



ÅTGÄRDER INOM JORDBRUKET FÖR ATT MINSKA FOSFORLÄCKAGET TILL ÖSTERSJÖN

HAVSMILJÖINSTITUTETS RAPPORT NR 2011:2

2011-12-15

GUNNAR KARLTORP

FÖRORD

Baltic Sea Action Plan (BSAP) beslutades 2007 inom HELCOM av Östersjöländernas regeringar. Beslutet innebär för Sveriges del att belastningen av växtnäringsämnen till Egentliga Östersjön, Öresund och Kattegatt årligen ska minska med 20 800 ton kväve respektive 290 ton fosfor. Åtgärderna för att uppnå detta ska ha trätt i kraft 2016 för att uppnå god miljöstatus i Östersjön till 2021. De åtgärder som föreslagits för att minska fosforläckaget från de svenska åkermarkerna varierar och är främst inriktade mot åtgärder att minska läckage och binda fosfor i marken. I slutet av rapporten presenteras kortfattat åtgärder som är inriktade mot att skörda biomassa och andra metoder att hämta upp fosfor som kommit ut i ekosystemet samt åtgärder att binda fosfor i sedimentet.

Gunnar Karltorp
Stockholm, 15 december 2011

HAVSMILJÖINSTITUTET

Box 260

405 30 Göteborg

Telefon: 031-786 65 61

webb: www.havsmiljoinstitutet.se

INNEHÅLL

1. Inledning	4
2. Bakgrund om fosfor	4
3. Cirkulation av fosfor	5
4. Fosforgödsling i jordbruket	6
5. Läckage av fosfor från jordbruksmark	7
6. Åtgärdernas betydelse	10
7. Baltic Sea Action Plan och vad som hittills har uppnåtts	11
8. Fosfor i Egentliga Östersjöns vattenmassa	12
9. Tankbara åtgärder att genomföra i havet	12
10. Diskussion	13
Referenser	15

1. INLEDNING

Fosforläckaget från åkermarken till Östersjön är förhållandevis lågt i kilo räknat jämfört med kväveläckaget. Ändå är den fosfor som finns löst i vattnet avgörande för de stora blomningar av cyanobakterier som ofta inträffar under sommaren. Bakgrunden till grundämnets betydelse och de naturliga geologiska tidsramar som styr kretsloppet mellan land och havsvatten är sällan belysta i debatten om Östersjöns övergödning. Aktionsplanen för Östersjön, Baltic Sea Action Plan, riktar in sig på åtgärder för att motverka övergödningssituationen. Frågeställningen som belyses i denna rapport är om de åtgärder som föreslås för jordbruksmark när det gäller fosfor är relevanta och kommer de att ha någon betydelse för Östersjöns vattenkvalitet? Här ges en översiktlig genomgång av de åtgärder som föreslås för jordbrukets del för att i huvudsak motverka fosforläckage, men även siffror för kväveläckage anges i vissa fall i tabeller och text eftersom åtgärderna för de bägge växtnäringsämnen är beroende av varandra.

2. BAKGRUND OM FOSFOR

Fosfor är ett essentiellt grundämne för allt biologiskt liv på jorden eftersom det ingår i DNA, RNA och ATP i varje levande cell. Det är ett nyckelämne i växternas fotosyntes. Det ingår i fosforlipider i cellmembranen och bygger upp skelett och tänder. Ett fullvuxet djur eller människa innehåller ca en procent fosfor av sin levandevikt (Steen 2009). Det går inte att ersätta fosfor med något annat snarlikt grundämne för biologiskt liv.

Jordskorpan innehåller fyra biljarder (10^{15}) ton fosfor, vilket gör det till det elfte vanligaste grundämnet i jordskorpan (Steen, 2000). Fosfor förekommer som råfosfat i magmatiska och sedimentära bergarter med varierande kemisk, strukturell och mineralogisk karaktär. Det är i form av olika typer av apatit, kalciumfosfater med kvarts, kalkspat, dolomit, lera och järnoxid som gångbergart (Steen, 2009).

I handelssammanhang benämns oftast magmatiskt råfosfat för apatit och sedimentär råfosfat just för råfosfat. De magmatiska bergarterna har en låg koncentration av fosfat och endast 13 procent av de brytvärda tillgångarna finns i dessa medan de sedimentära bergarterna innehåller 87 procent. Endast två miljarder (10^9) ton anses vara ekonomiskt, energimässigt och geopolitiskt tillgängligt för brytning i gruvor och dagbrott (UNEP, 2011).

Brytningen sker till mer än 75 procent från dagbrott i sedimentära bergarter där koncentrationen av fosfat varierar mellan 5 till 40 procent (Steen, 2000).

Genom anrikning av den brutna fosfatmalmen blir halten fosfor i form av fosforpentaoxid, P_2O_5 , mellan 26 och 42 procent.

Den årliga brytningen av fosforhaltiga bergarter beräknas framöver till som mest 28 miljoner ton P_2O_5 , vilket enligt nuvarande beräkningar leder till en produktionstopp (peak-phosphorus) år 2034 varefter produktionen minskar för att kanske helt ta helt slut inom hundra år (Cordell m.fl., 2009). Samtidigt är fosfor, som tidigare nämnts, det elfte vanligaste grundämnet i jordskorpan och det finns andra litteraturuppgifter om cirka 1600 inventerade avlagringar av råfosfat runt om i världen där det idag inte sker någon produktion av fosfor alls. En del bryts för andra ändamål, till exempel den fosforhaltiga järnmalmen som finns i norra Sverige där ingående fosfater betraktas som en förorening (Steen, 2009). Det visar att det finns signifikanta volymer av fosfor i Sverige som ännu inte används för något ändamål utan ligger i slagghögar.

Idag kontrolleras de brytvärda sedimentära fosforhaltiga bergarterna framförallt av tre länder; Marocko, Kina och USA. Den brytvärda magmatiska apatiten finns i Ryssland, Finland, Sydafrika, Zimbabwe och Brasilien (Steen, 2009).

Förekomsten av tungmetaller i fosforgödselmedel, framförallt kadmium, är ofta vägledande när brytningsvärda råfosfater ska väljas ut. Tungmetallhalten är högre i sedimentärt råfosfat än i magmatisk apatit. Den årliga globala konsumtionen av fosforgödselmedel i jordbruket ökade starkt från att bara vara 5 miljoner ton P_2O_5 , år 1950 till att vara som högst 37,7 miljoner ton P_2O_5 , år 1988. Sedan dess har konsumtionen minskat (Steen, 2000). Ungefär 90 procent av den fosfor som bryts globalt används inom jordbruket som gödselmedel och resterande tio procent används framförallt inom industrin till bland annat tvättmedel (Jasinski, 2006).

3. CIRKULATION AV FOSFOR

Fosfor betraktas som en icke förnyelsebar råvara eftersom det tar 10 till 15 miljoner år i det geologiska kretsloppet från det att fosfor vittrat på land, läckt ut i havet, sedimenterat och så småningom hårdnat till bergart och lyfts upp på land igen. Den fosfor som konsumeras av människor genom livsmedel uppgår globalt till cirka tre miljoner ton årligen (Cordell m.fl., 2009). I perspektivet av det geologiska kretsloppet blir de tre miljoner ton fosfor som årligen cirkulerar mellan livsmedlen och människan en förnyelsebar fraktion som måste hanteras på ett långsiktigt hållbart sätt. En grov skattning av fosforinnehållet i gödsel från lantbrukets husdjur visar att cirka fyra till fem miljoner ton fosfor skulle kunna ersätta mineralfosforgödsel om stallgödseln hanterades optimalt (Steen, 2000).

4. FOSFORGÖDSLING I JORDBRUKET

De mineralgödselmedel med fosfor som främst används i det svenska jordbruket är Superfosfat P20 (endast fosfor), PK 11-21 (fosfor och kalium) och NPK (kväve, fosfor och kalium) i olika koncentrationer. Superfosfat är en blandning av kalciumdivätefosfat och kalciumsulfat och har använts som konstgödsel inom jordbruket sedan 1850-talet. Kostnaden för 1 kg P i mineralgödselmedel är 2011 ca 20 kronor (www.lantmannenlantbruk.se).

Behovet av fosforgödsling beror av de uppgifter man får fram vid en markkartering och många åkerjordar i Sverige markkarteras regelbundet med ca 10 års intervall. Resultatet från denna kartering visar bl.a. halten lättlöslig fosfor vid provpunkten och anges som P-Al-tal, d.v.s. mängden fosfor som kan lösas ut från jorden med hjälp av ammoniumlaktat-acetat och därmed anses växttillgänglig (Naturvårdsverket, 2011).

Enligt Naturvårdsverket är fosforbrist ovanlig i de svenska åkerjordarna tack vare efterkrigstidens kraftiga fosforgödsling och 82 procent av Sveriges åkerjordar ligger i de tre bästa fosforklasserna där klass 1 betyder fosfor i överskott, klass 2 betyder mycket bra växtnäringstillstånd och klass 3 betyder bra växtnäringstillstånd.

Enligt gödselmedelsindustrin bör det svenska jordbruket gödsla så att man får åkerjordarna i klass 3 i genomsnitt över åren. Då når man god lönsamhet för de allra flesta grödor. Lägre fosfortillstånd (klass 4 och klass 5) ger skördeföruster för samtliga grödor i växtföljden (Yara, 2011).

År 2011 gödslar det svenska jordbruket årligen med i genomsnitt cirka 4 kg P/ha i form av mineralgödsel jämfört med cirka 17 kg P/ha 1984 (Yara, 2011). Enligt andra uppgifter ligger den svenska förbrukningen av fosforgödsel idag på cirka 15 000 ton, vilket ger ett snitt på cirka 6 kg P/ha (Steen, 2009).

Om en vårsädesgröda bortför mellan 15 till 20 kg P/ha kommer detta att leda till att 3 till 8 kg P/ha fattas, vilket tyder på att det sker en utarmning av åkerjordarna på sikt om gödningen fortsätter att vara låg (Yara, 2011).

Stallgödsel bidrar med i snitt 7 kg P/ha för de gårdar som har stallgödsel att sprida. Utsädet bidrar med i snitt ca 1 kg P/ha eftersom fosforinnehållet i utsädeskärnorna är högt och sådden blir en slags gödsling i sig (www.greppa.nu).

5. LÄCKAGE AV FOSFOR FRÅN JORDBRUKSMARK

Vattenmyndigheterna pekar i sina åtgärdsprogram ut jordbruket som en av de stora orsakerna till övergödningproblemen i många sjöar och vattendrag (Vattenmyndigheterna 2009). Jordbruket beräknas bidra med ca 40 procent av Sveriges antropogena fosforutsläpp till havet.

Enligt ett av delmålen för miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning" ska de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar från mänsklig verksamhet till sjöar, vattendrag och kustvatten fram till 2010 ha minskat med 20 procent från 1995 års nivå, med de största minskningarna i de känsligaste områdena (www.miljomal.nu). Hittills har en minskning med 13 procent uppnåtts men minskningstakten har på senare år stannat av. Delmålet för fosforutsläppen kommer troligtvis inte att uppnås förrän mellan år 2030 – 2040.

Åkermarkens totala fosforinnehåll kan variera mellan 900 och 3600 kg P/ha och i genomsnitt läcker de svenska åkerjordarna årligen ut 0,4 kg P/ha (Jordbruksverket, 2010a). Projektet Greppa fosfor, som är en del av det mångåriga projektet Greppa näringen, redovisar i sin delrapport från 2006 – 2009 att jordbrukarnas åtgärder hittills för att minska fosforläckaget består i att minska mineralgödselinköp, samtidigt som det inte görs några större insatser till exempel täckdikning (Jordbruksverket, 2010c). När det gäller andra större åtgärder exempelvis anläggning av våtmarker, släntning av dikekanter eller anläggning av dammar som samlar fosfor finns det många juridiska, ekonomiska och hydrotekniska aspekter som måste utredas innan de kan genomföras. I delrapporten anges vidare att fosforförlusterna från åkermarken till stor del sker vid enstaka tillfällen som vid kraftig vattenföring i samband med slagregn. Fosfor transporteras bort på olika sätt och i olika former. Det kan vara allt från stora aggregat och organiska föreningar ned till lerpartiklar och kolloider eller i löst form som ortofosfater. Det varierar således med åkermarkens beskaffenhet och kännedom om det enskilda fältet är avgörande för att välja rätt åtgärd för att förhindra läckaget.

Sveriges lantbruksuniversitet har tagit fram en åtgärds katalog för att minska fosfor- och kväveförluster från jordbruksmark till vatten (Ulén m.fl., 2008). Beträffande fosfor så föreslås 26 olika åtgärder som bland annat bedömts utifrån den allmänna effekt åtgärden har för att dämpa fosfortransporten till vattendragen, den tillämpbarhet åtgärden har samt vilken dokumentation som finns kring åtgärden. Det är främst tre kategorier åtgärder som föreslås inom gödning, odling och jordbearbetning. Sammanfattningsvis så bedöms åtgärder med effektivare gödning ge en god effekt och ha potential att tillämpas i det praktiska jordbruket men dokumentationen kring åtgärderna är bristfällig. Åtgärder kring odling kan ha viss effekt men potentialen anses begränsad. De

flesta åtgärderna föreslås inom jordbearbetningen, vilka bedöms ge viss effekt samt ha potential. Sedan följer några förslag vardera kring djurhållning, vattenhushållning och markvård som bedöms ha viss eller god effekt samt ha potential att tillämpas i det praktiska jordbruket. För föreslagna åtgärder är dokumentationen idag bristfällig och mer forskning kommer att behövas. Det är även viktigt att i samband med insatta åtgärder även avsätta medel för uppföljning av den insatta åtgärden.

En åtgärd som prövas på flera håll i landet är så kallad strukturkalkning och innebär en engångskalkning med osläckt kalk, kalciumoxid. Osläckt kalk är reaktivt när det appliceras i åkerjorden och ger en struktureffekt i framförallt styvare lerjordar. Strukturkalkningen har i försök minskat fosforläckaget med mellan 35 till 50 procent jämfört med konventionellt plöjd eller kultiverad odling (Ulén, 2010). Metoden väcker jordbrukarnas intresse eftersom skördenivåerna höjs och för att regelbunden kalkning är praxis inom växtodlingen. Effekten torde ligga i att kalk generellt förbättrar bildningen av aggregat, vilket leder till att lerpartiklarna inte blir lika lätttröliga och därmed svårare att följa med vattnets rörelser utan de stannar kvar på åkern.

Jordbruksverket har som ansvarig policymyndighet lagt fram förslag för hur jordbrukssektorn ska leva upp till kraven på minskade växtnäringsläckage (Jordbruksverket, 2010a).

I de aktiva åtgärder som föreslås för både kväve och fosfor ligger tyngdpunkten på rådgivning och kompetensutveckling till jordbrukarna. Det ska leda till ytterligare en bättre anpassad gödsling och ett effektivare växtnäringsutnyttjande. Här hänvisas till projektet Greppa näringen (www.greppa.nu) som sedan 2001 drivs i samarbete mellan Jordbruksverket, Lantbrukarnas riksförbund, länsstyrelserna och ett stort antal företag i lantbruksbranschen. Projektet startade i Skåne, Halland och Blekinge, men finns nu i hela södra och mellersta Sverige. Det innebär kostnadsfri rådgivning på gårdsnivå med råd om hur jordbrukaren ska utnyttja gårdens resurser. Hittills har cirka 30 000 gårdsbesök genomförts. Åtgärderna och råden följs upp under flera år och jordbrukaren får miljönyckeltal för sina gårdar som används till att förbättra verksamheten. Jordbruksverket föreslår att den rådgivningsverksamheten får ökade resurser.

Förslaget innebär också att jordbrukare ska kunna få högre ersättning för att odla fånggrödor på hösten som tar upp kväve efter skörden av den odlade grödan samt att utesluta höstbearbetning, till exempel plöjning, och istället bearbeta jorden nästkommande vår. På så sätt ligger åkerjorden aldrig helt bar för regn och vattenerosion under sen höst och vinter, vilket utgör en stor del av växtnäringsläckagets orsak.

Jordbruksverket föreslår vidare att höja ersättningen för skyddszoner som anläggs längs vattendragen för att få fler jordbrukare att anamma detta. Dessa skyddszoner minskar vattenföringen på ytan och motverkar växtnäringsförluster till vattendragen.

En ytterligare åtgärd är reglerbar dränering som styrs i speciella dämpningsbrunnar som gör att vattennivån vid sådd och skörd kan sänkas. Den totala avrinningen från fältet kan minskas och därmed också växtnäringsförlusterna.

Våtmarker eller dammar kan också anläggas med ekonomiskt stöd från EU och svenska staten för att bromsa upp vattenflödena från åkermarken till vattendrag och sjöar med funktion att reducera både kväve och fosfor.

Jordbruksverket anser också i sina förslag att förväntad teknikutveckling ska åstadkomma utsläppsminskningar, till exempel genom bättre precision för gödslingen alltefter de variationer som åkermarken uppvisar. Även reducerad jordbearbetning med bättre teknikutvecklade redskap förväntas leda till minskad utlakning.

Som mer passiva åtgärder föreslår Jordbruksverket höst- och vinterbevuxen mark för att minska urlakningen på ett naturligt sätt. Jorden ligger därmed inte bar under vintern och erosionen dämpas av växtligheten. Jordbruksverket har i en annan rapport (Jordbruksverket, 2006) konstaterat att utlakningen kan minskas till hälften om vall och insått rajgräs finns på åkern under vintern och plöjs på våren jämfört med att en skördad vårgroda stubbearbetas på hösten. Jordarten spelar en viktig roll och det är främst på lättare jordar med lägre lerhalt än 25 procent eller jordar med en mullhalt över 6 procent som höst- och vinterbevuxen åkermark till och med bör vara ett krav, anser Jordbruksverket.

Naturvårdsverket har angett den årliga kostnaden under 20 år för att uppfylla Sveriges åtagande i BSAP till mellan 2 till 2,5 miljarder kronor. Av detta hänförs 90 procent till åtgärder för att motverka övergödningen (Naturvårdsverket, 2009a).

Jordbruksverket har beräknat kostnaderna för att motverka växtnäringsläckaget från jordbruket (Jordbruksverket, 2010a). En möjlighet för anläggande av skyddszoner och anpassade skyddszoner samt fosfordammar skulle kunna minska fosforbelastningen till havet med 6,5 ton P respektive 5 ton P enligt tabell 1. En genomsnittlig kostnad för skyddszonerna respektive fosfordammarna beräknas ligga på mellan 2000 till 6000 kr per kg P respektive 1100 kr per kg P för den fosfor som genom åtgärderna inte når

havet. Kostnaden för den rådgivning som skulle ge bättre behovsanpassad gödsling och effektivare växtnäringsutnyttjande är beräknad till 30 till 40 miljoner kronor per år. Det redovisas inte hur mycket av detta som ger den minskade fosforbelastningen på sju ton som presenteras i tabell 1

Tabell 1 Beräknad minskad belastning av kväve och fosfor genom de föreslagna åtgärderna (modifierad efter Jordbruksverket [2010a])

Åtgärd	Minskad kvävebelastning, ton		Minskad fosforbelastning, ton	
	Brutto	Till havet	Brutto	Till havet
Rådgivning	650	390	10	7
Fånggrödor och vårbearbetning	600	375		
Våtmarker	450	300		
Reglerbar dränering	30	22		
Skydds-zoner			12,5	6,5
Dammar för fosforavskiljning	100	50	8	5
Bättre teknik	450	300		
Reducerad jordbearbetning	375	250		
Diverse regelskärpningar	310	213	2	1,5
Summa	2965	1900	32,5	20

Växtnäringsläckaget beräknas minska med 2965 ton brutto och cirka 1900 ton netto till havet beträffande kväve. Motsvarande siffror för fosfor är 32,5 ton respektive 20 ton netto till havet, varav 12 ton till Egentliga Östersjön.

6. ÅTGÄRDERNAS BETYDELSE

För det praktiska jordbrukets del styrs en väsentlig del av ekonomin på jordbruksföretaget av EU:s jordbruksstöd (Jordbruksverket, 2010b). Myndigheter såsom Jordbruksverket, Naturvårdsverket och Länsstyrelserna har genom regler och kontroll ett stort inflytande över hur lantbruksföretagen bedriver sin verksamhet. Sanktioner slår hårt om inte en jordbruksföretagare uppfyller regelverken och så kallade tvärvillkor, som innebär att till exempel djurskyddsregler måste vara uppfyllda för att EU:s jordbruksstöd ska betalas ut även om stöden i sig inte gäller djur, medför en extra press för jordbrukaren att leva upp till regelverken. Sålunda finns både en morot i form av extra ersättning om de föreslagna åtgärderna följs såväl som en piska att följa dem så att inte redan givna ersättningar går förlorade.

7. BALTIC SEA ACTION PLAN OCH VAD SOM HITTILLS HAR UPPNÅTTS

Aktionsplanen för Östersjön, BSAP, som upprättats av Helsingforskommissionen, HELCOM, år 2007 har som övergripande mål att Östersjön ska nå tillbaka till 1950-talets eutrofieringsnivå och varje land som omgärdar Östersjön har ett beting för hur mycket kväve och fosfor som ska minskas till år 2020 (HELCOM, 2007). Senast år 2016 ska åtgärderna ha vidtagits mot såväl luftburen som vattenburen belastning med växtnäringsämnen för att till år 2021 nå målet god ekologisk miljöstatus. Sveriges åtagande beträffande fosfor är 290 ton per år och beträffande kväve 20 800 ton per år till år 2021. I den nationella åtagandeplan som Naturvårdsverket arbetat fram för Sverige kommer betinget beträffande fosfor att beröra utsläppen till Egentliga Östersjön eftersom det inte krävs någon ytterligare minskning av fosfor till Öresund och Kattegatt (Naturvårdsverket, 2009b).

Genom de förändringar som skett i åkermarkens användande och genom att växtnäringsämnen utnyttjas effektivare tack vare rådgivning har Sverige redan kommit en bit på väg. Växtnäringsläckaget beräknas årligen ha minskat med tolv procent för kvävet del och sju procent för fosfor del sedan 1995 (Miljödepartementet 2010). Konstruerade våtmarker, obearbetade zoner vid vattendrag och minskad jordbearbetning av åkermarken beräknas ha minskat kväveläckaget med cirka 490 ton och fosforläckaget med ca 9 ton per år från 1995 till 2006.

Beräkningarna baseras på PLC-metodik (Pollution Load Compilation) som rapporteras till HELCOM med jämna mellanrum (Naturvårdsverket, 2009a). Modellberäkningarna utförs genom Svenska MiljöEmissionsData, SMED, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Sveriges åkerjordar delas in i olika läckageregioner där jordarter, grödklasser, markfosfor och åkrarnas lutning bestäms och matas in i modeller, SOILDB (för kväve) och ICREAMDB (för fosfor). Normalläckaget av kväve och fosfor från åkermarken kan sedan simuleras fram i beräkningssystemet NLeCCS genom växtodlingsgenerering och koefficientberäkning (SMED, 2011). Växtsekvenser för 10 000 år används för att ta fram de läckagekoefficienter som utnyttjas i beräkningsmetodiken. Växtsekvenserna slumpas fram med avseende på andel grödareal, andel av grödareal som stallgödslats, andel av den stallgödslade arealen som höstgödslats, andel av arealen som vårbearbetats samt andel av arealen för varje gröda där halm skördats i varje produktionsområde. Beräkningsmetodiken rymmer många fler data och antaganden än vad som nämns här.

8. FOSFOR I EGENTLIGA ÖSTERSJÖNS VATTENMASSA

Mellan 300 000 och 500 000 ton fosfor beräknas finnas löst i vattenmassan i Egentliga Östersjön, Finska viken och Rigabukten (Conley m.fl., 2002). Dessa beräkningar har som grund ett stort antal mätserier av löst oorganiskt fosfor i vattnet (DIP) över en trettioårsperiod från 1970 till 2000. Mätvärdena relateras till de syreförhållanden som råder vid bottnarna och den möjliga frigörelse av fosfor från bottensedimenten som sker när syrehalten understiger 2 mL/L syre. Vid högre syrehalter i bottenvattnet binds fosfor in i sedimenten genom att fällas ut med järn. Högre syrehalter möjliggörs vid stora saltvattenintrång genom de danska sunden och har inträffat med långa mellanrum cirka vart tionde år (Conley m.fl., 2002).

För hela Östersjön har en tillförsel på ca 34 500 ton fosfor från land år 2000 beräknats och av denna mängd kommer 50 procent från jord- och skogsbruket medan 25 procent kommer från punktkällor och 25 procent från naturliga bakgrundskällor (HELCOM, 2005).

Tabell 2 Den antropogena nettobelastningen av fosfor från hela Sverige (inklusive till Västerhavet) efter retention på land för åren 1995, 2000 och 2006 (Naturvårdsverket, 2009a). Siffrorna är avrundade till närmaste tiotal ton.

Källa	1995	2000	2006
	Fosforbelastning, ton		
Jordbruksläckage	670	610	620
Reningsverk	440	380	350
Industri	390	330	310
Enskilda avlopp	160	150	170
Dagvatten	80	80	70
Summa	1740	1550	1520

9. TÄNKBARA ÅTGÄRDER ATT GENOMFÖRA I HAVET

Fosfor som är löst i östersjövattnet har föreslagits fällas ut kemiskt med bland annat kalk från mägersten som finns i stora mängder på Gotland (Blomqvist och Rydin, 2009).

Att pumpa ned luft och syresätta bottarna i Östersjön för att sedimenten ska binda fosfor har föreslagits och testas i mindre skala (Stigebrandt och Gustafsson, 2007).

En naturlig lösning, som inte människan råder över, skulle vara om stora mängder syrerikt havsvatten tränger in i Östersjön över de dansktyska trösklarna i samband med stormar och förmår de då syresatta bottensedimenten att binda fosfor (Conley m.fl., 2002).

En annan naturlig lösning vore om Östersjöns eget ekosystem kunde ta hand om växtnäringen och ge en ökad produktion högre upp i näringsväven. Om de cyanobakterier och mikroalger som göds av växtnäringen äts upp av djurplankton som i sin tur äts upp av nästa led i näringsväven så kan produktionen styras uppåt i alla led. Alltför hårt fiske på för människor begärliga fiskarter har stört näringsväven och lett till regimskifte från torsk till skarpsill (Casini, 2006). Med en annan inriktning på fiskeförvaltningen skulle Östersjöns ekosystem kunna fungera bättre så att en större del av näringsämnen fördes över i fiskproduktion och genom fiske tas ut ur Östersjöns ekosystem. På svenska västkusten har även försök genomförts med att odla blåmusslor för att genom dessa kunna producera både mat och samtidigt skörda näringsämnen som fosfor och kväve ur havet. Exempel finns även från Polska kusten (Lindell, 2009; Lindell, 2011). I områden där salthalten är hög och tillväxten god kan levande musslor ta upp mellan 8,5 till 12 g kväve och 0,6 till 0,8 g fosfor när de skördas (Petersen och Loo, 2004)

10. DISKUSSION

Den rådgivning som ges till jordbruket för att minska växtnäringläckaget kan upplevas motsägelsefull av många jordbrukare om åtgärdernas främsta uppgift snarast är att uppvisa politisk handlingskraft än att nå god växtodlingsekonomi. Beräkningarna av växtnäringflöden från land till hav tyder på att det kan ta mycket lång tid att uppnå målet och kostnaderna är stora. Mellan 2 till 2,5 miljarder kronor har det beräknats kräva årligen för att genomföra åtgärderna. I Egentliga Östersjön visar näringsämnes- och växtplanktonindikatorerna tydligt på fortsatt övergödning (Havet, 2011) och de ansträngningar som sker i jordbruket för att reducera det diffusa läckaget av kväve och fosfor har inte tillsynes gett några mätbara resultat i öppna Östersjöns vatten. Däremot har åtgärder både när det gäller punktkällor från reningsverk och anläggning av våtmarker, ändrade grödor, vall med mera gett tydliga förbättringar i kustvatten och skärgårdsområden. Här finns fortfarande mycket åtgärder att göra regionalt för grunda inneslutna vikar och fjärdar, både vad gäller lokala punktkällor och generella åtgärder för att begränsa växtnäringläckaget i stort.

Våtmarker, där vatten från åkermark får sila igenom vegetation och lerpartiklar sedimentera innan de når Östersjön, är exempel på system som efterliknar naturens egna reningssystem. Sådana naturliga system var vanliga innan täckdikning och sjösänkningar satte fart i slutet av 1800-talet. Våtmarker bidrar både till att minska växtnäringsläckaget och – framförallt i kombination med mindre diken – till att gynna förökning av gädda i kustregioner. Detta har till exempel genomförts i Kalmar Län.

Anläggande av dammar för fosforavskiljning är också exempel på kostsamma åtgärder med begränsad effekt på mängden fosfor som kan avskiljas och därmed inte når Östersjön. Det lönar sig att se till att fosfor som gödslas med inte når vattnet då 1 kg fosforgödselmedel kostar 20 kronor. Att rena bort samma massa från att läcka ut i Östersjön kostar mellan 1100 till 6000 kronor. När väl fosfor lösts i vattnet och kommit ut i havet behöver nya metoder utvecklas för att fånga upp de lösta näringsämnena genom att skörda biomassa av olika arter, binda fosfor i sedimentet, eller kanske i framtiden utvinna fosfor ur bottensediment.

Nya forskningsresultat visar på möjligheten av att en ökad förekomst av större rovfisk, till exempel abborre, som kan äta upp mindre rovfiskar så som storspigg, vilket i sin tur leder till en ökad förekomst av de kräftdjur som i sin tur kan beta ner mycket av de trådformiga algerna (Moksnes m.fl., 2010). Denna och andra studier indikerar att förekomsten av trådalger som gynnas av höga halter av fosfor och kväve inte bara styrs av dessa utan även av förekomsten av stora rovfiskar. Mer storskaliga försök där till exempel utplanteringar av abborre i olika havsvikar testas för att se om detta kan leda till en ökad betning av de trådformiga algerna, och därmed minska övergödningens synbara effekter i kustzonen.

REFERENSER

Blomqvist S., Rydin E., 2009. Hur fosforbindningen i Östersjöns bottensediment kan förstärkas. Naturvårdsverket Rapport 5914. Januari 2009.

Casini M., 2006. Resource utilisation and growth of clupeid fish in the Baltic Sea. Patterns mechanisms and ecological implications. Doktorsavhandling, Institutionen för marin ekologi, Göteborgs universitet.

Conley D.J., Humborg C., Rahm L., Savchuk O.P. Wulff F., 2002. Hypoxia in the Baltic Sea and basin-scale changes in phosphorus biogeochemistry. *Environmental Science and Technology* 36, pp 5315 – 5320.

Cordell D., Drangert J.O., White S., 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19, 292 – 305.

HELCOM, 2005. Nutrient Pollution to the Baltic Sea in 2000. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 100.

HELCOM, 2007. Baltic Sea Action Plan. HELCOM Ministerial Meeting, Krakow, Poland, 15 November 2007.

Jasinski S.M., 2006. Phosphate rock, Statistics and information. US Geological Survey

Jordbruksverket, 1996. Översyn av bestämmelserna kring höst- eller vinterbevuxen mark. Opublicerad rapport. Jordbruksverket. Jönköping.

Jordbruksverket, 2010a. Minskade växtnäringsförluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket. Rapport 2010:10

Jordbruksverket, 2010b. Gårdsstödet 2010. www.jordbruksverket.se

Jordbruksverket, 2010c. Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – möjligheter och hinder i praktiken. Delrapport 1 från projektet Greppa Fosfor, 2006 – 2009. Rapport 2010:35.

Lindahl O., 2009. Mussel farming in Polish coastal waters – A win-win measure for environment, business and society? Pages 70 – 83 in Zaucha J., Matczak, M., Przedzimirska J., (eds.) *Future use of the Polish Maritime Areas for Economic and Ecological Purposes*. Instytut Morski w Gdańsku. Gdańsk 2009.

Lindahl O., 2011. Mussel Farming as a tool for re-eutrophication of coastal waters: experiences from Sweden. Pages 217 – 235 in S. Shumway (ed.) Shellfish Aquaculture and the Environment. Wiley-Blackwell.

Miljödepartementet, 2010. Förslag till åtgärdsplan för genomförandet av Helcoms aktionsplan för Östersjön.

Moksnes PO., Baden S., Råberg S., Kautsky L., 2010. Rovfisk påverkar vegetation längs Sveriges kuster. Havet 2010. Sid 62 – 64. Om miljötillståndet i Svenska havsområden. Naturvårdsverket & Havsmiljöinstitutet.

Naturvårdsverket, 2009a. Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet. En sammanställning av beräkningar mellan åren 1985 – 2006. Rapport 5965. Juni 2009.

Naturvårdsverket, 2009b. Sveriges åtaganden i Baltic Sea Action Plan. Förslag till nationell åtgärdsplan. Rapport 5985. Juni 2009.

Naturvårdsverket, 2009c. Nutrient loads to the Swedish marine environment in 2006 - Sweden´s Report for HELCOM´s Fifth Pollution Load Compilation. Report No 5995.

Naturvårdsverket, 2011.
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Tillstandet-i-miljon/Bedomningsgrunder/Odlingslandskap/Akermarkens-kvalitet/Lattlosligt-fosfor-och-kalium/> (2011-11-08)

Petersen J.K., Loo L-O., 2004. Miljøkonsekvenser af dyrking av blåmuslinger. Interregproject III-A "Blåskjellanlegg og nitrogenkvoter". Slutrapport 31.8.2004.

SMED, 2011. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark för år 2009 beräknat med PLC-5 metodik. Beräkningar av normalläckage för kväve och fosfor 2009. SMED Rapport Nr 57.

Steen I., 2000. Phosphorus availability in the 21st century. Management of a non-renewable resource. Phosphorus & Potassium No 217.

Steen I., 2009. Fosfor – resurser, tillgång, kvalitet. PM.

Stigebrandt A., Gustafsson B., 2007. Improvement of Baltic proper water quality using large-scale ecological engineering. *Ambio* 36. 280 – 286.

Ulén B., Aronsson H., Bergström L., 2008. Åtgärds katalog för minskade fosfor- och kväveförluster från jordbruk till vatten. SLU, Institutionen för mark och miljö, Uppsala.

Ulén B., 2010. Läckage av fosfor och kväve från en marin lerjord med odlingsåtgärder som berör markstruktur, jordbearbetning och spridning av handelsgödsel. Projektrapport.

UNEP, 2011. UNEP Year Book 2011.

Vattenmyndigheterna, 2009. Åtgärdsprogram för Norra Östersjöns vattendistrikt 2009 – 2015.

Yara, 2011.

http://www.yara.se/fertilizer/crop_advice/agriculture/phosphorus_fertilization/index.aspx (2011-11-08)



Havsmiljöinstitutet

Umeå universitet · Stockholms universitet
Göteborgs universitet · Linnéuniversitetet