftning på grund av algtoxin anses vara den främsta orsaken till att en spirande musselodlingsindustri på 1980-talet slogs ut. (Fiskeriverket, 1999) Kalkyl 1 i appendix B anger produktionskostnaden för Kattegatt när musslorna produceras för humankonsumtion. Det kan från denna kalkyl ses att om 120 ton musslor odlas i Kattegatt och dessa inte kan säljas så uppgår marginalkostnaden för rening till 322 kr/kg N och till 3220 kr/kg P. Från kalkyl 1 i appendix C, som anger produktionskostnaden för att odla musslor för humankonsumtion i Öresundsområdet kan det på motsvarande sätt ses att om det där produceras 100 ton musslor och dessa ej går att sälja resulterar det i en marginalkostnad på 365 kr/kg N och 3650 kr/kg P.

Med bakgrund i den information som presenterats ovan har ett marginalkostandsintervall skapats för Kattegatt och Öresundsområdet. Den lägsta marginalkostnaden för både Kattegatt och Öresundsområdet uppstår som nämnts om musslor odlas för humankonsumtion och kan säljas för 3,5 kr/kg mussla. I andra änden av kostnadsintervallet uppstår de högsta marginalkostnaderna som inträffar om algtoxiner gör musslorna otjänliga som människoföda.

Tabell 1: Marginalkostnadsintervall för Kattegatt och Öresundsområdet.

	Marginalkostnadsintervall Kattegatt	Marginalkostnadsintervall Öresundsområdet
Kväve	0-322 kr/kg N	0-365 kr/kg N
Fosfor	0-3220 kr/kg P	0-3650 kr/kg P

4.2 Kostnadsberäkningar för södra och norra egentliga Östersjön

För södra egentliga Östersjön är osäkerheten rörande tillväxthastighet och skördemängden mer omfattande än för Kattegatt och Öresundsområdet. För att ta hänsyn till detta utförs tre marginalkostnadskalkyler, som presenteras i appendix D. Kalkylerna är differentierade med avseende på produktionstid och skördemängd. För den första kalkylen kan produktion ske på två år, för den andra kan produktion ske på 2,5 år och för den tredje kan produktion ske på 3 år. Fyra olika skördemängder analyseras för varje kalkyl; 62,5 ton, 75 ton, 87,5 ton och 100 ton. Utgångspunkten för dessa kalkyler har varit den diskussion som förts med docent Odd Lindahl från Kristinebergs marina forskningsstation, där skördetiden estimerades till 2-3 år och skördemängden till ca 75 ton, men med betydande osäkerhet involverat. (pers. kont, Lindahl, 2007)

En faktor, som påverkar marginalkostnadsberäkningarna i stor utsträckning är att ett annat löneläge antas för södra egentliga Östersjön jämfört med de andra kalkylerna. Medellönen för en Estnisk industriarbetare år 2006 på ca 50 kr/h, har antagits för södra egentliga Östersjön. Då kostnadsposten för att övervaka och underhålla musselodlingen är den enskilt största kostnadsposten är detta en skillnad som får stor effekt på marginalkostnadsberäkningarna.

Det antas vidare att musslorna från södra egentliga Östersjön kan säljas för produktion av hönsfoder, men att ingen försäljning till humankonsumtion är möjlig. Priset som kan betingas vid försäljning för foderproduktion är precis som i tidigare kalkyler 75 öre per kg.

Slamsugning under musselodlingen inkluderas också som en tänkbar metod för att öka närsaltsupptaget. Slamsugning antas kunna genomföras till en kostnad på 30 öre per kilo

slam. Skördekostnaden har antagits till 50 öre per kg mussla. Under dessa antaganden kan det ses från appendix D att den minimala marginalkostnaden för att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar i södra egentliga Östersjön uppstår då skördetiden är två år, musslorna säljs till foderproduktion för 75 öre per kilo, skördemängden är 100 ton och slamsugning utförs till en kostnad på 30 öre per kilo slam. Marginalkostnaden för kväverening är då 64 kr/kg och motsvarande marginalkostnad för fosforering är 640. Den högsta marginalkostnaden, under de antaganden som här har gjorts uppstår när odlingstiden är tre år, skördemängden 62,5 ton, musslorna ges bort gratis till foderproduktion och ingen slamsugning genomförs. Marginalkostnaden för att rena kväve är då 336 kr/kg N och kostnaden för att rena fosfor är 3360 kr/kg P.

En intressant aspekt, som kan utläsas från kalkyl 1-3 i appendix D är hur marginalkostnaden för rening varierar för olika produktionstider och skördemängder beroende på om slamsugning inkluderas eller ej. Det kan ses att inkludering av slamsugning kraftigt minskar den variation i marginalkostnad som uppstår på grund av olika skördemängder och olika odlingstider.

Osäkerheten rörande tillväxthastighet och skördemängden är även för norra egentliga Östersjön betydande. För att ta hänsyn till denna osäkerhet så genomförs också för norra egentliga Östersjön tre kostnadskalkyler, som differentieras med avseende på skördemängd och tillväxthastighet. Då salthalten är något lägre i norra egentliga Östersjön, jämfört med i södra egentliga Östersjön så antas även en något lägre skördemängd (pers.kont, Lindahl, 2007). Kalkyler utförs därför med en antagen produktionstid på 2 år, 2,5 år och 3 år. Skördemängden antas för alla kalkyler kunna variera mellan 50 ton, 62,5 ton, 75 ton och 87,5 ton.

Löneläget anses för norra egentliga Östersjön representeras av Sverige och Finland och lönen sätts således till 185 kr/h. Det antas vidare en skördekostnad på 50 öre per kilo mussla och musslorna antas återigen kunna säljas som hönsfoder till ett pris på 75 öre/kg. Slamsugning inkluderas även här för att maximera närsaltsupptaget vilket kan ske till en kostnad på 30 öre per kilo slam.

Den största skillnaden mellan kalkylerna för södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön är löneläget. Därför kan skillnaderna i marginalkostnad mellan södra egentliga

Östersjön och norra egentliga Östersjön fungera som en illustration över hur betydelsefull arbetskostnaden är för att avgöra produktionskostnaden vid musselodling. Detta kan på ett noggrant sätt ses vid inspektion av appendix D och E.

Den lägsta marginalkostnaden för norra egentliga Östersjön 134 kr/kg N och 1340 kr/kg P uppstår då 87,5 ton musslor produceras på 2 år och då dessa musslor säljs för 75 öre/kg samt om slamsugning genomförs till en kostnad på 30 öre per kg slam. I andra änden av marginalkostnadsintervallet är marginalkostnaden för kväve 768 kr/kg N och för fosfor 7680 kr/kg P. Dessa marginalkostnader uppstår om endast 50 ton produceras på en produktionstid av tre år och då musslorna inte inbringar någon intäkt samt att ingen slamsugning genomförs.

Tabell 2: Marginalkostnadsintervall Södra och norra egentliga Östersjön.

	Marginalkostnadsintervall södra egentliga Östersjön	Marginalkostnadsintervall norra egentliga Östersjön
Kväve	64-336 kr/kg N	134-768 kr/kg N
Fosfor	640-3360 kr/kg P	1340-7680 kr/kg P

5. VÄRDET AV MUSSELODLINGAR SOM RENINGSÅTGÄRD

Det huvudsakliga syftet med denna uppsats är, som nämnts att beräkna värdet av musselodlingar som reningsåtgärd, samt att undersöka under vilka förhållanden som musselodlingar kan utgöra ett kostnadseffektivt sätt att rena kväve och fosfor från Östersjön. I kapitel fyra presenteras marginalkostnadsberäkningar för att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar. Med hjälp av dessa beräkningar avslutas nu det huvudsakliga syftet genom att undersöka hur de totala reningskostnaderna förändras när musselodlingar inkluderas som reningsåtgärd.

För att analysera värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön används en matematisk optimeringsmodell utvecklad av Ing-Marie Gren vid institutionen för ekonomi, SLU,

Uppsala. Denna matematiska optimeringsmodell är skapad i GAMS (akronymen står för General, Algebraic, Modeling System). GAMS är ett datorprogram utvecklat av världsbanken för att underlätta utvecklandet av storskaliga ekonomiska modeller och simuleringar (Brooke, et al., 1992). Grens modell är omfattande och behandlar kväveutsläpp, fosforutsläpp och möjligheter till utsläppsminskningar från samtliga nio länder med kuststräcka längs Östersjön. De primära utsläppskällorna är i denna modell stationära förbränningskällor, trafik, båttrafik, jordbruket, industrin och avlopp från privata hushåll. Belastningen till Östersjön från alla utsläppskällor beräknas genom data över utsläppen från källan, vilket är tillräckligt för de utsläppskällor vars utsläpp sker direkt till Östersjön. För alla utsläppskällor vars utsläpp sker till land krävs även data över läckage och retention och för utsläpp som sker till vattendrag uppströms i avrinningsområdet krävs även data över retention. För en mer noggrann genomgång över vilken typ av data som används för att beräkna belastningen till Östersjön från olika utsläppskällor och hur läckage och retention m.m. beräknas hänvisas till Gren et. al. (2008). I modellen finns 14 stycken reningsåtgärder som påverkar kväve och 12 som påverkar fosfor. Av de reningsåtgärder som påverkar kväve finns 9 reningsåtgärder som reducerar kväveutsläppen från källan (t ex minskad användning av handelsgödsel och ökad rening i reningsverk) och 5 som påverkar läckage och retention (t ex odling av energiskog och anläggande av våtmarker). För fosfor finns 7 reningsåtgärder som reducerar fosforutsläppen från källan (t ex införande av fosforfria tvättmedel och minskad användning av handelsgödsel) och 5 som påverkar läckage och retention (t ex anläggande av buffertrensor och anläggande av våtmarker). För en noggrannare genomgång av de reningsåtgärder som ingår i modellen hänvisas till (Gren et. al., s 20-22, 2008). Marginalkostnadsberäkningar och restriktioner över i vilken omfattning olika reningsåtgärder kan användas finns för samtliga reningsåtgärder i modellen (se Gren, et al, 2008, s 20-24 för genomgång av marginalkostnadsberäkningar). Med hjälp av simuleringar i GAMS-modellen kan kostnadseffektiv rening av kväve och/eller fosfor beräknas för olika reduktionsnivåer. Genom att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i GAMS-modellen och utföra simuleringar för olika reduktionsmål kan det analyseras under vilka förhållanden som musselodlingar inkluderas i en kostnadseffektiv rening av kväve och/eller fosfor, samt hur värdefulla musselodlingar är som reningsåtgärd. Resultaten av de simuleringar som utförts i GAMS-modellen skall nu presenteras i detta kapitel.

Östersjön betraktas här som en enhetlig bassäng och det relevanta miljömålet antas vara en övergripande minskning av närsalter till Östersjön. För kväve undersöks kostnadseffektiv

rening vid en variation i miljömålet mellan 0 och 50 procents kväverening. För fosfor antas en något högre renging som varierar mellan 0 och 60 procents renging. Detta på grund av rekommendationer från HELCOM, 2007. Två angreppssätt görs för att analysera miljömålet. Dels så undersöks kostnadseffektiv renging för kväve och fosfor var för sig och dels så undersöks simultan renging av båda närsalter med samma procentuella nivå (0 -50 procents renging av N och P). Detta är av intresse då vissa reningsmetoder, inklusive renging med musselodlingar renar både kväve och fosfor. Det kommer att visas i detta stycke att värdet av musselodlingar som renare av kväve och fosfor skiljer sig åt mycket beroende på om endast ett av närsalterna renas jämfört med om båda närsalterna renas. Det kommer även visas att musselodlingarnas värde som kväve och fosforrenare skiljer sig åt mellan de fyra områden som analyserats; Kattegatt, Öresundsområdet, södra egentliga Östersjön och norra egentliga Östersjön.

Upplägget för detta kapitel är att först analysera kostnadseffektiv renging av kväve och fosfor separat, för att därefter avsluta med att analysera kostnadseffektiv renging av båda närsalterna simultant.

5.1 Kostnadseffektiv renging av kväve

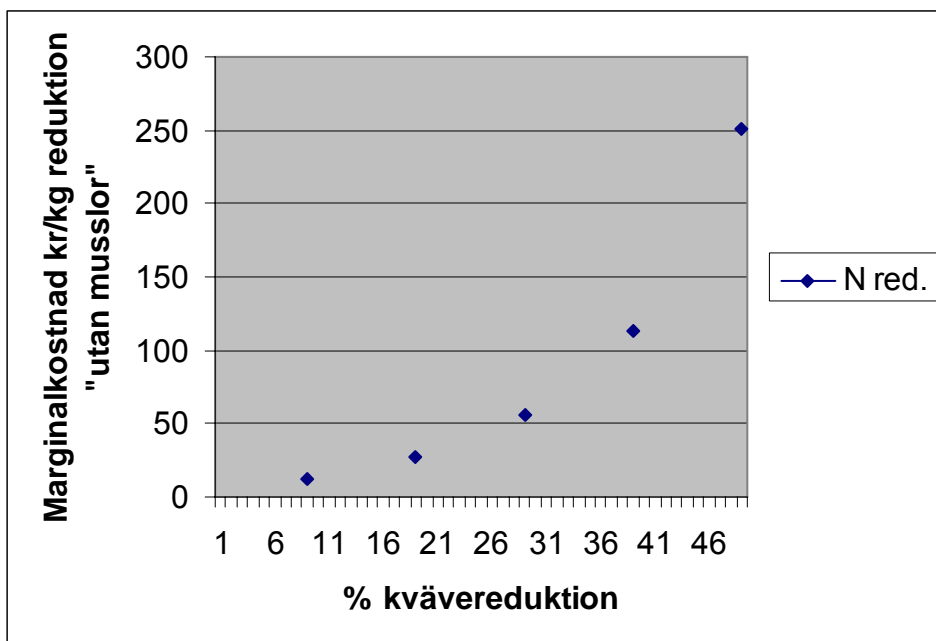
I kapitel fyra kan det utläsas att marginalkostnaden för kväverening med hjälp av musselodlingar varierar med en rad faktorer och att den i särklass lägsta marginalkostnaden uppstår i Kattegatt och Öresundsområdet om musslorna säljs för humankonsumtion. Kalkylerna från kapitel fyra visar att musselodlingar från dessa områden har potential att gå med vinst, vilket medför att den lägsta marginalkostnaden för dessa områden sätts till 0 kr/kg N. För andra antaganden och för andra områden är marginalkostnaden för renging med musselodlingar högre. En rekapitulering görs av de olika marginalkostnadsintervallen genom att inkludera tabell 3 nedan.

Marginalkostnadsintervall för kvävereduktion	
Kattegatt	0-322 kr/kg N red.
Öresundsområdet	0-365 kr/kg N red.
Södra egentliga Östersjön	64-336 kr/kg N red.
Norra egentliga Östersjön	134-768 kr/kg N red.

Tabell 3: Marginalkostnadsintervall, kväve, samtliga områden.

Vid ett miljömål där reduktionskraven inte överstiger 30 % kväverening så är det enbart musselodlingar från Kattegatt och Öresundsområdet, där musslorna säljs för humankonsumtion, som inkluderas i en kostnadseffektiv mix av reningsåtgärder. Orsaken till det är att en rad billiga konventionella reningsmöjligheter finns att tillgå vid dessa låga reningsnivåer. Från Gren et al, 2008 kan det ses att åtgärder som inkluderas vid kostnadseffektiv rening på 30 % eller mindre, är bland annat minskad konstgödselanvändning, och anläggning av våtmarker.

Från diagrammet i figur 5 nedan, som anger marginalkostnaden för rening när musslor inte är inkluderade som reningsåtgärd kan det ses att skuggpriset för kväverening stiger markant vid en kvävereduktion som överstiger 30 %. Vid ett reduktionskrav på 40 % överstiger skuggpriset för kväverening 100 kr/kg. Vid en marginalkostnad på över 100 kr/kg inkluderas en rad olika musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve från Östersjön. Produktion av industrimussla för foderproduktion från både Kattegatt, Öresund och södra egentliga Östersjön inkluderas i en kostnadseffektiv lösning vid 40 % reduktion under villkor att musslorna säljs för 75 öre/kg som hönsfoder och att slamsugning genomförs under musselodlingen (se appendix B-D).



Figur 5: Marginalkostnad för kvävereduktion utan mussla.

Vid en 50 procentig kvävereduktion kan det ses från diagrammet att marginalkostnaden för rening är ca 250 kr/kg N. När marginalkostnad är så hög som 250 kr/kg N inkluderas även vissa musselodlingar i norra egentliga Östersjön i en kostnadseffektiv rening. Det är då musslorna kan säljas för 75 öre/kg som hönsfoder och då slamsugning utförs under musselodlingen som musselodlingar från norra egentliga Östersjön kan bli kostnadseffektiva renare (se appendix E). För södra egentliga Östersjön är löneläget lägre och tillväxten hos musslorna högre. Det finns därför en rad musselodlingar i södra egentliga Östersjön som, vid en marginalkostnad på 250 kr/kg N kan bli kostnadseffektiva renare även utan någon intäkt eller slamsugning (se appendix D).

Ett exempel kommer nu att presenteras för att visa hur de totala reningskostnaderna kan förändras när musselodlingar inkluderas som reningsåtgärd. För detta exempel gäller följande antaganden;

Tabell 4: Antaganden; exempel för beräkning av värdet av musselodlingar som reningsåtgärd.

Område	Antaganden	Marginalkostnad
Kattegatt	Försäljning till humankonsumtion.	0 kr / kg N red.

Öresund	Försäljning till humankonsumtion	14 kr / kg N red.
Södra egentliga Östersjön	75 ton produceras på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	100 kr/kg N red.
Norra egentliga Östersjön	50 ton på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	259 kr/kg N red.

För Kattegatt har försäljning till humankonsumtion antagits vilket leder till en marginalkostnad på noll SEK per kilo kvävereduktion (se appendix B). För Öresundsområdet antas också försäljning till humankonsumtion men odlingen går med förlust, varvid marginalkostnaden sätts till 14 kr/kg N (se appendix C). För södra egentliga Östersjön antas att 75 ton kan produceras på 2,5 år. Det antas också en intäkt på 75 öre per kilo mussla vid försäljning till foderproduktion samt att slamsugning utförs till en kostnad på 30 öre per kilo slam. Dessa antaganden ger en marginalkostnad på 100 kr/kg N för södra egentliga Östersjön (se appendix D). För norra egentliga Östersjön antas en produktion på 50 ton på 2,5 år, försäljning till foderproduktion och slamsugning. Det ger en marginalkostnad på 259 kr/kg N för norra egentliga Östersjön (se appendix E).

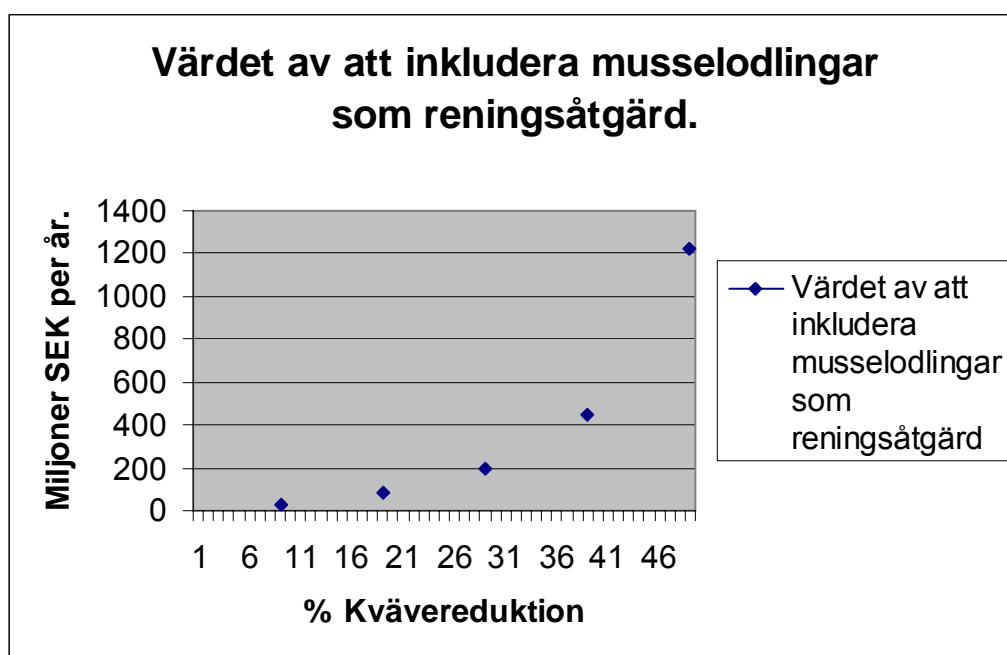
Att endast välja ut ett exempel är mycket svårt eftersom det råder omfattande osäkerhet för flera antaganden, vilket läsaren bör ha i åtanke. Likväl har ett val gjorts och utifrån de kostnadsberäkningar som presenterats i appendix och i kapitel 4 samt utifrån de antaganden som där gjorts har detta exempel ansetts vara representativt.

Total reningskostnad beräknas därför för 10 %, 20 %, 30 %, 40 % och 50 % rening. Detta görs dels med inkludering av möjligheten att rena kväve med hjälp av musselodlingar och dels utan denna möjlighet. Följande tabell erhålls;

Tabell 5: Värdet av musselodlingar vid kvävereduktion, ett exempel.

% Kvävereduktion	Total reningskostnad. Milljoner SEK per år, när musselodlingar inte inkluderas.	Total reningskostnad. Milljoner SEK per år, när musselodlingar inkluderas	Skillnad i reningskostnad. Milljoner SEK per år.
10%	709	685	24
20%	2263	2183	80
30%	5664	5471	193
40%	13008	12562	446
50%	25540	24319	1221

Skillnaden i de totala reningskostnaderna med och utan musselodlingar som reningsåtgärd kan också tolkas som värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve i Östersjön. Detta ger följande diagram;



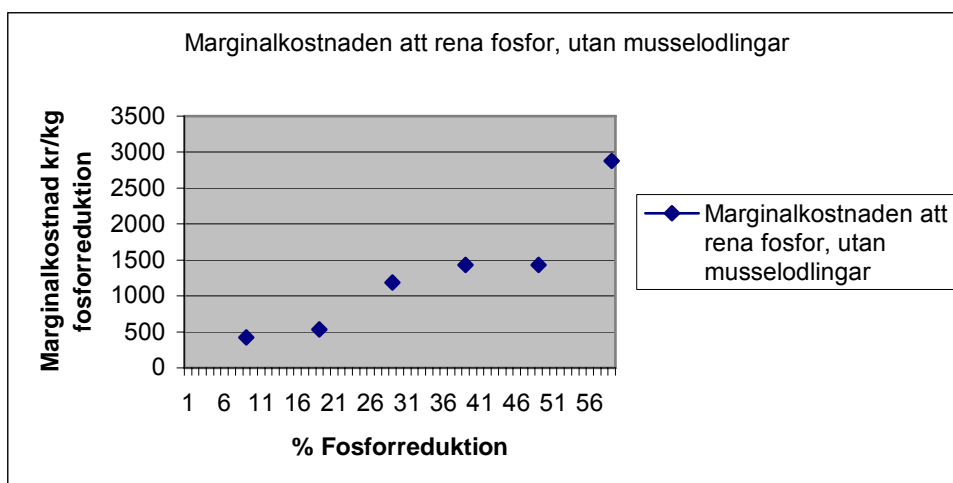
Figur 6: Värdet av att inkludera musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve.

Det kan från detta diagram ses att värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd ökar markant med stigande reduktionsnivåer. Vid kvävereduktionskrav på 10 procent och 20 procent inkluderas enbart musselodlingarna från Kattegatt och Öresundsområdet. Värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd är vid dessa reduktionsnivåer relativt lågt.

Detta beror dels på att de reningsåtgärder som musselodlingarna ersätter har en låg marginalkostnad och dels på att endast musselodlingarna från två områden inkluderas. Vid reningsåtgärder på över 30 procent inkluderas även musselodlingar från södra egentliga Östersjön. Det kan ses från diagrammet att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd ökar markant vid reduktionsnivåer på 40 procent och 50 procent. Orsaken till detta är att fler musselodlingar blir aktuella som reningsåtgärd vid höga reduktionsnivåer men också att musselodlingar vid dessa höga reduktionsnivåer ersätter relativt dyra reningsåtgärder.

5.2 Kostnadseffektiv rening av fosfor

Marginalkostnaden för att rena fosfor med hjälp av musselodlingar är 10 gånger högre än marginalkostnaden för att rena kväve. Detta beror på att kväveinnehållet i en mussla är ca 1 % medan fosforinnehållet bara är ca 0,1 %. Med detta i åtanke är det lätt att tro att fosforrening med hjälp av musslor inte kan vara kostnadseffektivt. Emellertid så är marginalkostnaden för fosforreduktion, vid många reduktionsnivåer mer än tio gånger högre än marginalkostnaden för kvävereduktion. Detta kan ses genom att inspektera diagrammet nedan, och jämföra denna marginalkostnad med marginalkostnaden för kväve som angivits ovan i figur 5.



Figur 7: Marginalkostnaden att rena fosfor, utan musselodlingar.

Musselodlingar blir därmed en kostnadseffektiv reningsmöjlighet vid många reduktionsnivåer. För reduktionsnivåer på 10 % och 20 % så kan det ses från figur 7, ovan och tabell 6 nedan att det endast är musselodlingar från Kattegatt och Öresund, med låg marginalkostnad, som inkluderas i en kostnadseffektiv rening. Vid mer än 30 %

fosforreduktion kan det ses från figur 7 att marginalkostnaden för rening är ca 1200 kr/kg P reduktion. Vid en marginalkostnad på 1200 kr/kg P reduktion inkluderas en rad musselodlingar från södra egentliga Östersjön under förutsättning att en intäkt på 0,75 kr/kg mussla kan erhållas och om slamsugning görs under musselodlingen för att maximera närsaltsupptaget (se appendix D). Marginalkostnaden för fosforrening stiger vid 40 och 50 procent reduktion till ca 1430 kr/kg P reduktion för att vid en 60 procentig P reduktion uppgå till ca 2800 kr/kg P reduktion. Vid reduktionsnivåer på 60 procent fosfor kan det ses från appendix D att de flesta musselodlingarna från södra egentliga Östersjön inkluderas även utan någon intäkt och utan att slamsugning genomförs.

Tabell 6: Marginalkostnadsintervall för fosforreduktion.

Marginalkostnadsintervall för fosforreduktion	
Kattegatt	0-3220 kr/kg P red.
Öresundsområdet	0-3650 kr/kg P red.
Södra egentliga Östersjön	640-3360 kr/kg P red.
Norra egentliga Östersjön	1340-7680 kr/kg P red.

Värdet av att inkludera musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av fosfor analyseras med hjälp av samma exempel som användes för kväve. Eftersom marginalkostnaden för att rena fosfor med hjälp av musselodlingar är tio gånger högre än för kväve erhålls följande tabell med antaganden och marginalkostnader.

Tabell 7: Antaganden; exempel för beräkning av värdet av musselodlingar som reningsåtgärd

Område	Antaganden	Marginalkostnad
Kattegatt	Försäljning till humankonsumtion	0 kr / kg P red.
Öresund	Försäljning till humankonsumtion	140kr / kg P red.
Södra egentliga Östersjön	75 ton produceras på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	1000kr/kg P red.
Norra egentliga Östersjön	50 ton produceras på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	2590 kr/kg P red.

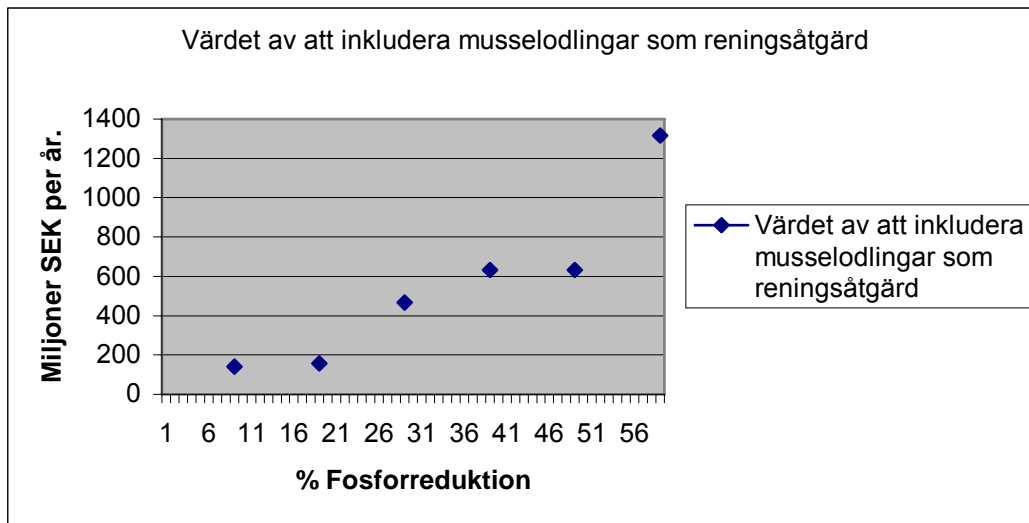
Total reningskostnad beräknas för 10 %, 20 %, 30 %, 40 % 50 % och 60 % rening. Detta görs dels med inkludering av möjligheten att rena kväve med hjälp av musselodlingar och dels utan denna möjlighet. Följande tabell erhålls för detta exempel;

Tabell 8: Värdet av att inkludera musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av fosfor.

% Fosforreduktion	Total reningskostnad. Milljoner SEK per år, när musselodlingar inte inkluderas.	Totalreningskostnad. Miljoner SEK per år, när musselodlingar inkluderas	Skillnader i reningskostnad. Miljoner SEK per år.
10%	1019	877	142
20%	2602	2445	157
30%	5530	5064	466
40%	10485	9853	632
50%	15770	15138	632
60%	22872	21557	1315

Skillnaden i de totala reningskostnaderna med och utan musselodlingar som reningsåtgärd kan, som sagts också tolkas som värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i

en kostnadseffektiv rening av fosfor i Östersjön. Detta ger följande diagram för detta reningsexempel;



Figur 8: värdet av musselodlingar som reningsåtgärd för fosforreduktion.

Det kan från diagrammet i figur 8 utläsas att vid 10 och 20 procent fosforreduktion är värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening relativt lågt för detta exempel. Vid dessa låga reduktionsnivåer inkluderas enbart musselodlingarna i Kattegatt och Öresundsområdet. Detta beror på att en rad reningsåtgärder med låg marginalkostnad, t ex införandet av fosforfria tvättmedel finns att tillgå vid låga reduktionsnivåer (Gren, et al, 2008). Vid reduktionsnivåer på över 30 procent inkluderas dock även musselodlingarna i södra egentliga Östersjön med de antaganden som gäller i detta exempel. Det medför att med de antaganden och det exempel som här presenteras så är värdet av musselodlingar som reningsåtgärd vid en 30 procentig fosforreduktion ca 460 miljoner SEK per år. Det kan även ses från figur 8 att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd stiger kraftigt vid 60 procentens rening. Värdet av musselodlingar som renare av fosfor är vid en 60 procentig reduktionsnivå mer än nio gånger så högt som vid en tio procentig reduktionsnivå med detta exempel.

5.3 Kostnadseffektiv rening av båda närsalterna samtidigt

Inkludering av musselodlingar som reningsåtgärd för att minska kväve och fosfor får störst effekt på de totala reningskostnaderna när en simultan rening av båda närsalterna utförs. Detta beror precis som nämnts på att musselodlingarna simultant påverkar båda reduktionsmålen.

Produceras ett ton musslor avlägsnas ca 10 kilo kväve och ca ett kilo fosfor från övergödda vatten. I detta stycke analyseras hur den totala reningskostnad för att simultant rena både kväve och fosfor med samma procentsats 0-50 procent påverkas när möjligheten att rena kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar inkluderas.

Med utgångspunkt i samma marginalkostnad för kväve och fosforrening som i exemplen från stycke 5,1 och 5,2 ovan så erhålls följande tabell över skillnaden i total reningskostnad med och utan musselodlingar. Rening av N och P har här genomförts för 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, och 50 %.

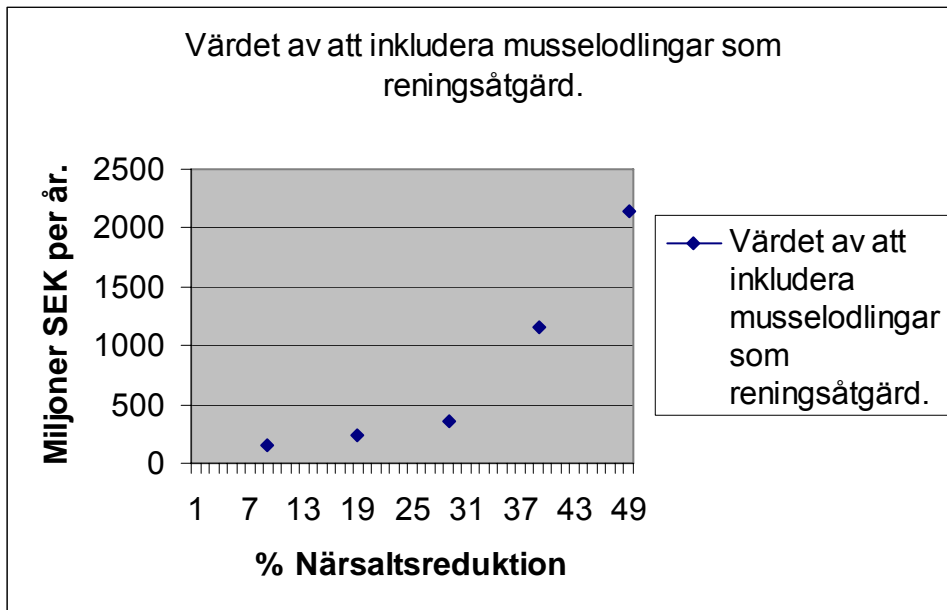
Tabell 9: Värdet av musselodlingar när både N och P reduceras.

%Kväve och Fosforreduktion	Total reningskostnad. Milljoner SEK per år, när musselodlingar inte inkluderas.	Total reningskostnad. Miljoner SEK per år, när musselodlingar inkluderas	Skillnad i reningskostnad. Miljoner SEK per år.
10%	1332	1172	160
20%	4160	3920	240
30%	8346	7988	357
40%	17760	16611	1148
50%	34456	32317	2139

Den totala reningskostnaden är naturligtvis högre när båda närsalterna reduceras, vilket kan ses vid en jämförelse mellan tabell 9 ovan och tabellerna 5 och 8 över total reningskostnad från stycke 5,1 och 5,2 när kväve och fosfor reduceras separat. Totala reningskostnaden är emellertid lägre än om en summering av reningskostnaderna för kväve och fosfor vid separat rening av närsalterna från stycke 5,1 och 5,2 ovan skulle göras. Detta beror på att musselodlingar och en rad andra åtgärder som t ex våtmarker och fånggrödor påverkar båda närsalterna samtidigt (Gren et al, 2008). Att musselodlingar renar både kväve och fosfor samtidigt medför som nämnts att värdet av musselodlingar som renare av närsalter ökar. Från tabell 9 ovan kan skillnaden i totala reningskostnader ses när musselodlingar inkluderas som

reningsmöjlighet och när denna möjlighet inte finns. Görs även en jämförelse med motsvarande tabeller när kväve och fosfor renas separat kan det ses att musselodlingarnas värde som renare av kväve och fosfor är som störst när båda närsalterna reduceras.

Skillnaden i de totala reningskostnaderna med och utan musselodlingar som reningsåtgärd presenteras även här som värdet av musselodlingar. Detta ger följande diagram för detta reningsexempel;



Figur 9: värdet av musselodlingar som reningsåtgärd när både N och P reduceras.

Diagrammet i figur 9 ovanför visar värdet av musselodlingar som reningsåtgärd när både kväve och fosfor renas samtidigt. Görs en jämförelse med motsvarande diagram för värdet av musselodlingar vid separat rening av kväve och fosfor, som visas i figur 6 och 8 kan det ses att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd är som störst vid en simultan rening av båda närsalterna. Vid simultan kväverening och fosforrening upp till 30 % är det endast musselodlingarna i Kattegatt och Öresundsområdet som inkluderas. Vid 40 % närsaltsreduktion inkluderas även musselodlingar från södra egentliga Östersjön. Vid en simultan rening av båda närsalterna på 50 % inkluderas för första gången också musselodlingarna från norra egentliga Östersjön, som i detta exempel har en marginalkostnad på 259 kr/kg N (2590 kr/kg P) reduktion. En återkoppling kan således göras till teoridelen

som förutspådde att förhållandevis mer skulle användas av de reningsåtgärder som påverkar båda närsalterna när en simultan rening av både N och P var målet.

5.4 Känslighetsanalys

Värdet av musselodlingar för att minska mängden kväve och fosfor i Östersjön beror precis som nämnts på en rad olika faktorer och antaganden. Osäkerheten för flera av dessa antaganden är stor. Därför bör de resultat som presenterats och det värde som beräknats för att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd beaktas med nykter försiktighet.

I kapitel fyra och kalkylerna i appendix B-E görs en löpande känslighetsanalys i anslutning till marginalkostnadsberäkningarna för de olika delområdena. Från denna analys kan det ses att om musselodlingarna i Kattegatt och Öresundsområdet inte kan sälja sina musslor som humankonsumtionsmusslor så har dessa musselodlingar en marginalkostnad på över 300 kr/kg N (3000 kr/kg P). Vid en marginalkostnad på 300 kr/kg N (3000 kr/kg P) inkluderas inga musselodlingar i en kostnadseffektiv rening av kväve och/eller fosfor. Kontentan är således att humankonsumtionsmusslorna bara inkluderas i en kostnadseffektiv rening om de kan säljas.

Det kan vidare ses genom rekapitulering av kapitel 4 och appendix E att marginalkostnaden för rening med hjälp av musselodlingar i norra egentliga Östersjön överstiger 300 kr/kg N (3000 kr/kg P) reduktion för alla skördemängder och tillväxttakter om det varken är möjligt med slamsugning eller försäljning till foderproduktion. Inga musselodlingar inkluderas i en kostnadseffektiv rening om marginalkostnaden är så hög att den överstiger 300 kr/kg N (3000 kr/kg P). Skulle det vara omöjligt både med slamsugning och försäljning av musslorna till foderproduktion inkluderas således inga musselodlingarna från norra egentliga Östersjön i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor.

För södra egentliga Östersjön finns möjlighet att musselodlingarna inkluderas som kostnadseffektiva renare även utan intäkt och slamsugning, men endast vid reduktionsnivåer på 50 % N reduktion och 50-60 % P reduktion. Värdet av dessa musselodlingar skulle då bli kraftigt reducerat men odlingarna skulle fortfarande kunna inkluderas som reningsåtgärd vid höga reningsnivåer.

För flera av dessa faktorer är det på grund av bristfällig data svårt att bedöma med vilken sannolikhet problem kan inträffa. Vilken intäkt som slutligen är möjlig att erhålla för ett fodermjöl baserat på musslor kan inte med säkerhet sägas förrän produktion är igång och en marknad har etablerats. Slamsugning baseras på etablerad teknik, men de studier som Haamer och Edebo gjort har inte utförts i stor skala och inte i Östersjön varvid det är svårt att bedöma om bottendjup, höststormar eller andra biologiska faktorer kan förhindra att denna reningsåtgärd används i Östersjön. Problemet med algtoxin är något som hela den svenska musselodlingen brottas med och detta problem verkar till viss del kunna lösas genom att skörda under toxinfria veckor (Sanchez et al, 2004)

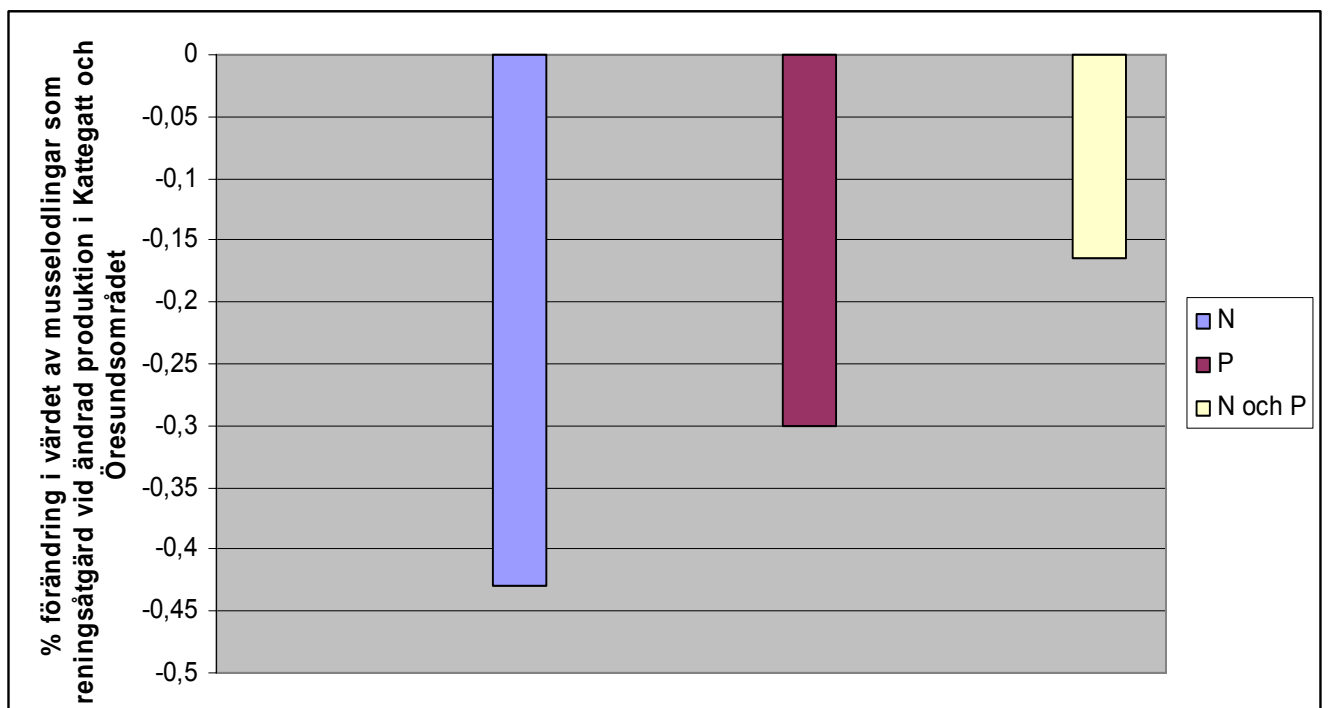
Marginalkostnaden för rening av kväve och fosfor med hjälp av musselodlingar kan också förändras på ett mindre avgörande sätt. Antas produktion av industrimusslor istället för produktion av musslor för humankonsumtion i Kattegatt och Öresundsområdet blir dessa musslor påtagligt dyrare som reningsåtgärd. Utifrån de antaganden som presenteras i tabell 10 nedan utförs en känslighetsanalys där den procentuella förändringen av värdet av musselodlingar som reningsåtgärd analyseras.

Följande antaganden gäller;

Tabell 10: Antaganden vid förändrad produktion i Kattegatt och Öresundsområdet.

Område	Antaganden	Marginalkostnad
Kattegatt	Produktion av industrimussla	46 kr/kg N (460 kr / kg P) red.
Öresund	Produktion av industrimussla	66 kr/kg N (660kr / kg P) red.
Södra egentliga Östersjön	75 ton produceras på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	100 kr/kg N (1000/kg P) red.
Norra egentliga Östersjön	50 ton produceras på 2,5 år, försäljning 75 öre/kg mussla, slamsugning utförs till kostnad på 30 öre/kg slam	259 kr/kg N (2590 kr/kg) P red.

Känslighetsanalysen utförs för ett reduktionskrav på 40 % separat kväverening, 40 % separat fosforrening och 40 % simultan kväve och fosforrening. Det kan nedan i figur 10 ses att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd för kväverening minskar med över 40 procent när produktionen i Kattegatt och Öresundsområdet ändras till produktion av industrimussla istället för produktion av humankonsumtionsmussla. Det kan också ses att värdet av musselodlingar som reningsåtgärd för fosforreduktion minskar med 30 %. Musselodlingarnas värde som reningsåtgärd vid ändrad produktion i Kattegatt och Öresundsområdet minskar som minst för en simultan rening av båda närsalterna och värdeminskningen är i detta fall endast 16 %.



Figur 10: Procentuell förändring i värdet av musselodlingar som reningsåtgärd när produktionen i Kattegatt och Öresundsområdet ändras från produktion av humankonsumtionsmusslor till produktion av industrimussla. Detta görs för separat rening av kväve och fosfor samt för simultan rening av båda närsalterna vid ett reduktionskrav på 40 %.

6. Sammanfattande diskussion

Syftet med denna uppsats är som nämnts att undersöka värdet av att inkludera musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön, samt att klargöra under vilka förhållanden som musselodlingar kan utgöra ett kostnadseffektivt sätt att rena kväve och fosfor från Östersjön. Det har konstaterats att värdet av musselodlingar som renare av kväve och fosfor beror på en rad faktorer av biologisk, ekonomisk och teknisk karaktär.

För södra och norra egentliga Östersjön är osäkerheten angående tillväxttakt och möjligheter till intäktbringande avsättning från musslorna som störst. Med detta i åtanke har en mer omfattande känslighetsanalys utförts för dessa områden och det kan konstateras att under flera tänkbara scenarion inkluderas inte musselodlingar från dessa områden i en kostnadseffektiv rening av kväve och fosfor från Östersjön. För södra egentliga Östersjön anses det här finnas större möjlighet till att musselodlingar inkluderas som kostnadseffektiva reningsåtgärder än för norra egentliga Östersjön. Detta följer av ett lägre löneläge i flera av länderna längs de sydvästra delarna av Östersjön, samt av en högre salthalt, som kan medföra högre tillväxt än i jämförelse med för norra egentliga Östersjön.

Potentialen för att musselodlingar skall kunna inkluderas i en kostnadseffektiv rening av kväve och/eller fosfor är, bland de områden, som här har undersökts som störst för Kattegatt, tätt följt av Öresundsområdet. Detta beror på att osäkerheten rörande tillväxttakt och intäktsmöjligheter är mindre för dessa områden. Det beror också på att tillväxttakten är så hög och att musslorna blir så stora att de har potential att kunna säljas för humankonsumtion. Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd av kväve och fosfor har precis som teorin förutspår funnits vara som störst när målet är en simultan rening av båda närsalterna

Referenser

Litteratur och publikationer

Andersson, Krister. B. (2007) Internationell utblick löner och arbetskraftskostnad. Svenskt Näringsliv.

Andersson, David (2005). Blåmusslor som filter för näringsämnen i havet runt Lysekil. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademins tidskrift, nr 4, 2005, årgång 144, s 20-23.

Brooke, Anthony, Kendrick, David, Meeraus, Alexander. GAMS a user`s guide (1992). The Scientific Press.

Edebo, Lars & Haamer, Joel, (1990) Miljökonsekvenser av musselodling i ett näringsrikt fjordsystem. Röda serien, Göteborg.

Edebo, Lars. Haamer, Joel. Lindahl, Odd. Loo, Lars-Ove. Piriz, Laura. (2000) Recycling of macronutrients from sea to land using mussel cultivation. *Environment and pollution*, vol. 13: s. 190-207.

Elofsson, Katarina, (2002) Economics of Marine Pollution. SLU Service/Repro, Uppsala.

Fiskeriverket, (1999) Strategiska musselodlingar för att skapa kretslopp och balans i ekosystemet- kunslapsöversikt och förslag till åtgärder. Rapport 1999:6.

Gren, Ing-Marie, (2000) Turner, Kerry & Wulf, Fredrik, "Managing a sea: the ecological economics of the Baltic". Earthscan publications Ltd, London.

Gren, Ing-Marie, Elofsson, Katarina, & Janke, Paul. 1995 "Cost of nutrient reductions to the Baltic sea. Beijer International Institute of Ecological Economics, Stockholm.

Gren, Ing-Marie, Jonzon, Ylva, & Lindqvist, Martin, ” Cost of nutrient reductions to the Baltic sea.- technical report”. Uppsala 2008.

Haamer, Joel. (1996) Improving water quality in a eutrophied fiord system with mussel farming. *Ambiovol.* 25, No. 5, August: 356- 362.

Haamer, Joel, (1977) Musselodling: havets hängande trädgårdar. Forum, Stockholm.

..

Helcom (2007). An approach to set country-wise nutrient reduction allocations to reach good marine environment of the Baltic Sea. Helcom BSAP Eutro Expo/2007.

Helsinki, Commission, Finland.

Larsson, A.-M. (1985) “Blue mussel sea farming. Effects on water quality”. *Vatten*, volym 41, nr 4, s. 218-224.

Lindahl, Odd. Kollberg, Sven. (2004) Ekhaga projekt: Musselmjöl istället för fiskmjöl i ekologiskt foder. D. nr: 2004-55

Lindahl, Odd, Hart, Rob m. fl. (2005). “Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish society” *Ambio*, vol 34, No. 2, March.

M. Westerbom, M. Kilpi, O. Mustonen (2002). Blue mussels, *Mytilus edulis*, at the edge of the range: population structure, growth and biomass along salinity gradient in the north – eastern Baltic Sea. *Marine biology*, volume 140, number 5 / May: 1432-1793.

Perman et al. (2003) Natural resource and environmental economics. Person educational limited

Sanchez, Anatonia, m. fl. (2004). Musselodling en kretsloppsnäring för god miljö och hälsa i skärgården. Fiskeriverket

Sjöberg, Björn, (1992). Sveriges nationalatlas; Hav och Kust. Stockholm

Sterner, Harald. (2005). Bered en plats för musseloddliongar genom planering. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademins tidskrift, nr 4, 2005, årgång 144, s 29-42..

TemaNord 2008. I Lindahl O. (editor) *Muslingemel i stedet for fiskemel i økologiske foder till æglæggende høns, kylling og andre husdyr*. Rapport från Nordiskt Seminarium, Kristineberg 23-24 januari 2007. TemaNord 2008: 536. ISBN 978-92-893-1687-3. 57 pp.
<http://www.norden.org/pub/sk/showpub.asp?pubnr=2008:536>.

Internet

Mönsterås kommun, <http://www.monsteras.se/>. 2007-11-09.

Stockholms Marina forskningscentrum, <http://www.smf.su.se/2008-01-27>.

Europa-turismo net, <http://www.europa-turismo.net/mapas/mapa/baltico.jpg>, 2008-03-02

Personlig kontakt

Johnzon, Ylva November 2007.

Lindahl, Mats mörbylånga kommun; Mailkontakt mats.lindahl@morbylanga.se , Oktober 2007.

Lantmännen, Uppsala. Telefon:018-686033. Telefonkontakt, 3: decemberr, 2007

Lindahl, Odd, Docent och forskare, Kristinebergs marina forskningsstation. Telefon: 0523-18512. Telefonsamtal: 22 november, 2007.

Kollberg, Sven, forskare Kristinebergs marina forskningsstation. Telefon: 0523- 18500 (växel). Telefonkontakt, 17 december, 2007.

Appendix A

Investeringskostnader för en vanlig svensk longline –odling på 0,5 ha.

Investering, en enhet	Antal	Per styck eller meter (exl. Moms)	Summa (total kr)	Avskrivningstid år	Avskrivningskostnad kr/år
Kombinationslina (16 mm, inkl. spleis och kaus, ca 10 kr/m)	10 x 250 m	10 kr/m	25 000	10 år	2 500
Diverse förankringsmaterial (tågvirke, kätting, slitslang, etc)			5 000	5 år	1 000
Musselband (5 cm breda, 11 m/wiremeter, ca 25 500 m)	1 x 25 500 m	84 öre/m	21 420	5 år	4 284
Plastclips (2 per m långlina)	5 000	2.10 kr/st	10 500	10 år	1 050
Speciellina till clipsen (ca 30 cm x 5 000)	1 500 m	1.18 kr/m	1 770	5 år	354
Sänken av kamjärn (45 cm per m långlina)	600 m	ca 5 kr/m	3 000	5 år	600
Grå plastfat	270	240 kr/st	64 800	10 år	6 480

Tågvirke till plastfaten (14 mm, ca 1,5 m x 270)	ca 500 m	5,70 /m	2 850	5 år	570
Slitslang till tågvirket (ca 30 cm x 270)	ca 80-90 m	470 kr / 40 m	1 000	5 år	200
Järnvägsräls för längsgående bottenfästning, hålrad		23 000 kr/st	6 000	5 år	1 200
Ankare à 640 kg		2 8000 kr/st	16 000	20 år	800
Summa			157 340		19 038

Källa: Sanchez, et al, 2004

Appendix B

Kostnads kalkyler för Kattegatt

Kalkyl 1 Kattegatt;

Kostnadsexempel; Kattegatt, tidsperspektiv 2 år, försäljning humankonsumtion.		
Kostnad för en musselrigg på 0,5 ha.		
Skördemängd	120 ton	150 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 104 v *185 kr/h)	154 000	154 000
Arbetstid (70/80 h i samband med skörd och försäljning)	12 950	14 800
Arendekostnad 700kr/år	1400	1400

Räntekostnad	20 000	20 000
Toxin och bakteriekontroll	10 000	10 000
Drivmedel♦	15 000	15 000
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	15 000	15 000
Hyra av tjänst (arbetstid för skördning och lossning till transportbil)	120 000	150 000
Avskrivningar	38 076	38 076
Totalt	386 426	418 276
Kostnad per kg.	3,22	2,78
Marginalkostnad N, utan intäkt från försäljning	322	278
Marginalkostnad P, utan intäkt från försäljning	3220	2780
Kostnad vid försäljning till humankonsumtion 3,5 kr/kg	-0,28	-0,72
Marginalkostnad N och P	0 KR/KG	0 KR/KG

Kalkyl 2 Kattegatt;

Kostnadsexempel; Kattegatt, tidsperspektiv 9 mån, produktion av industrimusslor.		
Kostnad för en musselrigg på 0,5 ha.		
Skördemängd	120 ton	150 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 39* v *185 kr/h)	57720	57720
Arbetstid (ca 70/80 h i samband med skörd och försäljning)	12950	14800
Arendekostnad	525	525
Räntekostnad	7500	7500
Drivmedel♦	5625	5625
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10000	10000
Skördekostnad 0,5kr/kg	60 000	75 000

Avskrivningar	14278,5	14278,5
Totalt	168598,5	185448,5
Kostnad per kg.	1,404	1,236
Marginalkostnad Kväve utan intäkt och slamsugning	140,4	123,6
Marginalkostnad fosfor utan intäkt och utan slamsugning	1404	1236
Kostnad efter intäkt vid försäljning till foderproduktion; 0,75 kr/kg mussla.	0,65	0,486
Kostnad med slamsugning; 0,3 kr/kg Det antas att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam, samma kväve och fosforinnehåll som musslorna (Haamer, 1990)	0,46	0,38
Marginalkostnad Kväve	46 kr/kg	38 kr/kg
Marginalkostnad fosfor	460 kr/kg	380 kr/kg

Appendix C

Kostnads kalkyler för Öresundsområdet

Kalkyl 1 Öresundsområdet

Kostnadsexempel; Öresund och syvästra Östersjön, tidsperspektiv 2 år försäljning humankonsumtion.		
Kostnad för en musselrigg på 0,5 ha.		
Skördemängd	100 ton	120 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 104 v *185 kr/h)	154 000	154 000
Arbetstid (ca 60/70 h i samband med skörd och försäljning)	11 100	12 950
Arendekostnad	1400	1400
Toxin och bakteriekontroll	10 000	10 000
Räntekostnad	20 000	20 000
Drivmedel♦	15 000	15 000
Hyra av tjänst (arbetstid för upprigging)	15 000	15 000
Hyra av tjänst (arbetstid för skördning och lossning till transportbil)	100 000	120 000
Avskrivningar	38076	38 076
Totalt	364 576	386 426
Kostnad per kg mussla.	3,64	3,22
Marginalkostnad utan intäkt N	364	322
Marginalkostnad utan intäkt P	3640	3220
Kostnad vid försäljning till humankonsumtion 3,5 kr/kg	0,14	-0,28
Marginalkostnad kvävereduktion kr/kg	14	0
Marginalkostnad fosforreduktion kr/kg	140	0
Kostnad vid försäljning till humankonsumtion 3,5 kr/kg	0,14	-0,28

Kalkyl 2 Öresundsområdet

Kostnadsexempel; Öresund och syvästra Östersjön, tidsperspektiv 1 år, ingen försäljning till humankonsumtion.		
Kostnader	kr, 100 ton	kr, 120 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 52 v *185 kr/h)	76 960	76 960
Arbetstid (ca 60/70 h i samband med skörd)	11 100	12 950
Arendekostnad	700	700
Räntekostnad	10 000	10 000
Drivmedel♦	7500	7500
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10 000	10 000
Skördekostnad 0,5 kr/kg	50 000	60 000
Avskrivningar	19 038	19 038
Totalt	185 298	197 148
Kostnad per kg mussla	1,85	1,64
Marginalkostnad kvävereduktion kr/kg utan intäkt från försäljning till foderproduktion och utan slamsugning	185	164
Marginalkostnad fosforreduktion kr/kg utan intäkt från försäljning till foderproduktion och utan slamsugning	1850	1640
Kostnad efter försäljning till foderproduktion r 0,75 kr/kg	1,1	0,89

Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg		
Det antas att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam, samma kväve och fosforinnehåll som musslorna (Haamer, 1990)	0,66	0,56
Marginalkostnad kvävereduktion kr/kg	66	56
Marginalkostnad fosforreduktion kr/kg	660	560

Appendix D

Kostnads kalkyler för södra egentliga Östersjön

Kalkyl 1 södra egentliga Östersjön.

Kostnadsexempel; Södra Östersjön, tidsperspektiv 2 år.				
Skördemängd	62,5 ton	75 ton	87,5 ton	100 ton /
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 104 v *50 kr/h)	41600	41600	41600	41600
Arbetstid (ca 40 h i samband med skörd och försäljning)	2000	2500	2750	3000
Räntekostnad	20000	20000	20000	20000
Drivmedel♦	15000	15000	15000	15000
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10000	10000	10000	10000
Skördekostnad 0,5kr/kg	31250	37500	43750	50000
Avskrivningar	38076	38076	38076	38076
arende	1400	1400	1400	1400
Totalt	159326	172576	172576	179076

Kostnad per kg mussla	2,54	2,21	1,97	1,79076
Marginalkostnad kvävereduktion, utan intäkt och slamsugning	254	221	197	179
Marginalkostnad fosforreduktion, utan intäkt och slamsugning	2540	2210	1970	1790
Kostnad om musslor säljs för 0,75 kr/kg till hönsfoder	1,79	1,46	1,22	1,04
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	0,977	0,82	0,72	0,64
Marginalkostnad Kväve kr/kg	97	82	72	64
Marginalkostnad fosfor kr/kg	970	820	720	640

Kalkyl 2 södra egentliga Östersjön.

Kostnadsexempel; Södra Östersjön, tidsperspektiv 2,5 år.				
Skördemängd	62 ton	75 ton.	87,5 ton	100 ton.
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 130 v *50 kr/h)	52000	52000	52000	52000
Arbetstid (antagen) 40/50/55/60 i samband med skörd och försäljning)	2000	2500	2750	3000
Räntekostnad	25000	25000	25000	25000
Drivmedel♦	18750	18750	18750	18750
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10000	10000	10000	10000
Hyra av tjänst (arbetstid för skördning) 0,5 kr/kg	31250	37500	43750	50000
Avskrivningar	47 595	47 595	47 595	47 595
arendekostnad	1750	1750	1750	1750
Totalt	188345	195095	201595	208095

Kostnad per kg mussla.	3,01	2,6	2,3	2,08
Marginalkostnad utan intäkt och utan slamsugning, Kvävereduktion	301	260	230	208
Marginalkostnad utan intäkt och utan slamsugning, fosforreduktion	3010	2600	2300	2080
Kostnad om musslor säljs för 0,75 kr/kg till hönsfoder	2,26	1,85	1,55	1,33
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	1,19	1	0,86	0,76
Det antas att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam, samma kväve och fosforinnehåll (Haamer, 1990)				
marginalkostnad kväve	119	100	86	76
marginalkostnad fosfor	1190	1000	860	760

Kalkyl 3 södra egentliga Östersjön.

Kostnadsexempel; Södra Östersjön, tidsperspektiv 3 år.				
Skördemängd	62,5 ton	75 ton	87,5 ton	100 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 156 v *50 kr/h)	62400	62400	62400	62400
Arbetstid (ca 40 h i samband med skörd och försäljning)	2000	2500	2750	3000
Räntekostnad	30000	30000	30000	30000
Drivmedel♦	15000	15000	15000	15000
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggnig)	10000	10000	10000	10000
Skördekostnad 0,5kr/kg	31250	37500	43750	50000
Avskrivningar	57114	57114	57114	57114
arende	2100	2100	2100	2100
Totalt	209864	216614	223114	229614
Kostnad per kg mussla	3,35	2,88	2,55	2,3
Marginalkostand Kväve kr/kg utan intäkt och slamsugning	335	288	255	230

Marginalkostand fosfor kr/kg utan intäkt och slamsugning	3350	2880	2550	2300
Kostnad om musslor säljs för 0,75 kr/kg till hönsfoder	2,6	2,13	1,8	1,55
Det antas att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam, samma kväve och fosforinnehåll (Haamer, 1990)				
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	1,34	1,13	0,98	0,86
Marginalkostand Kväve kr/kg	134	113	98	86
Marginalkostand fosfor kr/kg	1340	1130	980,00 kr	860

Appendix E

Kostnads kalkyler för norra egentliga Östersjön

Kalkyl norra egentliga Östersjön.

Kostnad för en longline - odling på 0,5 ha; Norra Östersjön, tidsperspektiv 2 år.				
Skördemängd	50 ton	62,5 ton	75 ton	87,5 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 104 v *185 kr/h)	153920	153920	153920	153920
Arbetstid (ca 35/40/50/55 h i samband med skörd och försäljning)	6475	7400	9250	10175
Arendekostnad	1400	1400	1400	1400
Räntekostnad	20000	20000	20000	20000
Drivmedel♦	15000	15000	15000	15000
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10000	10000	10000	10000
Skördekostnad 0,5 kr/kg	25 000	31250	37500	43750
Avskrivningar	38076	38 076	38 076	38 076
Total kostnad	269871	277046	285146	292321
Kostnad per kg mussla.	5,39	4,432	3,8	3,34

Marginalkostnad N reduktion utan intäkt och slamsugning	539	443,2	380	334
Marginalkostnad P reduktion utan intäkt och slamsugning	5390	4432	3800	3340
Kostnad efter försäljning som hönsfoder 0,75 kr/kg	4,64	3,68	3,05	2,59
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	2,27	1,84	1,55	1,34
Det antas att det för varje kilo mussla produceras 1,2 kilo slam, samma kväve och fosforinnehåll (Haamer, 1990)				
Marginalkostnad N reduktion	227	184	155	134
Mrginalkostnad P reduktion	2270	1840	1550	1340

Kalkyl 2 norra **egentliga Östersjön**.

Kostnad för en longline -odling på 0,5 ha; Norra Östersjön, tidsperspektiv 2,5 år.				
Skördemängd	50 ton	62,5 ton	75 ton	, 87,5 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 130 v *185 kr/h)	192400	192400	192400	192400
Arbetstid (ca 35/40/50/55 h i samband med skörd och försäljning)	6475	7400	9250	10175
Arendekostnad	1750	1750	1750	1750
Räntekostnad	25000	25000	25000	25000
Drivmedel♦	18750	18750	18750	18750
Hyra av tjänst (arbetstid för upprigging)	10000	10000	10000	10000
Skördekostnad 0,5 kr/kg	37 500	31250	37500	43750
Avskrivningar	47595	47 595	47 595	47 595

Totalt	339470	334145	342245	349420
Kostnad per kg mussla.	6,53	5,346	4,56	3,99
Marginalkostnad kväve kr/kg N red utan intäkt och slamsugning	653	534,6	456	399
Marginalkostnad fosfor kr/kg P red utan intäkt och slamsugning	6530	5346	4560	3990
Försäljning som hönsfoder 0,75 kr/kg	5,34	4,11	3,81	3,24
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	2,59	2,03	1,89	1,63
Marginalkostnad kväve kr/kg N red	259	203	189	163
Marginalkostnad fosfor kr/kg P red	2590	2030	1890	1630

Kalkyl 3 södra egentliga Östersjön.

Kostnad för en longline -odling på 0,5 ha; Norra Östersjön, tidsperspektiv 3 år.				
Skördemängd	50 ton	62,5 ton	75 ton	87,5 ton
Arbetstid (~8 h/v övervakning & underhåll * 156 v * 185 kr/h)	230880	230880	230880	230880
Arbetstid (ca 35/40/50/55 h i samband med skörd och försäljning)	6475	7400	9250	10175
Arendekostnad	2100	2100	2100	2100
Räntekostnad	30000	30000	30000	30000
Drivmedel♦	18750	18750	18750	18750
Hyra av tjänst (arbetstid för uppriggning)	10000	10000	10000	10000
Skördekostnad 0,5 kr/kg	37 500	31250	37500	43750
Avskrivningar	57114	57114	57114	57114

Totalt	392819	387494	395594	402769
Kostnad per kg mussla.	7,86	6,2	5,27	4,6
Marginalkostnad kväve kr/kg N red utan intäkt och slamsugning	786	620	527	460
Marginalkostnad fosfor kr/kg P red utan intäkt och slamsugning	7860	6200	5270	4600
Försäljning som hönsfoder 0,75 kr/kg	7,11	5,45	4,52	3,85
Kostnad med slamsugning; ca 0,3 kr/kg	3,39	2,64	2,21	1,91
Marginalkostnad kväve kr/kg N red	339	264	221	191
Marginalkostnad fosfor kr/kg P red	3390	2640	2210	1910

Pris: 100:- (exkl moms)

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala 2008.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 Uppsala
Tel 018-67 2165

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Economics
P.O. Box 7013
SE-750 07 Uppsala, Sweden
Fax + 46 18 673502