



Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion

*– en studie där ett optimalt svenskt mål jämförs med
ett internationellt mål*

Linda Karlsson

*SLU, Institutionen för ekonomi
Magisteruppsats i nationalekonomi*

*Examensarbete 493
Uppsala, 2007*

D-nivå, 30 ECTS poäng

ISSN 1401-4084

ISRN SLU-EKON-EX-493-SE

Cost efficient reduction of sulphur dioxide

- a study where an optimal Swedish goal is compared with an international goal

Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion

– en studie där ett optimalt svenskt mål jämförs med ett internationellt mål

Linda Karlsson

Handledare: Ing-Marie Gren

© Linda Karlsson

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 UPPSALA

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-493-SE

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala, 2007

Förord

Tillfällena har varit flera under min studietid då jag har frågat mig själv hur den kunskap jag samlat på mig under åren kommer att användas i det verkliga arbetslivet. Alla dessa matematiska formler och långa uträkningar, är det verkligen nåt jag kommer att ha användning av att kunna? Under arbetet med denna studie har jag verkligen insett att det inte är uträkningarna i sig som är det viktiga, det viktiga är att förstå de variabler som beräkningarna utgörs av och att kunna tolka och analysera det resultat du får fram.

Arbetet med denna uppsats har varit väldigt lärorikt och utvecklande både ur studiesynpunkt och på det personliga planet. Jag vill börja med att tacka Naturvårdsverket för möjligheten att genomföra denna intressanta studie. Jag vill speciellt tacka Ulrika Lindstedt, min kontaktperson på Naturvårdsverket, som har tagit tid från sina upptagna arbetsdagar för att svara på mina frågor och komma med respons på mitt arbete.

Mitt varmaste tack går till min handledare Ing-Marie Gren, professor i naturresurs- och miljöekonomi vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Du har sett till att jag har hållit mig på rätt väg och hela tiden hjälpt mig att komma framåt i mitt arbete. Tack! Jag vill även tacka Stefan Åström, miljöekonom på IVL Svenska Miljöinstitutet AB, som har varit till stor hjälp när det gäller att förstå sig på databasen GAINS.

Jag är även tacksam till Karl-Johan Hellblom och Lena Thörn för hjälp med korrekturläsning och feedback på mitt arbete. Jag vill även passa på att rikta ett stort tack till familj och vänner som har funnits där för mig under min studietid i Uppsala, det har varit en härlig tid!

Uppsala 24 juli, 2007

Linda Karlsson

Sammanfattning

Sverige har under flera årtionden arbetat med att reducera försurningen och dess främsta orsak; utsläpp och deponering av svaveldioxid. Trots allt det arbete som har lagts ned går den positiva utvecklingen sakta framåt. Det beror dels på en lång återhämtningsperiod för de försurade områdena men även på att utsläppen och deponeringen av svaveldioxid inte har reducerats tillräckligt.

Svaveldioxidutsläppen från landbaserade källor i Sverige beräknas vara 34 000 ton år 2010. Under samma år kommer närmare 182 000 ton svaveldioxid att deponeras över det svenska landskapet. Denna deponering kommer framförallt från källor i Polen och fartygstrafiken på Östersjön men även våra egna utsläpp bidrar med ungefär 10 procent. Eftersom Sverige är en nettoimportör av svaveldioxid kan vi inte på egen hand reducera den svaveldioxid som deponeras i vårt land och internationella avtal med utsläppsmål leder inte till en optimal reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige. Ur ett renodlat svenskt perspektiv skulle det optimala vara ett internationellt avtal där målet är en reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige.

Syftet med denna uppsats är att jämföra två kostnadseffektiva svaveldioxidreduktioner; den ena med målet att reducera de internationella utsläppen och den andra med målet att reducera deponeringen i Sverige. Deponeringsmål är ingenting som används som policy idag eftersom det inte leder till en internationellt optimal reducering, men det kan ge en fingervisning om hur Sverige borde fokusera det fortsatta arbetet med att reducera utsläppen och deponeringen av svaveldioxid.

Resultaten från de optimeringar som jag genomförde visar att Frankrike, Polen, Rumänien, Storbritannien och Ungern är de länder som står för den största reningsmängden vid ett deponeringsmål, och dessa är även bland de länder som måste genomföra de största reningsmängderna vid ett utsläppsmål. Det finns ett antal länder vars utsläppsreduktioner har stor betydelse vid ett deponeringsmål och som inte genomför någon omfattande utsläppsreduktion vid ett utsläppsmål. Dessa länder är framför allt Sverige, Danmark, Estland, Finland och Lettland.

Resultaten från denna studie måste dock tas med försiktighet eftersom en del områden vars svaveldioxidutsläpp har stor inverkan på deponeringen i Sverige inte finns med i studien p.g.a. otillräckliga data. Det gäller i första hand Ryssland, Vitryssland, Ukraina och fartygstrafiken på Östersjön och Nordsjön.

Nyckelord: Kostnadseffektivitet, svaveldioxid, svaveldioxidutsläpp, svaveldioxiddeponering, svaveldioxidreduktion

Summary

In Sweden the work of reducing acidification and its prime cause; emission and deposition of sulphur dioxide, has been going on for decades. Despite of all the work that has been done the positive progress in the acidified areas is slow. This is partly due to a long recovery time for the acidified areas but also because the reductions of emission and deposition of sulphur dioxide have not been large enough.

Emissions of sulphur dioxide from land based source in Sweden are estimated to 34 000 tons in the year of 2010. During the same year, approximately 182 000 tons of sulphur dioxide will be deposited over the Swedish territory. The deposition originates mainly from sources in Poland and from ships trafficking the Baltic Sea, but our own emissions contribute as well with about 10 per cent. Since Sweden is a net importer of sulphur dioxide we can not on our own reduce the sulphur dioxide deposition and international agreements with emission targets are not optimal from a Swedish point of view. From a strictly Swedish perspective it would instead be optimal with an international agreement where the target is to reduce deposition of sulphur dioxide in Sweden.

The aim with this thesis is to compare two cost efficient reductions of sulphur dioxide; one where the target is to reduce the international emissions and the other one where the target is to reduce the deposition in Sweden. Deposition targets for single countries are not used as policy today since the outcome is not optimal in an international point of view, but it can give a hint about the way Sweden should continue the work with reducing emissions and deposition of sulphur dioxide.

The results from the optimizations show that France, Poland, Romania, Great Britain and Hungary are countries where the largest emission reductions are made during a deposition target. These countries are also among the countries that perform the largest emission reductions during an emission target. There are a number of countries where the emission reductions are of great importance during a deposition target but they do not perform any large reductions during an emission target. These countries are above all Sweden, Denmark, Estonia, Finland and Latvia.

The results from this study must however be taken with some caution since some areas whose sulphur emissions have large impacts on the deposition in Sweden are not included in the study due to lack of data. These regions are primarily Russia, Belarus, Ukraine and the ship traffic on the Baltic Sea and the North Sea.

Key terms: Cost efficiency, sulphur dioxide, sulphur dioxide emissions, sulphur dioxide deposition, sulphur dioxide reduction

Innehållsförteckning

1 INTRODUKTION	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	2
1.3 SYFTE.....	2
1.4 AVGRÄNSNING.....	3
1.5 METOD.....	3
2 MODELL FÖR KOSTNADSEFFEKTIV SVAVELREDUKTION.....	5
2.1 KOSTNADSEFFEKTIVITET	5
2.2 KOSTNADSEFFEKTIV REDUKTION MED UTSLÄPPSMÅL.....	5
2.3 KOSTNADSEFFEKTIV REDUKTION MED DEPOSITIONSMÅL.....	8
3 UTSLÄPP, RENINGSKOSTNADER OCH DEPONERING	10
3.1 UTSLÄPP OCH RENINGSKOSTNADER FÖR OLIKA ÅTGÄRDER	11
3.2 DEPONERING.....	11
3.3 DATA	12
3.4 UTSLÄPP OCH DEPONERING I SVERIGE	14
4 RESULTAT OCH ANALYS.....	16
4.1 KOSTNADSEFFEKTIV REDUCERING MED UTSLÄPPSMÅL.....	16
4.1.1 Övergripande resultat	16
4.1.2 Landsspecifika resultat.....	18
4.2 KOSTNADSEFFEKTIV REDUCERING MED DEPOSITIONSMÅL I SVERIGE	20
4.2.1 Övergripande resultat	20
4.2.2 Landsspecifika resultat.....	21
4.3 DISKUSSION	25
5 SLUTSATSER.....	28
REFERENSER.....	29
LITTERATUR OCH PUBLIKATIONER.....	29
INTERNET.....	29
BILAGA 1 TILLSTÅND FRÅN IIASA.....	31
BILAGA 2A OPTIMERING VID REDUKTIONSMÅL I ABSOLUTA TERMER	32
BILAGA 2B OPTIMERING VID DEPONERINGSMÅL I ABSOLUTA TERMER	33
BILAGA 3 FÖRKLARINGAR TILL KONTROLLÅTGÄRDER.....	34
BILAGA 4 DEPONERINGSMATRIS FÖR SO₂ ÅR 2010	36
BILAGA 5 RESULTAT FRÅN UTSLÄPPSOPTIMERING.....	38
BILAGA 6 RESULTAT FRÅN DEPONERINGSOPTIMERING.....	41

Figurförteckning

Figur 1 Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion vid utsläppsmål.....	7
Figur 2 Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion vid ett depositionsmål.....	9
Figur 3 Svenska utsläpp av svaveldioxid, 1980-2020.....	14
Figur 4 Nedfall av svaveldioxid över Sverige 1980-2010	15
Figur 5 Länders procentuella andelar av SO ₂ -deponeringen i Sverige 2010.....	15
Figur 6 Totalkostnaden för reducering av SO ₂ -utsläpp.....	17
Figur 7 Marginalkostnaden för reducering av SO ₂ -utsläpp.....	18
Figur 8 Reningsmängd i respektive land när deponeringen i Sverige reduceras med 10 respektive 40%.....	23
Figur 9 Kostnaden för reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige under depositionsmål	25
Figur 10 Totalkostnaden för reduktion av SO ₂ -deponeringen i Sverige under två olika mål.....	26

Tabellförteckning

Tabell 1 Exogena variabler.....	12
Tabell 2 Kostnader för reducering av de totala utsläppen av svaveldioxid med olika nivåer.....	17
Tabell 3 Reningsmängd och totalkostnad för respektive land vid 10 respektive 50% reduktion av de totala SO ₂ - utsläppen.....	19
Tabell 4 Beräknade kostnader för reducering av svaveldioxiddeponering i Sverige efter 2010.....	21
Tabell 5 Reningsmängd, marginalkostnad och totalkostnad för respektive land vid en 10 respektive 40% reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige.....	22
Tabell 6 Ländernas bidrag till den totala deponeringsreduktionen i Sverige	24

1 Introduktion

Under 2004 släppte Sverige ut 47 000 ton svaveldioxid, under samma år deponerades drygt 182 000 ton svaveldioxid över hela Sverige (www, EMEP, 1 & 2). Redan 2004 uppfyllde Sverige de nationella målen för svaveldioxidutsläpp som skulle uppnås till 2010. Trots att Sverige har arbetat hårt och länge både nationellt och internationellt med att reducera svaveldioxidutsläppen, som är den främsta orsaken till försurningen, är stora arealer av sjöar, vattendrag och marker fortfarande kraftigt försurade och kommer så att vara en lång tid framöver. Orsakerna till detta är dels att det tar lång tid för de försurade områdena att återhämta sig men framför allt att Sverige är en nettoimportör av svaveldioxid. För att det svenska försurningsproblemet ska kunna lösas måste större utsläppsminskningar genomföras internationellt (Miljömålsrådet, 2006).

1.1 Bakgrund

Svaveldioxidutsläpp kommer från förbränning av fossilt bränsle. Det fossila bränslet består av forntida döda djur- och växtdelar som innehåller en liten andel svavel. När vi idag eldar med fossila bränslen såsom kol och olja förenas svavlet med syre och kommer ut i luften som svaveldioxid (SO₂). Genom snö, regn eller torrt nedfall kommer svaveldioxiden förr eller senare tillbaka till jordytan i form av väte- och sulfatjoner (www, Naturvårdsverket, 1). I och med industrialiseringen och användandet av kol i slutet på 1800-talet började utsläppen av svaveldioxid i Europa att öka markant. Efter andra världskrigets slut i mitten på 1900-talet kom ännu en hastig ökning av utsläppen i och med att oljeförbrukningen tog ordentlig fart (www, forsurning.nu, 1). Utsläpp och nedfall av svaveldioxid är den främsta orsaken till försurning. Några av de allvarligaste effekterna av försurningen är att den biologiska mångfalden minskar på grund av försurade sjöar, vattendrag och skogslandskap, markernas näringsämnen utlakas och vårt kulturarv vittrar sakta men säkert sönder (Naturvårdsverket, 2003).

Svaveldioxiden har en livslängd på ett par dygn i atmosfären innan den återkommer till jordytan. Under de här dygnen kan utsläppen med hjälp av vindarna transporteras hundratals eller till och med tusentals kilometer från utsläppskällan. Det här gör att det i Europa ständigt sker en import och export av svaveldioxid mellan länderna och havsområdena (Perman et al, 2003). Gemensamt för länderna i Europa är att en stigande andel av svaveldioxiddeponeringen kommer från den internationella sjöfarten. Samtidigt som utsläppen från landbaserade källor minskar, ökar utsläppen från fartygen. Om denna utveckling fortsätter kommer utsläppen från landbaserade källor i EU:s 27 medlemsländerna att 2020 vara ungefär lika stora som de totala utsläppen från fartygstrafiken på Europas havsområden (Nordöstra Atlanten, Medelhavet, Nordsjön, Svarta Havet och Östersjön) (www, IIASA, 1).

På grund av den naturliga transporten mellan olika länder och havsområden klassificeras svaveldioxidutsläppen som ett internationellt miljöproblem (Perman et al, 2003). Det behövs därför internationella överenskommelser för att komma till rätta med problemet. Sverige har mycket aktivt arbetat för att utsläppsreduktioner ska genomföras internationellt, till exempel så togs 1997 EU:s försurningsstrategi fram med hjälp av svenska experter. Denna strategi ledde bland annat till direktiv om utsläppstak i EU:s medlemsländer (www, regeringen). De idag två mest betydande internationella avtal som begränsar utsläppen av bland annat

svaveldioxid är det s.k. Göteborgsprotokollet som är en del av FN: s luftvårdskonvention (CLRTAP) och EU: s takdirektiv. Den sista november 1999 antogs Göteborgsprotokollet, ett bindande avtal som bland annat fastställer nationella utsläppstak för utsläpp av svaveldioxid. I förhandlingarna fastslogs att länder vars utsläpp har större negativ påverkan på naturen och människan och de länder som kan rena sina utsläpp till en lägre kostnad ska genomföra de största utsläppsminskningarna. När Göteborgsprotokollet är fullföljt år 2010 ska Europas totala utsläpp av svaveldioxid ha minskat med minst 63 procent från 1990 års nivåer, förutsatt att alla länder reducerar sina utsläpp i den mängd de lovat (www, UNECE, 1). Två år efter Göteborgsprotokollet antagits godkändes EU:s takdirektiv där medlemsländerna bland annat har tilldelats nationella utsläppstak för svaveldioxid som ska uppfyllas till 2010. Även här är kostnadseffektivitet ett viktigt kriterium, den största möjliga miljövinsten skall uppnås till lägsta möjliga kostnaden (www, Europa 1, 2007). Sverige har i båda dessa avtal åtagit sig att minska svaveldioxidutsläppen till 67 000 ton, vilket redan är uppfyllt (www, Naturvårdsverket, 2). En revidering av takdirektivet har redan börjat och syftar till att räkna fram nya utsläppstak för EU:s medlemsländer till 2020. Detta ger Sverige en möjlighet att påverka det fortsatta arbetet med att reducera svaveldioxidutsläppen inom EU. Arbetet med att revidera Göteborgsprotokollet kommer sannolikt att starta inom en snar framtid, vilket kommer att ge Sverige och EU en möjlighet att jobba för att större utsläppsreduktioner även i USA, Kanada och Östeuropa (www, Naturvårdsverket, 3).

Trots att Sverige har jobbat både aktivt och länge med att minska försurningen är det alltså fortfarande ett problem i de svenska sjöarna, vattendragen och markerna. Anledningen till det är dels att återhämningsperioden för de försurade områdena är lång men även att de svenska utsläppen och framförallt nedfallet av svaveldioxid inte har minskat tillräckligt. Problemet med svaveldioxidnedfallet är att majoriteten kommer från utländska källor som kanske inte har arbetat lika effektivt med att minska svavelutsläppen som Sverige har gjort.

1.2 Problemformulering

Sverige har redan uppnått både det nationella och de internationella målen angående reduktionen av svaveldioxid. Problemet är att det inte är tillräckligt; försurningen är fortfarande ett problem i de svenska sjöarna, vattendragen och markerna och kommer så att vara länge till. För att minska de svenska problemen med försurningen är det internationella arbetet med att minska svaveldioxidutsläppen avgörande eftersom majoriteten av svaveldioxiddeponeringen över Sverige kommer från utsläppskällor utanför våra egna landsgränser. Arbetet med att revidera den ena av de två internationella överenskommelser som begränsar utsläppen av svaveldioxid har redan börjat och revisionen av den andra kommer troligen att snart börja, detta för att se hur det fortsatta arbetet ska se ut efter 2010. Som policy idag används utsläppsmål när utsläppsreducerande avtal tas fram. Ur ett hypotetiskt perspektiv vore det för Sveriges del istället optimalt med ett svenskt deponeringsmål. Detta skulle leda till en optimal reduktion av den svaveldioxiddeponering som sker i Sverige, men det är inte optimalt ur ett internationellt perspektiv.

1.3 Syfte

Det huvudsakliga syftet med denna uppsats är att från ett rent ekonomiskt perspektiv undersöka hur det fortsatta nationella och internationella arbetet med att reducera utsläppen och deponeringen av svaveldioxid ser ut för Sveriges del efter 2010. Syftet besvaras genom

att jämföra resultaten från en kostnadseffektiv reduktion av de totala utsläppen med resultaten från en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige efter 2010.

Genom att utföra två optimeringar av svaveldioxidreduktionen i Europa, dels under ett utsläppsmål och dels under ett svenskt deponeringsmål och sedan jämföra resultaten från dessa två optimeringar hoppas jag kunna svara på följande frågor:

- Hur ser en kostnadseffektiv reduktion av de totala svaveldioxidutsläppen i Europa ut efter 2010?
- Från svenskt perspektiv hur ser en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige ut efter 2010?
- Vid ett deponeringsmål, vilka länder måste genomföra större utsläppsreduktioner än vad ett utsläppsmål leder till?

1.4 Avgränsning

Denna studie undersöker optimal svaveldioxid reduktion ur ett rent ekonomiskt syfte. Ingen hänsyn har tagits till att utsläppen från olika källor kan medföra olika stora skador beroende på vart de deponeras. Deponering i ett försurningskänsligt område gör större skada än deponering i ett område som är mindre känsligt. Inte heller har kostnaderna för olika reduktionsmål satts i någon relation till den nytta i form av minskad skada på ekosystemet som respektive reduktionsmål leder till. För att kunna göra detta måste en kostnadsnyttoanalys genomföras. På grund av tidsbegränsning har ingen hänsyn tagits till detta.

Antalet länder och havsområden som inkluderas i studien har begränsats till de länder som finns med i databasen GAINS (Greenhouse gas – Air pollution Interactions and Synergies). Anledningen till att GAINS databasen används som en avgränsande faktor är att de data angående reningskostnaderna som jag har använt finns i denna databas och då enbart för ett begränsat antal länder. Med denna avgränsning gjord är 31 länder med i studien. Förutom EU27 – länderna är Schweiz, Norge, Turkiet och Kroatien de länder som finns med. Det hade varit optimalt att även inkludera Ryssland, Ukraina, Vitryssland och de Europeiska havsområdena i studien på grund av att en betydande andel av den totala svaveldeponeringen i Sverige kommer från dessa områden. Tyvärr finns inte motsvarande data för dessa områden och de kan därmed inte tas med i studien.

De mål som finns uppsatta i Göteborgsprotokollet och Takt direktivet ska vara uppfyllda till 2010. Revideringar av dessa kommer att visa hur arbetet med att reducera svaveldioxidutsläppen ska fortsätta efter 2010. På grund av detta har jag valt att utföra optimeringarna med data som gäller från och med 2010.

1.5 Metod

Denna uppsats avser att för år 2010 jämföra en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxidutsläppen med en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige. Jag kommer att använda mig av matematisk programmering med GAMS, General Algebraic Modeling System, för att göra två olika kostnads optimeringar. Den första optimeringen har utsläppsreduktioner som restriktion. I den andra optimeringen kommer

istället deponeringsreduktioner i Sverige vara den begränsande faktorn. De data som kommer att behövas i optimeringsmodellen rör främst uppgifter angående förväntade utsläpp och nedfall av svaveldioxid, enhetskostnader för att rena utsläppen och en deponeringsmatris som visar bidragen av svaveldioxidnedfall från ett land till ett annat. Den första delen av arbetet består av att leta fram de data som behövs, sortera siffrorna och lägga in dem i GAMS. Under andra delen av arbetet kommer optimeringarna att genomföras i GAMS och resultaten tolkas och analyseras för att slutsatser ska kunna dras.

Kostnadsuppskattningar för att rena svavelutsläppen efter 2010 för de aktuella länderna finns i en databas, GAINS, som Internationella Institutet för Tillämpad Systemanalys (IIASA) i Österrike ansvarar för. För att få använda data från IIASA i en annan modell som jag ska göra måste speciellt medgivande ges från IIASA. Det medgivande som jag har fått finns i bilaga 1. Det valda scenariot i GAINS är NEC_NAT_CLE4REV i version NEC02. En framräknad deponeringsmatris för svaveldioxid under 2010 finns i en rapport från EMEP och SMHI (2005) där även nedfallet av svaveldioxid finns. Uppskattningar angående ländernas svaveldioxidutsläpp finns på flera ställen, jag har valt att använda mig av uppgifterna i GAINS databasen eftersom dessa är de mest uppdaterade.

2 Modell för kostnadseffektiv svavelreduktion

Ett viktigt kriterium ur både politisk och ekonomisk synpunkt när det gäller att uppfylla olika miljömål är kravet på kostnadseffektivitet, dvs. att det uppsatta målet uppnås till lägsta möjliga kostnad. Ekonomisk analys har en del att säga om kostnadskonsekvenserna av att välja olika alternativ för att uppnå ett specifikt mål. I en kostnadseffektivitets analys används ofta en optimeringsprocedur, en systematisk metod för att hitta de alternativ som uppfyller målet till den lägsta kostnaden (Tietenberg, 2003).

2.1 Kostnadseffektivitet

När överenskommelser angående internationella miljöproblem utformas är målet att reducera de totala utsläppen. En ekonomisk analys genomförs för att fördela reduktionsmängder till respektive land, länder med lägre reningskostnader kommer att få genomföra större utsläppsreduktioner. På så sätt uppnås målet med att minska de totala utsläppen till lägsta möjliga totalkostnad. Förutom att undersöka hur en kostnadseffektiv rening av svaveldioxidutsläppen ser ut efter 2010 vill jag från en svensk synpunkt undersöka hur en optimal reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige skulle se ut efter 2010. Istället för ett utsläppsmål för att minska de totala utsläppen sätts då ett depositions mål för Sverige upp.

När ett utsläpps- eller depositions mål har satts upp, exempelvis en reduktion med 30%, kan utsläppsminskningar genomföras i flera länder till olika kostnader. Kostnaden för rening beror bland annat på hur mycket rening som redan genomförts, vilka åtgärder som kan användas och kostnaden för att använda dessa åtgärder. För att uppfylla kravet på kostnadseffektivitet måste alla olika åtgärder i alla berörda länder rangordnas. Som nämndes ovan genomförs en optimeringsprocedur för att rangordna olika alternativ till måluppfyllelse.

I modellen nedan har två olika begränsningar för svaveldioxidutsläppen använts. Till att börja med är begränsningen ett mål för att minska de totala utsläppen. I det andra avsnittet utgörs begränsningen istället av en minskning av svaveldioxiddeponeringen i Sverige. Det är inte optimalt att rena svaveldioxidutsläppen till noll eftersom en viss mängd utsläpp måste tolereras om vi ska leva med samma standard som vi har idag.

2.2 Kostnadseffektiv reduktion med utsläppsmål

När begränsningen är ett gemensamt uppsatt mål för att reducera den totala mängden svaveldioxidutsläpp från de aktuella länderna spelar det ingen roll om utsläppen minskar i Polen, Sverige eller Italien, det är de sammanlagda totala utsläppen som ska reduceras till minsta möjliga kostnad.

Antag att kostnadsfunktionerna för rening av svaveldioxid för de 31 länder som ingår i denna studie betecknas av $C_i(A_i)$, där $i=1, \dots, 31$ länder och A_i är mängden rening i respektive land. Den begränsande faktorn är i det här fallet ett procentuellt mål. Den totala reduktionen i alla länder ska vara större än eller lika med en andel av de totala utsläppen, γE_T . Där γ står för hur stor andel av de totala utsläppen som skall renas.

Målet är nu att genom en optimering identifiera den reningsmängd för respektive land, A_i , som leder till att den totala reningskostnaden, C_T minimeras, under begränsningen (u.b.) av det uppsatta utsläppsmålet,.

Problemet illustreras på följande sätt:

$$\text{Min}_{A_i} C_T = \sum_i C_i(A_i) \quad \text{u.b.} \quad \sum_i A_i \geq \gamma E_T, \quad (2.1)$$

Med hjälp av funktionerna i 2.1 kan följande uttryck sättas upp;

$$L = \sum_i C_i(A_i) + \lambda(\sum_i A_i - \gamma E_T). \quad (2.2)$$

där λ är en så kallad Lagrange multiplikator. Betydelsen av denna variabel kommer att redovisas genom funktion 2.3 nedan.

Genom att använda första ordningens villkor, FOV, identifieras de kritiska värdena som gör att L minimeras. FOV innebär att ett maximum eller minimum för den aktuella funktionen finns i den punkt där första derivatan är lika med noll. Den punkt som uppfyller detta krav kallas för den kritiska punkten. Så med hjälp av FOV kan de värden för A_1, A_2, \dots, A_{31} som kommer att leda till att målfunktionen minimeras räknas ut:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial A_1} = \frac{\partial C_1}{\partial A_1} + \lambda = 0 \Rightarrow \frac{\partial C_1}{\partial A_1} = -\lambda \\ \frac{\partial L}{\partial A_2} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} + \lambda = 0 \Rightarrow \frac{\partial C_2}{\partial A_2} = -\lambda \\ \vdots \\ \frac{\partial L}{\partial A_{31}} = \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} + \lambda = 0 \Rightarrow \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} = -\lambda \end{array} \right\} \frac{\partial C_1}{\partial A_1} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} = \dots = \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} = -\lambda \quad (2.3)$$

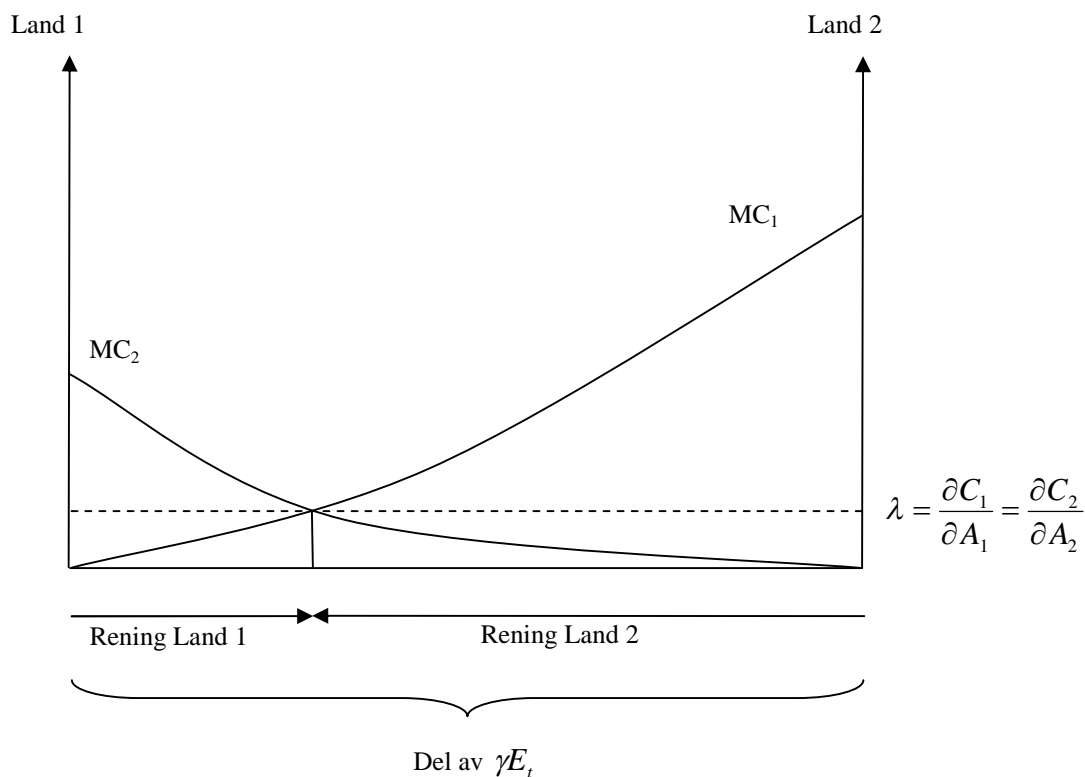
Från uttrycket ovan kan utläsas att en kostnadseffektiv reducering av de totala svaveldioxidutsläppen uppnås, när marginalkostnaden, kostnaden för att rena ytterligare en enhet, är lika för alla länder.

I den optimering som just illustrerades var målet uppsatt som ett procentuellt utsläppsmål. Resultaten kommer inte att skilja sig om målet istället formuleras som ett mål i absoluta termer. Detta bevisas i bilaga 2a. Ur en ren ekonomisk synpunkt har det därmed ingen betydelse om ett utsläppsmål anges som ett utsläppstak i absoluta siffror eller om målet formuleras som att utsläppen måste minska med en andel av de totala utsläppen. Båda målen kommer att leda till lika stora utsläppsminskningar i respektive land och den totala reningen kommer att uppnås till lägsta möjliga kostnad.

Från förhållandet i 2.3 kan multiplikatorn, λ , därmed ses som det gemensamma marginalkostnadsförhållandet för de värden på A_1, A_2, \dots, A_{31} som leder till att målfunktionen minimeras. För att dessa optimala reningsmängder ska uppnås i varje land kan till exempel en internationell skatt på svaveldioxidutsläpp användas eller en marknad för handel med

utsläppsrätter för svaveldioxid skapas. Båda alternativen skulle resultera i att den totala reningsmängden uppnås till den lägsta gemensamma kostnaden. För varje reduktionsnivå i de optimeringar som jag kommer att genomföra kommer jag att få ett värde på λ och denna siffra anger hur stor skatten ska vara per ton svaveldioxidutsläpp, eller vilket priset ska vara på utsläppsrätterna för att den önskade reduktionsnivån ska uppnås till minsta möjliga kostnad. Om den optimala skatten eller priset på utsläppsrätter för en viss reduktionsnivå är μ kr/ton SO₂, kommer de länder som har en reningskostnad per ton svaveldioxid som är lägre än μ att genomföra rening upp till det att reningskostnaden är lika stor som μ eftersom det är mindre kostsamt att rena utsläppen än att betala skatt/köpa utsläppsrätter för dessa utsläppsmängder.

Förhållandet i 2.3 kan illustreras i en figur för att lättare se den optimala reningsfördelningen. I figur 1 ses ett diagram för att grafiskt visa hur miljöavgiften leder till optimala reningsmängder, endast två länder ingår i figuren.



Figur 1 Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion vid utsläppsmål

I figuren ovan ses marginalkostnadskurvorna för rening av svaveldioxidutsläpp i land 1 och land 2. Anledningen till den konvexa formen på kurvorna är att marginalkostnaden för rening stiger när reningsmängden ökar. De minst kostsamma åtgärderna används först och för större reningsmängder måste mer kostsamma alternativ användas. Vi ser här att om en skatt/pris på utsläppsrätter sätts vid λ kommer det att leda till olika stora reningsmängder i respektive land. Det land med den lägsta kostnadskurvan kommer att minska sina utsläpp mer än vad landet med en högre kostnadskurva kommer att göra. Enligt figuren ovan kommer land 2 att stå för den största reningsmängden. Om den totala reningsmängden fördelas enligt figuren är kriteriet för kostnadseffektivitet uppfyllt. Reningen kommer att genomföras till lägsta möjliga kostnad och den största mängden rening kommer att ske i landet med den lägsta kostnaden. Endast om

ländernas kostnadskurvor för rening var identiska skulle det vara optimalt att de renade lika stora mängder.

2.3 Kostnadseffektiv reduktion med depositions mål

En deponeringskoefficient visar den andel av ett lands totala utsläpp som deponeras inom ett visst område. För alla 31 länder i denna studie finns en deponeringskoefficient som visar hur stor andel av utsläppen i respektive land som deponeras i Sverige. Deponeringskoefficienten kan ha ett värde mellan 0 och 1. Ett värde på 1 är mindre troligt eftersom det innebär att alla utsläpp från ett land måste deponeras inom samma område. Depositionen i Sverige kommer dels från utsläppen i det egna landet och dels från utsläppen i de andra 30 länderna. I detta avsnitt kommer variablerna för Sverige att betecknas med ett S istället för siffror för att urskilja Sverige från de andra länderna. Detta gör att $n = 1, 2, \dots, 30$ i följande avsnitt. Ur Sveriges perspektiv betecknas deponeringskoefficienten från de egna utsläppen av α_{SS} , medan deponeringskoefficienterna från de andra länderna betecknas av $\alpha_{1S}, \alpha_{2S}, \dots, \alpha_{30S}$. Det är i de flesta fall rimligt att göra antagandet att $\alpha_{SS} > \alpha_{1S}, \alpha_{2S}, \dots, \alpha_{nS}$, dvs. att Sveriges andel av de egna utsläppen som deponeras i Sverige är större än de utsläppsandelar från respektive land som deponeras i Sverige. Om de totala utsläppen i Sverige och de övriga länderna betecknas av E_S och E_n kan den totala deponeringen i Sverige, D_S , skrivas som

$$D_S = \alpha_{SS}E_S + \alpha_{1S}E_1 + \alpha_{2S}E_2 + \dots + \alpha_{30S}E_{30}.$$

Målfunktionen är fortfarande densamma som i 2.1, medan den begränsande funktionen har ändrats. Begränsningen är i detta fall att de totala utsläppsreduktionerna i Sverige och övriga 30 länder, A_S och A_n , ska vara större än eller lika med den andel av den totala deponeringen i Sverige, γD_S , som ska reduceras; $\alpha_{SS}A_S + \alpha_{1S}A_1 + \alpha_{30S}A_{30} \geq \gamma D_S$.

Optimeringsproblemet är därmed identifierat;

$$\text{Min}_{A_i} C_T = \sum_i C_i(A_i) \quad \text{u.b.} \quad \sum_i \alpha_{iS}A_i \geq \gamma D_S$$

och ger följande uttryck:

$$L = \sum_i C_i(A_i) + \beta(\sum_i \alpha_{iS}A_i - \gamma D_S).$$

Här används β som multiplikator för att markera att Lagrange multiplikatorn här inte har samma värde som vid optimeringarna i stycke 2.2.

Genom FOV kan återigen minimipunkterna lösas ut,

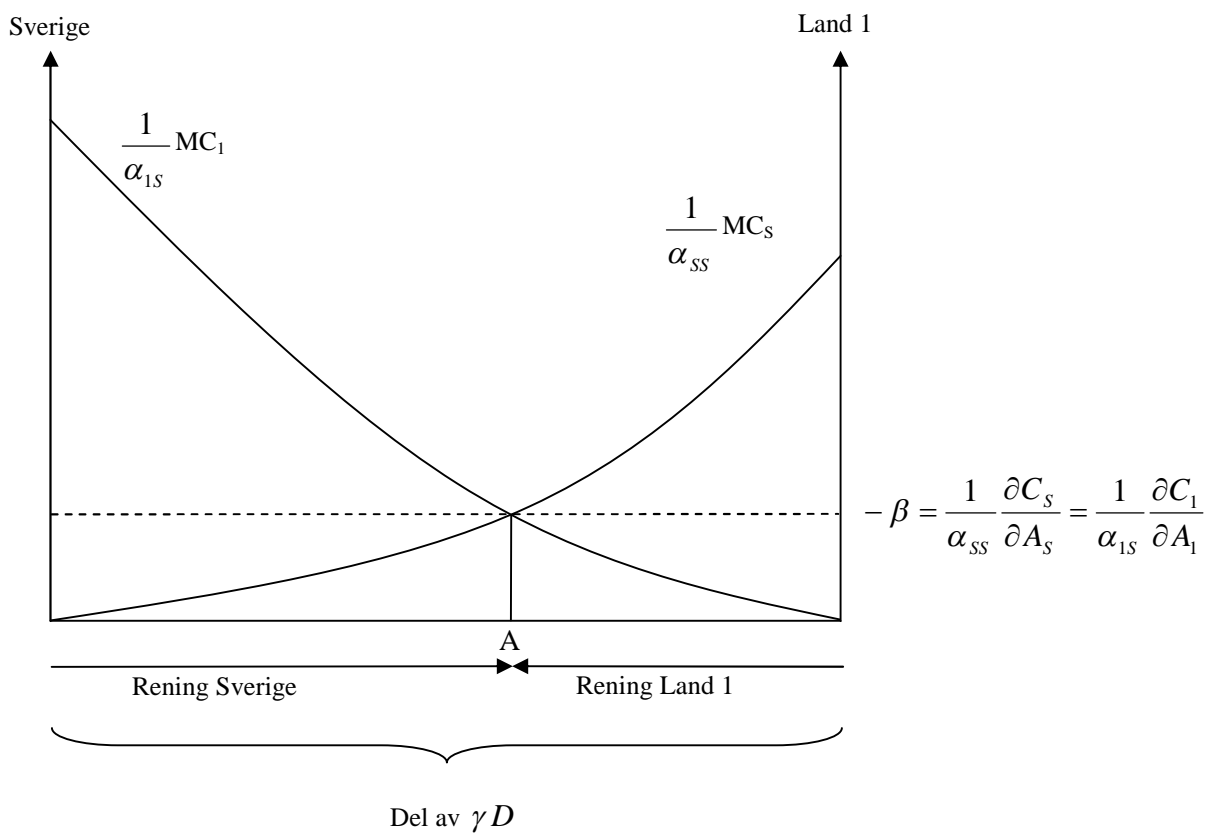
$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\delta L}{\delta A_S} = \frac{\delta C_S}{\delta A_S} + \beta \alpha_{SS} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{SS}} \frac{\delta C_S}{\delta A_S} = -\beta \\
 \frac{\delta L}{\delta A_1} = \frac{\delta C_1}{\delta A_1} + \beta \alpha_{1S} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{1S}} \frac{\delta C_1}{\delta A_1} = -\beta \\
 &\vdots \\
 \frac{\delta L}{\delta A_{30}} = \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} + \beta \alpha_{30S} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{30S}} \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} = -\beta
 \end{aligned} \right\} \frac{1}{\alpha_{SS}} \frac{\delta C_S}{\delta A_S} = \frac{1}{\alpha_{1S}} \frac{\delta C_1}{\delta A_1} = \dots = \frac{1}{\alpha_{30S}} \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} = -\beta$$

(2.4)

I funktionen ovan är det tydligt att deponeringskoefficienterna kommer att ha betydelse för den optimala reningsmängden i respektive land.

Genom funktion ovan identifierades de kritiska punkter som leder till att målfunktionen minimeras. De optimala reningsmängderna i 2.4 leder till att depositionsålet uppfylls till lägsta möjliga kostnaden. Återigen kan det bevisas att samma kritiska punkter som de i 2.4 kommer att identifieras om depositionsålet istället skulle utformas som en reduktion i absoluta termer istället för en procentuell reduktion. Detta bevisas i bilaga 2b. Ur ett rent ekonomiskt perspektiv har det med andra ord återigen inte någon betydelse för hur deponeringsmålet utformas. Samma kostnadseffektiva lösning nås i båda fallen.

Även den optimala punkten i 2.4 kan illustreras med hjälp av ett diagram. I figur 2 kan de optimala reningsmängderna för Sverige respektive land 1 ses.



Figur 2 Kostnadseffektiv svaveldioxidreduktion vid ett depositionsål

Fördelningen av reningsmängden för att uppfylla en del av deponeringsmålet betecknas av punkt A. De optimala reningsmängderna i punkten A innebär att Sverige står för den största delen av reningsmängden och anledningen till det är att den relativa marginalkostnaden för rening när deponeringskoefficienterna har tagits i beaktning är lägre i Sverige jämfört med i land 1. Anledningen till detta är antagandet om att $\alpha_{SS} > \alpha_{1S}$. Eftersom utsläppen från Sverige har större påverkan på den totala deponeringen i Sverige än vad utsläppen från land 1 har, är det väntat att Sverige måste rena en större mängd än vad land 1 måste göra.

För att resonemanget ovan ska vara riktigt antas att marginalkostnaden för rening är ungefär lika i Sverige och land 1 och värdet på deponeringskoefficienterna blir då avgörande för den optimala fördelningen av reningsmängden. Om reningskostnaden istället skulle vara högre i Sverige än i land 1 kommer den optimala fördelningen att se annorlunda ut. Reningsmängden i Sverige kommer att minska medan land 1 får stå för en större del av den totala reningen. När skillnaden i marginalkostnaden blir tillräckligt stor kommer land 1 att stå för majoriteten av reningen även under antagandet $\alpha_{SS} > \alpha_{1S}$.

Under ett deponeringsmål finns det inte en enhetlig internationell skatt/pris på utsläppsrätter som det gjorde under ett utsläppsmål. Anledningen till det är att nu påverkar deponeringskoefficienterna marginalkostnaden för rening i respektive land. Genom de optimeringar som genomförs under ett deponeringsmål kommer fortfarande en gemensam marginalkostnad (β) att räknas fram för varje reduktionsnivå. För att få fram ländernas olika skatter/priser på utsläppsrätter måste denna marginalkostnad multipliceras med respektive lands deponeringskoefficient. Deponeringskoefficienten kan alltså ses som en slags växelkurs om en gemensam internationell marknad för utsläppsrätter skulle finnas.

3 Utsläpp, reningskostnader och deponering

För att kunna genomföra de optimeringar som beskrevs föregående kapitel där reningskostnaden för att minska de totala svaveldioxidutsläppen respektive svaveldioxiddeponeringen i Sverige minimeras behövs data för de exogena variabler som användes. De variabler som användes i kapitel 2 och vad de står för är:

C_T = totalkostnad

C_n = reningskostnader för olika åtgärder i land n

A_n = reningsmängd i land n

E_T = totala svaveldioxidutsläpp

E_T^* = utsläppsmål

E_n = svaveldioxidutsläpp från land n

β eller λ = utsläppsavgift, skatt eller pris på utsläppsrätter

α_{nS} = deponeringskoefficient, från land n till Sverige

D_S = total svaveldioxiddeponering i Sverige

Som endogena variabler har vi C_T , β , A_n , E_n och λ och dessa kommer alltså att bestämmas i optimeringen. Resterande variablerna är sådana som data måste finnas för innan optimeringen kan genomföras och dessa data kommer att redovisas nedan.

3.1 Utsläpp och reningskostnader för olika åtgärder

Jag har använt mig av data angående utsläpp, kontrollåtgärder och reningskostnader från en databas som heter Greenhouse gas – Air pollution Interactions and Synergies (GAINS), och som finns vid Internationella Institutet för Tillämpad Systemanalys (IIASA) i Österrike. I GAINS finns flera olika scenarios att välja mellan. Jag har valt att använda mig av scenariot NEC_NAT_CLE4REV som är ett av scenarierna i version NEC02. Det valda scenariot är ett scenario som innehåller projekteringar angående utsläppsmängder, kontrollåtgärder, reningsmängder, reningskostnader etc för respektive land som har tagits fram genom samarbete mellan IIASA och nationella experter under 2005/2006. Anledningen till att jag har valt detta scenario är att det är ett basscenario med prognoser enligt aktuell lagstiftning. (www, IIASA, 2). För varje land finns under det valda scenariot data angående utsläppsmängder, enhetskostnader för rening, reningskapacitet etc. för olika år. Eftersom denna uppsats undersöker hur en kostnadseffektiv reducering av svaveldioxidutsläppen ser ut efter 2010, är det valda årtalet i GAINS 2010. De kontrollåtgärder som finns i GAINS kombineras ihop med olika bränslen och sektorer där bränslet används och reningen kan ske. För det scenario jag har valt finns 170 olika kombinationer av bränsle, sektorer och reningsåtgärder som ligger till grund för tabellerna där bland annat reningskostnader och reningskapacitet presenteras. Av utrymmesskäl finns inte tabellerna för respektive land med i detta arbete men de olika bränslena, sektorerna och kontrollåtgärderna finns i bilaga 3.

I tabell 1 nedan redovisas den lägsta och högsta enhetskostnaden för rening (C_n) för att en anvisning angående reningskostnaderna i respektive land ska kunna ges. De data för reningsmängden (A_n) som presenteras i tabellen nedan är den totala reningsmängden för respektive land som kan genomföras med tillgängliga kontrollåtgärder utöver den rening som har genomförts enligt nuvarande lagstiftning upp till 2010.

3.2 Deponering

Förutom exogena utsläpps- och kostnadsvariabler finns det exogena variabler för deponering; deponeringskoefficienter och svaveldioxiddeponering i Sverige, som det måste finnas data för. Dessa data har jag tagit från en rapport från EMEP (European monitoring and evaluation programme) och SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) (2005). I rapporten finns en deponeringsmatris för 2010 där beräkningarna är baserade på data från fem olika år (1996, 1997, 1998, 2000 och 2003). Deponeringsmatrisen visar hur importen och exporten av svaveldioxid mellan länderna inom EMEP:s beräkningsområde kommer att se ut 2010 och finns i bilaga 4. Området som ingår i EMEP:s beräkningar inkluderar i stora drag förutom länderna i Europa och de europeiska havsområdena även den europeiska delen av Ryssland, delar av Nordafrika samt de asiatiska länder som gränsar till Medelhavet och södra Kaspiska havet. Med hjälp av respektive lands utsläppsdata som finns i matrisen räknade jag om talen i matrisen till deponeringskoefficienter; andelar av de totala svaveldioxidutsläppen för varje land som deponeras i Sverige. Deponeringskoefficienter och utsläppsmängderna redovisas i tabell 1 nedan.

3.3 Data

I tabell 1 nedan presenteras data för de exogena variabler som identifierades i början av detta kapitel.

Tabell 1 Exogena variabler

	Utsläpp (kt SO ₂)		Deponerings- koefficient (α_{ns})	Enhetskostnad för rening (Euro/t SO ₂)		Maximal renings- mängd (kt SO ₂)
	2005	2010 (E_n)		Lägsta	Högsta	
Belgien	158,38	98,87	0,0162	199,12	22 924,64	30,34
Bulgarien	685,94	441,12	0,0022	33,7	2 725,13	369,33
Cypern	16,82	17,87	0	200	2 316,23	14,61
Danmark	26,03	19,64	0,1222	420,96	17 600,00	6,81
Estland	75,7	76,03	0,0321	397,85	9 162,84	67,82
Finland	72,86	69,67	0,0651	431,09	7 889,31	27,17
Frankrike	583,68	494,95	0,0087	68,85	5 616,10	272,83
Grekland	461,73	151,08	0,0012	177,57	4 666,67	105,33
Irland	96,42	35,36	0,0061	371,94	6 204,69	16,52
Italien	418,85	340,3	0,0021	325,28	9 238,31	181,98
Kroatien	75,01	69,56	0,0058	155,56	3 520,00	106,35
Lettland	21,75	22,62	0,0370	422,5	21 000,00	15
Litauen	17,38	20,37	0,0359	155,56	2 725,13	15,67
Luxemburg	2,78	1,7	0	462,5	3 275,13	0,76
Malta	7,25	5,89	0	432,55	4 429,17	3,99
Nederländerna	70,43	66,6	0,0199	562	2 981,09	17,72
Norge	26,35	24,6	0,1238	620	9 239,97	3,16
Polen	1 288,04	1 164,61	0,0254	155,56	9 160,71	784,47
Portugal	198,84	133,79	0	116,67	1 839 889,47	96,08
Rumänien	640,68	330,94	0,0045	182,5	2 725,13	266,89
Schweiz	17,26	14,59	0,0122	462,5	23 116,80	4,99
Slovakien	66,96	68,33	0,0112	317,46	9 163,38	32,87
Slovenien	71,62	26,8	0,0090	155,56	3 139,85	11,28
Spanien	969,14	502,54	0,0024	225,81	9 219,16	306,51
Storbritannien	773,32	458,45	0,0180	287,08	8 800,00	212,53
Sverige	43,31	43,35	0,3311	583,08	9 247,52	9,4
Tjeckien	203,36	236,03	0,0182	385,58	6 859,11	96,01
Turkiet	1 267,16	1 144,88	0,0004	33,88	2 939,69	926,02
Tyskland	554,95	469,69	0,0227	319,79	6 899,99	112,8
Ungern	247,09	143,78	0,0113	155,56	2 576,08	106,35
Österrike	34,38	21,23	0,0066	562	3 726,33	0,61
Totalt	9 193,46	(E_T) 6 715,24	-	-	-	4 222,20

(Kostnaderna är i Euro 2000)

(www, IIASA, 1 och 3 och EMEP & SMHI, 2005)

I tabell 1 ovan finns förutom respektive lands utsläppsmängd år 2010 (E_n) även utsläppsmängderna för 2005 som är den mest aktuella data. Skulle det vara så att länderna inte

uppnår prognoserna för 2010 kommer det att leda till att resultaten blir missvisande. Om prognoserna inte uppnås kommer det att innebära att en större utsläppsmängd än den angivna finns kvar att rena 2010 och det skulle innebära större ansträngningar för att uppnå framtida mål. Vid en jämförelse är det tydligt att flera länder från utsläppsnivåerna 2005 har stora utsläppsreduceringar att genomföra för att uppnå utsläppsmängderna år 2010. Grekland, Rumänien, Slovenien och Spanien är några av de länder som från utsläppsnivån år 2005 har stora utsläppsminskningar att genomföra.

Med hjälp av de data som finns i tabellen ovan kan vissa antagande angående resultaten av optimeringen göras. Länder med en relativt låg enhetskostnad för rening och en stor reningskapacitet kan förväntas stå för en större del av den totala reningen när optimeringen görs med restriktioner på de totala utsläppen. Bland dessa länder finns Bulgarien, Frankrike, Grekland, Kroatien, Polen, Rumänien, Spanien, Storbritannien, Turkiet och Ungern. Länder som Cypern, Litauen och Slovenien har en relativt låg enhetskostnad för rening, men deras reningskapacitet är väldigt begränsad och det är därför inte troligt att dessa länder kommer att stå för en betydande andel av den totala reningen.

I optimeringen som genomförs med restriktioner på svaveldioxiddeponeringen i Sverige kommer förutom enhetskostnaden för rening och reningskapaciteten även deponeringskoefficienterna (α_s och α_n) ha betydelse för hur mycket respektive land kommer att få reducera sina utsläpp vid en optimal lösning. Bland de länder som antas stå för en större del av den totala reningen under ett utsläppsmål har de flesta relativt låga deponeringskoefficienter. De länder med relativt höga deponeringskoefficienter är Polen, Storbritannien och Ungern och dessa förväntas ha fortsatt stor betydelse för den totala reningen under ett deponeringsmål. Betydelsen för de andra länderna förväntas däremot att minska. Samtidigt förväntas länder med relativt höga deponeringskoefficienter ha en större betydelse för den totala reningen under ett deponeringsmål än vad de har under ett utsläppsmål. Länderna med de högsta deponeringskoefficienterna är Sverige, Norge och Danmark. Alla tre länderna har dock relativt höga enhetskostnader för rening och begränsade reningskapaciteter. Även om ländernas betydelse för den totala reningens mängd förväntas öka är ökningen därmed ganska begränsad. Även Finland, Estland, Lettland och Litauen har relativt höga deponeringskoefficienter och förväntas stå för en större andel av den totala reningens mängd än vad de gör under ett deponeringsmål.

Genom att multiplicera de angivna utsläppsmängderna för 2010 med deponeringskoefficienterna kan den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige från de aktuella länderna (D_S) räknas ut eftersom den utgörs av $\alpha_{SS}E_S + \alpha_{1S}E_1 + \alpha_{2S}E_2 + \dots + \alpha_{nS}E_n$. Svaveldioxiddeponeringen i Sverige är därmed 96,95 kt SO_2 . Det måste dock understrykas att detta är den totala svaveldioxiddeponeringen från de 31 länder som ingår i denna studie. Den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige från alla utsläppskällor beräknas vara drygt 182 kt svaveldioxid år 2010 (EMEP & SMHI, 2005). Denna siffra är inte nödvändig för den optimering som ska genomföras, men den kommer ändå att redovisas i resultaten i kapitel 4 eftersom det är intressant att se hur den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige ser ut. Anledningen till att den framräknade deponeringen är ungefär hälften av den totala deponeringen är att en del av de källor som står för en stor andel av svaveldioxiddeponeringen i Sverige inte finns med i denna studie.

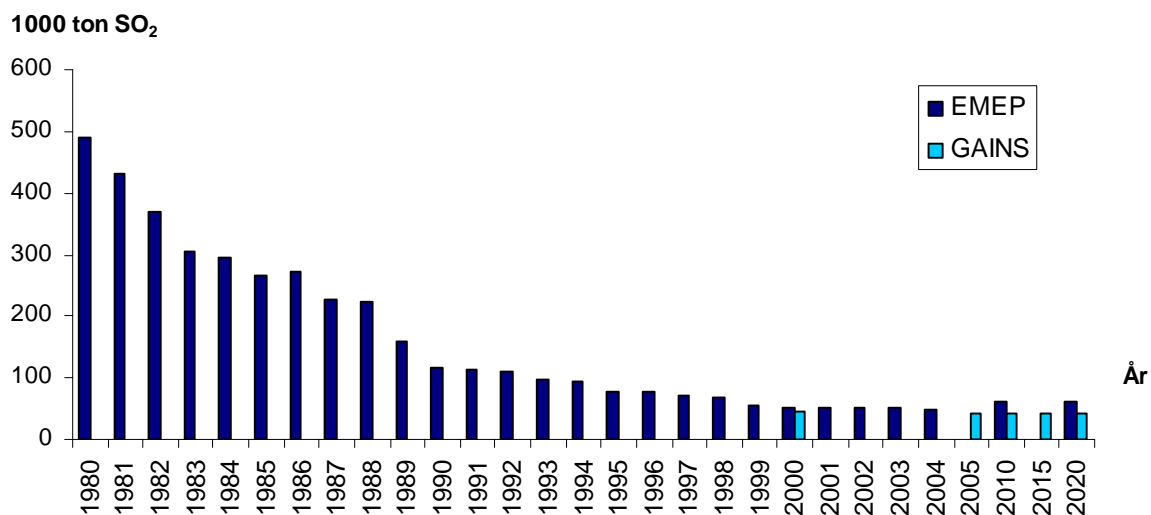
Enligt tabellen ovan är deponeringskoefficienterna för fyra länder (Cypern, Luxemburg, Malta och Portugal) lika med noll. Detta innebär med andra ord att dessa länder inte bidrar till svaveldioxiddeponeringen som sker i Sverige. När sedan resultaten från optimeringen

redovisas förväntas reningsmängderna för dessa länder vara noll under deponeringsrestriktionen.

Eftersom denna studie fokuserar på svaveldioxidreduktion ur ett svenskt perspektiv kommer de svenska utsläppen och deponeringen av svaveldioxid i Sverige belysas lite noggrannare i följande stycke.

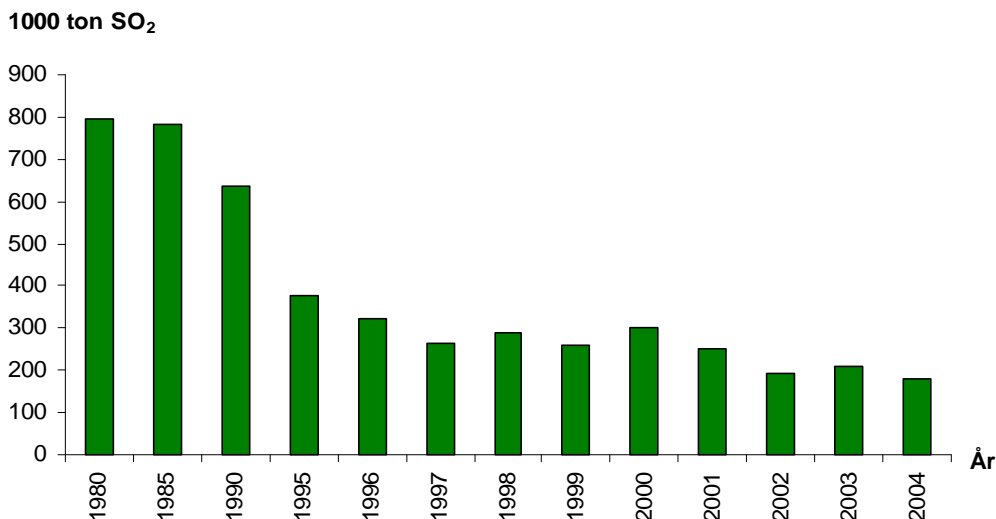
3.4 Utsläpp och deponering i Sverige

Som nämndes i inledningen har Sverige under lång tid arbetat hårt med att reducera egna utsläppen av svaveldioxid. Från 1980 fram till 2005 har svaveldioxidutsläppen i Sverige minskat med mer än 90 procent, från 491 000 ton till 43 300 (www, EMEP, 1 och IIASA, 1). I figur 3 kan ett diagram ses som visar de svenska svaveldioxidutsläppen från 1980 fram till 2005 och där även två olika prognoser för 2010, 2015 och 2020 finns med.



Figur 3 Svenska utsläpp av svaveldioxid, 1980-2020 (www, EMEP, 3 och www, IIASA,1)

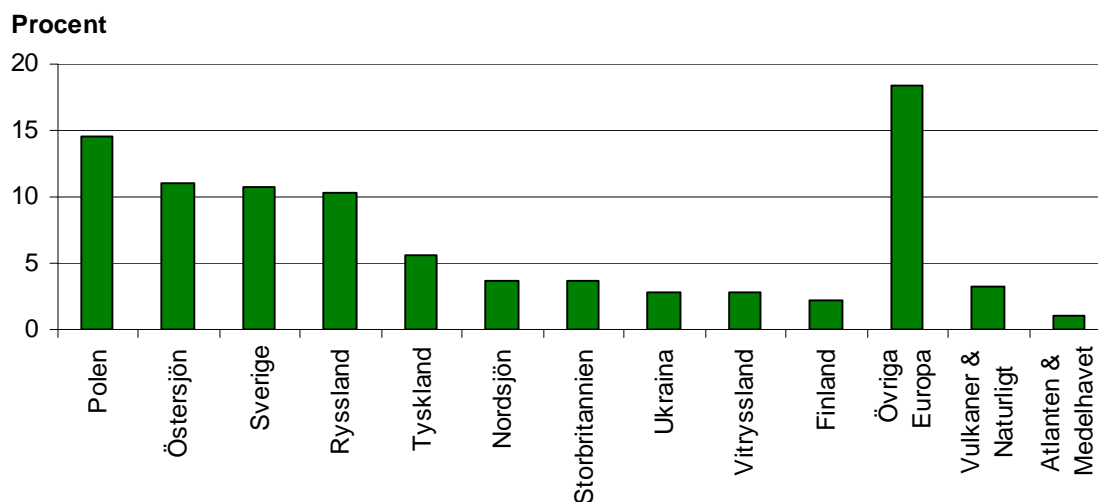
Det framgår tydligt av diagrammet i figur 3 att Sveriges arbete med att reducera svaveldioxidutsläppen har varit framgångsrikt, utsläppen har minskat markant. Uppgifterna och estimeringarna från EMEP är något högre än de data som kommer från GAINS, de sistnämnda är de mest uppdaterade siffrorna. Eftersom Sverige, som nämndes tidigare, är en nettoimportör av svaveldioxid är de svenska utsläppen inte av avgörande betydelse för utvecklingen av den svaveldioxiddeponering som sker i Sverige. Figur 3.2 nedan visar hur svaveldioxiddeponeringen i Sverige har sett ut från 1980 till 2004.



Figur 4 Nedfall av svaveldioxid över Sverige 1980-2010 (www, EMEP, 2)

Jämfört med figur 3 som visade de svenska SO₂-utsläppen syns det här tydligt att deponeringen av svaveldioxid i Sverige alltid har varit betydligt större än vad de egna utsläppen har varit. Till exempel var deponeringen år 2004 ca 180 000 ton medan utsläppen var 47 000 ton. Dessa två figurer visar hur viktigt det internationella samarbetet med att reducera svaveldioxidutsläppen är för Sveriges del. All denna svaveldioxid som deponeras i Sverige, var kommer den då ifrån?

Med de data som finns i deponeringsmatrisen i rapporten från EMEP och SMHI (2005) kan olika områdens andelar av den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige beräknas. Figur 5 illustrerar detta.



Figur 5 Länders procentuella andelar av SO₂-deponeringen i Sverige 2010 (egen figur med data från EMEP och SMHI, 2005)

Figuren ovan visar att de fem största källorna till den svaveldioxid som beräknas deponeras i Sverige 2010 är Polen, fartygstrafiken på Östersjön, Sverige, Ryssland och Tyskland. Även utsläppen av svaveldioxid från fartygstrafiken på Nordsjön, Storbritannien, Ukraina,

Vitryssland och Finland har stor betydelse för nedfallet i Sverige. Av de tio källor som har störst betydelse för svaveldioxiddeponeringen i Sverige enligt figuren ovan finns endast hälften med i denna studie. Östersjön, Ryssland, Nordsjön, Ukraina och Vitryssland finns ej representerade i denna studie. Detta leder till, som tidigare nämndes, att den svaveldioxiddeponering som begränsas i denna studie endast är lite mindre än hälften av vad den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige är. Av de tio länder som enligt stycke 3.2 ovan förväntas stå för den största delen av den totala reningen under ett utsläppsmål är det endast 2 av dessa som finns med i diagrammet ovan; Polen och Storbritannien. Om de antaganden som gjordes angående ländernas del av den totala reningsmängden stämmer borde det innebära att en kostnadseffektiv reduktion av de totala utsläppen har en begränsad inverkan på svaveldioxiddeponeringen i Sverige.

4 Resultat och analys

Två olika optimeringar genomfördes i GAMS, den första med restriktioner på de totala utsläppen och den andra med restriktioner på svaveldioxidnedfallet över Sverige. I följande kapitel kommer resultaten från dessa optimeringar att presenteras och analyseras.

4.1 Kostnadseffektiv reducering med utsläppsmål

I de första optimeringarna jag gjorde i GAMS använde jag mig av olika restriktioner på de totala utsläppen från de aktuella länderna. I det här fallet saknar deponeringskoefficienterna betydelse, det är endast kostnaden för rening och reningskapaciteten som avgör hur mycket respektive land ska rena. Jag satte upp 12 olika reduceringsnivåer, från 5 till 60% med intervaller om fem procentenheter.

4.1.1 Övergripande resultat

I tabell 2 nedan redovisas de övergripande resultat jag fick fram. Den första kolumnen visar med hur många procent de totala utsläppen ska reduceras, kolumnen därefter visar hur stora de totala utsläppen är efter att den angivna reduktionen har genomförts och den tredje kolumnen visar totalkostnaden för att uppnå denna reduktion. Den fjärde kolumnen visar utsläppsavgiften (marginalkostnaden) för varje reduktionsnivå. Den sista kolumnen visar hur den svenska svaveldioxiddeponeringen reduceras under ett utsläppsmål, dels den deponering som kommer från länderna i studien men även den totala svaveldioxiddeponeringen från alla utsläppskällor.

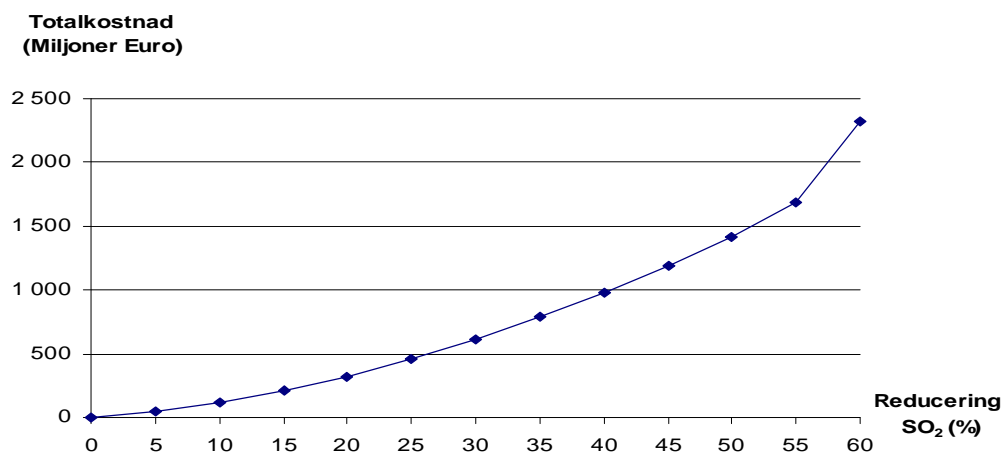
Tabell 2 Kostnader för reducering av de totala utsläppen av svaveldioxid med olika nivåer

Reducering (%)	Totala utsläpp (kt SO ₂)	Total kostnad (Milj. Euro)	Marg. Kostnad (Euro/t SO ₂)	Dep. Sverige (kt SO ₂)	
				D _s	D _{ST}
1-γ	E _T	C _T	Λ		
0	6 715,23	-	-	96,95	182,20
5	6 379,47	45,32	155,56	95,93	181,18
10	6 043,71	120,82	260,63	94,42	179,67
15	5 707,95	215,65	305,33	93,37	178,62
20	5 372,19	319,50	361,04	92,43	177,68
25	5 036,42	457,47	431,15	88,77	174,02
30	4 700,66	610,50	492,86	83,38	168,63
35	4 364,90	791,57	562,00	81,55	166,80
40	4 029,14	982,83	583,08	78,69	163,94
45	3 693,38	1 186,68	620,47	71,86	157,11
50	3 357,62	1 415,41	721,95	66,85	152,10
55	3 021,85	1 691,53	1 171,88	58,95	144,20
60	2 686,09	2 326,31	3 287,25	54,19	139,44

(Kostnader är i Euro 2000)

Vi kan i tabellen ovan se att stora utsläppsreduktioner måste ske för att svaveldioxiddeponeringen över Sverige ska minska i någon större utsträckning. Även om de totala utsläppen reduceras med 30 procent kommer svaveldioxiddeponeringen i Sverige endast att minska med lite drygt 7%. Detta var vad jag förväntade mig eftersom endast två av de tio länder som antas stå för den största reningsmängden var med bland de tio största källorna till svaveldioxiddeponeringen i Sverige. Om det nu är dessa länder som står för den största reningsmängden återstår dock att se.

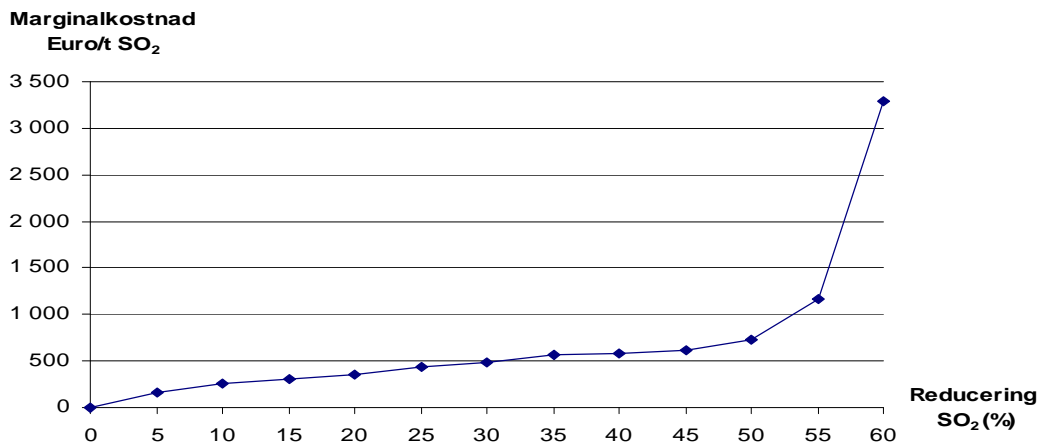
För att kunna se resultaten mer överskådligt kan även en del av resultaten från tabellen ovan redovisas i diagram. Figur 6 nedan visar ett diagram över den totala kostnaden för att reducera svaveldioxidutsläppen.



Figur 6 Totalkostnaden för reducering av SO₂-utsläpp

Kostnadskurvan i figuren är konvex, lutningen ökar när reduktionen ökar, detta är förväntat eftersom de minst kostsamma åtgärderna används först och vid fortsatt reduktionsarbete måste även mer kostsamma åtgärder användas. Anledningen till att lutningen blir markant brantare

för svaveldioxidreduktionen upp till den högsta reningsnivån på 60% är att det måste vara en stor skillnad i enhetskostnaden för de åtgärder som används vid en reduktion på 55% och en reduktion på 60%. Den totala reningsmängden vid en reduktion på 60% är 4 029 kt SO₂ (6715,23-2686,09 från tabell 1). Denna reningsmängd är inte långt ifrån den totala reningskapaciteten som redovisades i (4 222,20 kt SO₂) vilket innebär att vid denna nivå måste även de mest kostsamma åtgärderna användas och skillnaden mellan de minst och mest kostsamma åtgärderna var ganska stor som vi såg i tabell 1. Även marginalkostnadskurvan för rening förväntas vara konvex och denna illustreras i figur 7.



Figur 7 Marginalkostnaden för reducering av SO₂-utsläpp

Som nämndes i kapitel 2 visar marginalkostnadskurvan vid vilken nivå en internationell svaveldioxidskatt eller priset på utsläppsrätter för svaveldioxid vid en eventuell handel ska sättas för att uppnå önskad reduktion. Om målet till exempel är att reducera de totala svaveldioxidutsläppen med 30% ska skatten sättas till strax under 500 Euro/ton SO₂-utsläpp. Vi kan se att det stämmer överens med resultaten i tabell 2 ovan. De länder som vid denna skatt/pris kan genomföra utsläppsreduktioner till en lägre kostnad än vad skatten innebär kommer att göra så. Även i marginalkostnadskurvan blir lutningen betydligt brantare vid svaveldioxidreduktioner över 55%.

De övergripande resultat som redovisades i tabell 2 ovan kan även fördelas på de aktuella länderna. De landsspecifika resultaten redovisas i följande stycke.

4.1.2 Landsspecifika resultat

Som jag skrev tidigare genomfördes totalt 12 optimeringar med olika restriktioner på de totala utsläppen. För att göra det överskådligt redovisas endast resultaten av två optimeringar i tabell 3 nedan. Jag har valt att redovisa resultaten från en lägre och en högre reduktionsnivå, 10 respektive 50%. Resultaten från alla 12 optimeringar kan ses i bilaga 5.

Tabell 3 Reningsmängd och totalkostnad för respektive land vid 10 respektive 50% reduktion av de totala SO₂-utsläppen

	10% reduktion			50% reduktion		
	Reningsmängd		Kostnad C_n (Milj. Euro)	Reningsmängd		Kostnad C_n (Milj. Euro)
	A_n (kt SO ₂)	%		A_n (kt SO ₂)	%	
Belgien	3,46	3,50	0,69	19,06	19,28	8,53
Bulgarien	271,49	61,55	38,42	367,04	83,21	82,23
Cypern	0,43	2,41	0,09	12,78	71,52	6,22
Danmark				3,08	15,68	1,71
Estland				6,37	8,38	3,19
Finland				3,03	4,35	1,73
Frankrike	52,44	10,60	8,21	180,46	36,46	71,87
Grekland	32,74	21,67	5,81	67,34	44,57	23,31
Irland				8,27	23,39	4,62
Italien				145,16	42,66	82,26
Kroatien	17,21	24,74	4,03	49,21	70,74	19,77
Lettland				14,66	64,81	7,19
Litauen	1,17	5,74	0,18	14,79	72,61	6,72
Luxemburg				0,15	8,82	0,08
Malta				3,73	63,33	1,61
Nederländerna				6,24	9,37	3,66
Norge				0,23	0,93	0,14
Polen	1,54	0,13	0,24	619,115	53,16	358,72
Portugal	6,03	4,51	1,09	66,41	49,64	33,46
Rumänien	83,843	25,33	21,5	260,65	78,76	82,4
Schweiz				0,4	2,74	0,26
Slovakien				29,02	42,47	14,54
Slovenien	0,32	1,19	0,05	6,38	23,81	3,15
Spanien	22,66	4,51	5,12	269,46	53,62	134,73
Storbritannien				178,5	38,94	84,81
Sverige				0,31	0,72	0,19
Tjeckien				51,02	21,62	23,38
Turkiet	114,03	9,96	19,71	827,68	72,29	298,31
Tyskland				45,69	9,73	22,95
Ungern	64,16	44,62	15,69	101,13	70,34	33,52
Österrike				0,25	1,18	0,14
Summa	(A_T) 671,523		(C_T) 120,82	(A_T) 3 357,615		(C_T) 1 415,4

(Kostnader är i Euro 2000)

Att reducera de totala utsläppen från de aktuella länderna med 10% under ett kostnadseffektivitetskriterium kostar enligt denna optimering nästan 121 miljoner Euro. Den totala reningsmängden är lite drygt 671 kiloton svaveldioxid och fördelas på 14 länder. Av dessa 14 länder är nio bland de 10 länder som jag i kapitel 3 antog skulle stå för de största reningsmängderna. Bulgarien, Rumänien och Turkiet som står för den största delen av den totala reningen och därmed även den största delen av den totala kostnaden är tre av dessa länder. Endast i Bulgarien och Rumänien är denna reningsmängd någon större del av respektive lands totala utsläpp. Om istället en 50%-ig reduktion av de totala utsläppen skulle

genomföras blir den totala kostnaden 1,4 miljarder Euro och den totala reningsmängden är nästan 3 400 kt svaveldioxid. Vid denna reduktionsnivå måste alla 31 länder genomföra utsläppsreduktioner. Av de tio länder som står för de största reningsmängderna är nio länder de som jag antog skulle stå för en stor del av den totala reningsmängden. Det verkar med andra ord som att resultaten stämmer överrens med de antaganden angående reningsmängden som gjordes i kapitel 3. När de totala utsläppen ska reduceras med 50% måste Sverige reducera sina utsläpp med 0,31 kt SO₂, vilket är en väldigt liten reduktionsmängd jämfört med många andra länder.

Av de länder med de största deponeringskoefficienterna (Danmark, Norge, Sverige, Finland, Estland, Lettland och Litauen) är det endast Litauen som genomför någon rening när de totala utsläppen reducerades med 10%. Vid en 50%-ig reduktion är reningsmängderna små i alla dessa länder förutom Lettland och Litauen.

De resultat jag fick vid optimeringen för en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxidutsläppen med ett utsläppsmål som restriktion har nu redovisats och det är dags att istället titta på hur resultaten ser ut när restriktionen är ett mål att minska deponeringen av svaveldioxid i Sverige.

4.2 Kostnadseffektiv reduktion med depositions mål i Sverige

Det är i dessa optimeringar som deponeringskoefficienterna har betydelse och avgör tillsammans med enhetskostnaden för rening och reningskapaciteten hur mycket respektive land ska rena. Jag satte upp nio olika reduktionsnivåer, från 5% till 45% med intervaller om fem procentenheter. Även här har jag delat upp resultaten på övergripande och landsspecifika resultat och de kommer även att redovisas i den ordningen.

4.2.1 Övergripande resultat

I tabell 4 nedan redovisas i den första kolumnen med hur många procent svaveldioxiddeponeringen i Sverige ska reduceras. I den andra och tredje kolumnen redovisas svaveldioxiddeponeringen i Sverige efter att den angivna deponeringsminskningen har genomförts, först från de aktuella länderna och sedan även den totala deponeringen. Den fjärde kolumnen visar totalkostnaden för de olika reduktionsnivåerna. Den femte kolumnen visar vad de totala utsläppen för länderna i studien blir efter genomförda utsläppsminskningar som deponeringsreduktionen leder till. I den sista kolumnen kan marginalkostnaden för respektive reduceringsnivå ses. Denna marginalkostnad kan dock inte användas direkt som en internationell skatt eller ett pris på utsläppsrätter för svaveldioxid. I och med att deponeringskoefficienterna har betydelse för den optimala fördelningen av den totala reningsmängden måste det finnas en specifik marginalkostnad för respektive land vid varje reduktionsnivå och dessa redovisas under de landsspecifika resultaten.

Tabell 4 Beräknade kostnader för reducering av svaveldioxiddeponering i Sverige efter 2010

Reduktion (%)	Dep. Sverige (kt SO ₂)		Totalkostnad (Milj. Euro)	Totala utsläpp (kt SO ₂)	Marginalkostnad (Euro)
	D_S	D_{ST}			
0	96,95	182,20	0	6 715,23	0
5	92,11	177,36	38,8	6 629,82	14 410
10	87,26	172,51	119,23	6 436,86	17 480
15	82,41	167,66	222,49	6 209,99	23 950
20	77,56	162,81	338,96	5 999,92	24 050
25	72,72	157,97	460,56	5 810,85	26 410
30	67,87	153,12	597,48	5 619,62	28 420
35	63,02	148,27	741,55	5 411,57	33 830
40	58,17	143,42	980,56	4 983,17	63 310
45	53,32	138,57	1 516,52	4 182,01	194 700

(Kostnaderna är i Euro 2000)

Marginalkostnaden ser väldigt hög ut i denna tabell, men detta är som nämndes ovan inte den verkliga marginalkostnaden. Marginalkostnaden i tabellen ovan visar den totala marginalkostnaden, summan av de enskilda ländernas olika marginalkostnader. Vi ser här jämfört med tabell 2 att större deponeringsreduktioner uppnås till en lägre totalkostnad. Det måste dock understrykas att för denna kostnad reduceras de totala utsläppen i en mindre omfattning, vilket inte är optimalt ur ett internationellt perspektiv.

I det här fallet är det mer intressant att titta på de landsspecifika resultaten än de övergripande resultaten för att se vilken effekt deponeringskoefficienterna och användandet av ett deponeringsmål som restriktion har på de enskilda länderna. Därför kommer jag nu att redogöra för de landsspecifika resultaten.

4.2.2 Landsspecifika resultat

I de optimeringar som genomfördes har 31 länder varit med, men i följande resultat finns endast 27 länder representerade. Anledningen till det är precis som nämndes tidigare att utsläppen av svaveldioxid i Cypern, Luxemburg, Malta och Portugal inte har någon påverkan på deponeringen i Sverige eftersom deponeringskoefficienterna för dessa länder är lika med noll. Dessa länder har därmed inte tagits med i resultatredovisningen eftersom utsläppsreduceringen i dessa länder alltid kommer att vara noll när målet är att minska deponeringen i Sverige. Precis som i tabell 2 redovisas endast resultaten från två optimeringar i tabell 5, i det här fallet när deponeringen i Sveriges reduceras med 10 respektive 40%. Resultaten från alla optimeringar finns i bilaga 6.

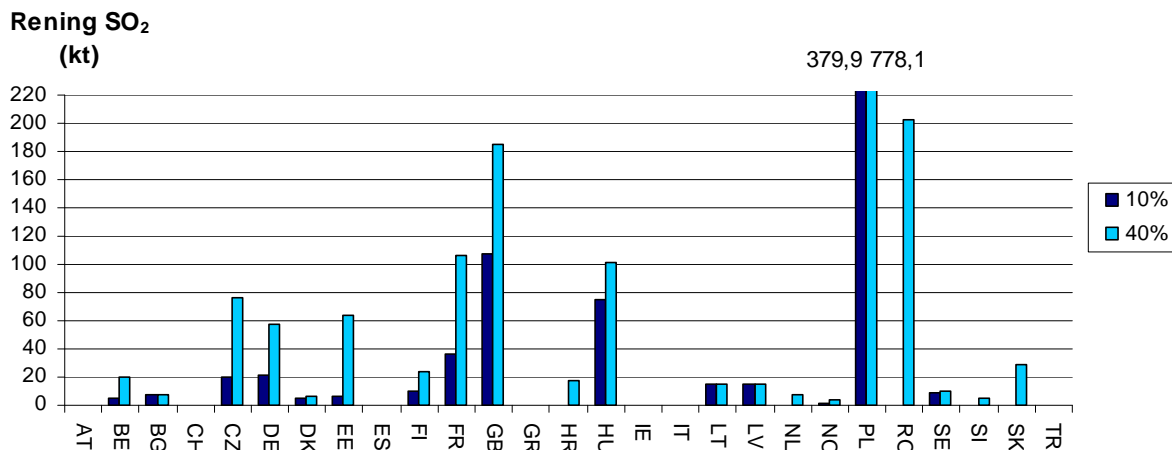
Tabell 5 Reningsmängd, marginalkostnad och totalkostnad för respektive land vid en 10 respektive 40% reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige

	10% reduktion				40% reduktion			
	Reningsmängd		MK (Euro)	Kostnad C_n (Milj. Euro)	Reningsmängd		MK (Euro)	Kostnad C_n (Milj. Euro)
	A_n (kt SO ₂)	%			A_n (kt SO ₂)	%		
Belgien	4,8	4,85	283,65	1,06	19,9	20,13	1 027,34	9,22
Bulgarien	7,9	1,79	39,29	0,27	7,9	1,79	142,30	0,27
Danmark	4,4	22,40	2 136,44	4,02	6,8	34,62	7 737,89	11,97
Estland	5,6	7,37	561,28	2,71	64,1	84,31	2 032,89	52,17
Finland	9,1	13,06	1 138,76	8,4	23,9	34,30	4 124,43	48,5
Frankrike	36,8	7,44	151,93	4,62	106,7	21,56	550,26	29,36
Grekland								
Irland					0,1	0,28	386,04	0,03
Italien								
Kroatien					17,9	25,73	364,90	4,24
Lettland	14,7	64,99	647,41	7,19	14,8	65,43	2 344,81	7,33
Litauen	14,3	70,20	628,02	6,43	15,6	76,58	2 274,61	7,49
Nederländerna					8	12,01	1 261,99	5,46
Norge	1,3	5,28	2 164,19	1,97	3,2	13,01	7 838,38	12,1
Polen	144,7	12,42	444,44	60,31	778,1	66,81	1 609,68	487,8
Rumänien					202,4	61,16	284,16	52,49
Schweiz					0,4	2,74	772,07	0,26
Slovakien					28,9	42,29	708,69	14,43
Slovenien	0,3	1,12	157,48	0,05	4,7	17,54	570,36	2,11
Spanien								
Storbritannien	6,4	1,40	315,04	1,84	184,9	40,33	1 141,03	91,26
Sverige	7,7	17,76	5 787,30	14,44	9,4	21,68	20 960,74	26,86
Tjeckien					76	32,20	1 154,91	45,67
Turkiet								
Tyskland	16,8	3,58	396,39	5,38	57,3	12,20	1 435,66	38,04
Ungern	3,6	2,50	197,29	0,56	101,1	70,32	714,56	33,52
Österrike								
Summa	278,4	-	-	119,25	1 732,10	-	-	980,56

(Kostnaderna är i Euro 2000)

Marginalkostnaden i tabellen ovan har räknats ut genom att marginalkostnaden (β) från tabell 4 har multiplicerats med respektive lands deponeringskoefficient från tabell 1.

Reningsmängderna i tabell 5 ovan kan även redovisas i ett diagram för att resultatet ska bli mer överskådligt.



Figur 8 Reningsmängd i respektive land när deponeringen i Sverige reduceras med 10 respektive 40%

För Sveriges del är den stora skillnaden vid ett deponeringsmål jämfört med ett utsläppsmål att vi nu måste genomföra utsläppsreduktioner redan vid låga reduktionsnivåer. Anledningen till det är att en stor del av våra egna utsläpp deponeras i vårt eget land. Det ger ett högt värde på deponeringskoefficienten och kommer att ge en relativt högre skatt/pris på utsläppsrätter. Sverige har den högsta miljöavgiften i tabellen ovan. En hög miljöavgift innebär att det lönar sig att genomföra utsläppsreduktioner upp till det att marginalkostnaden för rening är lika stor som skatten/priset. Enligt tabell 1 kommer Sveriges svaveldioxidutsläpp år 2010 att vara 43,35 kt SO₂. Sverige måste därmed reducera sina utsläpp med drygt 18% när deponeringen i Sverige ska reduceras med 10%. Vi kan även se att betydelsen för de länder som under den förra optimeringen antogs stå för stora delar av den totala reningsmängden har minskat. Av dessa tio länder är det förutom de tre länder som hade relativt höga deponeringskoefficienter (Polen, Storbritannien och Ungern) bara två länder (Bulgarien och Frankrike) som måste genomföra rening vid den lägsta deponeringsreduktionen. I länderna med höga deponeringskoefficienter (Sverige, Danmark, Norge, Finland, Estland, Lettland och Litauen) sker nu rening redan vid en 10%-ig reduktion av deponeringen och dessa länders betydelse för den totala reningen har ökat.

När vi tittar närmare på resultaten för en deponeringsreduktion med 40% ser vi att Sverige nu måste reducera sina utsläpp med drygt 22%. Det finns fortfarande fem länder där inga utsläppsminskningar behöver genomföras, det är Grekland, Italien, Spanien, Turkiet och Österrike. Från tabell 1 kan vi se att dessa länder har relativt låga värden på deponeringskoefficienterna och har därmed inte så stor inverkan på deponeringen i Sverige och låga reningsmängder är förväntade. Bland de länder som enligt figur 6 var stora källor till deponeringen i Sverige är Polen det land som står för den största reningsmängden, en reduktion på 60% av de egna utsläppen. De andra länderna Tyskland, Storbritannien och Finland reducerar sina utsläpp med mellan 10 och 33%, vilket jag tycker är ganska små reduktioner av de länder som i hög grad bidrar till deponeringen i Sverige. Anledningen till de små utsläppsreduktionerna måste vara en kombination av höga reningskostnader och begränsade reningskapaciteter.

Om reningsmängderna i tabellen ovan multipliceras med respektive lands deponeringskoefficient blir det möjligt att se med hur mycket respektive land bidrar till deponeringsreduktionen i Sverige när deponeringen reduceras med 10 respektive 40%.

Tabell 6 Ländernas bidrag till den totala deponeringsreduktionen i Sverige

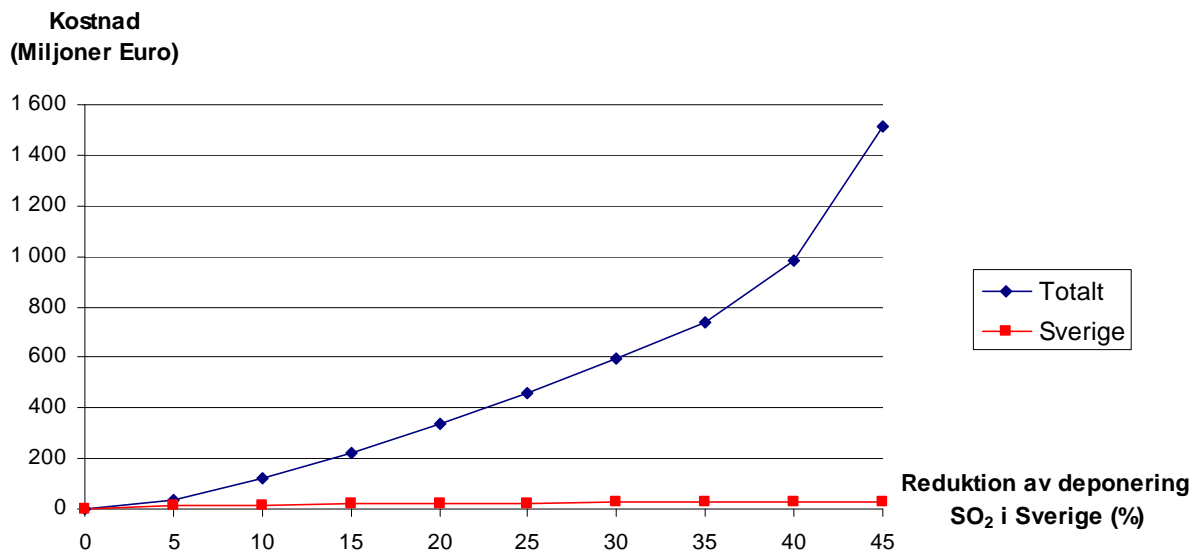
	Reducerad deponering i Sverige (ton SO ₂)	
	10%	40%
Belgien	77,76	322,38
Bulgarien	17,38	17,38
Danmark	537,68	830,96
Estland	179,76	2 057,61
Finland	592,41	1 555,89
Frankrike	320,16	928,29
Grekland		
Irland		0,61
Italien		
Kroatien		103,82
Lettland	543,90	547,60
Litauen	513,37	560,04
Nederländerna	0,00	159,20
Norge	160,94	396,16
Polen	3 675,38	19 763,74
Rumänien		910,80
Schweiz		4,88
Slovakien		323,68
Slovenien	2,70	42,30
Spanien		
Storbritannien	115,20	3 328,20
Sverige	2 549,47	3 112,34
Tjeckien		1 383,20
Turkiet		
Tyskland	381,36	1 300,71
Ungern	40,68	1 142,43
Österrike		
Summa	9 708,15	38 792,22

Vid en kostnadseffektiv reducering av svaveldioxiddeponeringen i Sverige med 10% står Polen för mer än en tredjedel av den totala deponeringsreduktionen. Även Sveriges utsläppsreduktion har vid denna reningsnivå en betydande effekt på deponeringsreduktionen, 26 procent av den totala deponeringsminskningen kommer från Sveriges reduktion av svavelutsläppen. Andra länder vars utsläppsreduktioner har stor betydelse för svaveldioxiddeponeringen i Sverige är Danmark, Finland, Lettland och Litauen, länder med höga deponeringskoefficienter. Vid en jämförelse med tabell 5 är det tydligt att Polen även står för den största andelen av den totala reningsmängden, men det innebär endast en liten procentuell utsläppsreduktion. Sveriges andel av den totala reduktionsmängden är väldigt liten, ungefär 3%, men tabell 6 visar ändå att denna lilla reningsmängd har stor betydelse för deponeringen i Sverige. Lettland och Litauen är de länder som står för de största procentuella reduktionerna enligt tabell 5, men även de procentuella reduktionerna i Danmark och Finland är ganska omfattande.

Vid en 40% reduktion av deponeringen har Polens betydelse ökat, Polen står nu för hälften av den totala deponeringsminskningen. Sveriges betydelse för deponeringsreduktionen är

fortfarande av stor betydelse men så är även nu Storbritanniens. Andra länder vars utsläppsreduktioner har stor effekt på deponeringen i Sverige är Estland, Finland, Tjeckien, Tyskland och Ungern. Enligt tabell 5 står Polen fortfarande för den absolut största andelen av den totala reningsmängden vid en 40%-ig reduktion, medan Storbritannien kommer på en tredje plats efter Rumänien. Sveriges andel av den totala reningsmängden har nu minskat till endast 0,5% men som vi såg i tabellen ovan har denna reduktionsmängd fortfarande en avgörande betydelse för deponeringen i Sverige. De övriga länder vars utsläppsreduktioner har en stor betydelse för deponeringen i Sverige (Estland, Finland, Tjeckien, Tyskland och Ungern) genomför alla utom Tyskland betydande procentuella reduktioner av sina utsläpp. Tyskland minskar sina utsläpp vid denna reduktionsnivå med endast 12 procent, men det har trots det en stor betydelse för reduktionen av deponeringen i Sverige.

I figur 9 nedan finns två kostnadskurvor. Den översta visar den totala kostnaden för en kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige och den undre visar Sveriges del av denna kostnad. Det syns tydligt att Sveriges del av den totala kostnaden är väldigt liten och det är förväntat eftersom den svenska andelen av den totala reningsmängden är väldigt liten.



Figur 9 Kostnaden för reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige under depositions mål

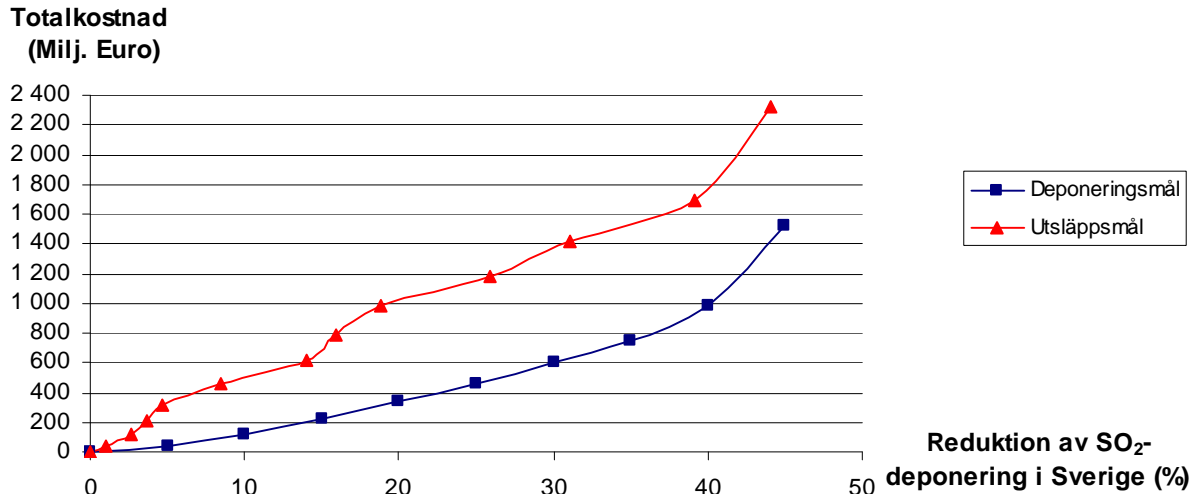
4.3 Diskussion

Resultaten från de två genomförda optimeringarna skiljer sig en del åt, vilket förstås var väntat. Under en kostnadseffektiv reduktion av de totala utsläppen från de aktuella länderna är det Bulgarien, Frankrike, Polen, Rumänien, Spanien, Storbritannien, Turkiet och Ungern som står för de största reningsmängderna. Utsläppsreduktionerna från Polen, Spanien och Storbritannien har framför allt betydelse vid större utsläppsreduktioner. När målet istället är att reducera svaveldioxiddeponeringen i Sverige är det några av länderna ovan som har fallit bort och det är framför allt i Frankrike, Polen, Rumänien, Storbritannien och Ungern de största reduktionsmängderna genomförs. Det räcker dock inte med att enbart titta på vilka länder som står för den största reningsmängden. Det har även betydelse vilken effekt utsläppsreduktionerna i dessa länder har på deponeringen i Sverige. Som nämndes tidigare så

är det framför allt de utsläppsreduktioner som genomförs i Polen och Sverige men även i Danmark, Finland, Lettland och Litauen som under en deponeringsreduktion på 10% har störst effekt på deponeringen i Sverige. Utav dessa länder är Polen det enda land som finns representerade bland de länder där de största utsläppsreduktionerna sker. Vid en jämförelse med reduktionsmängderna för dessa länder under ett utsläppsmål, är det endast Litauen och Polen som måste genomföra rening vid de lägre reduktionsnivåerna, dock ganska små utsläppsreduktioner. Sverige, Danmark, Finland och Lettland skulle alltså ur en svensk synpunkt genomföra större utsläppsreduktioner.

När deponeringen i Sverige reduceras med 40% har utsläppsreduceringarna i Polen, Storbritannien och Sverige störst betydelse. Även reningen i Estland, Finland, Tjeckien, Tyskland och Ungern har stor inverkan på deponeringen i Sverige. Alla dessa länder genomför utsläppsreduktioner under de högre målen när de totala utsläppen ska reduceras. Det finns dock länder där reningsmängden skulle kunna vara större för att effekten på deponeringen i Sverige ska bli större. Större reningsmängder skulle framför allt behöva ske i Estland, Finland och Sverige.

Det här innebär att Sverige, förutom att fortsätta arbetet med att rena sina egna utsläpp, under de internationella förhandlingarna angående den fortsatta reduktionen av svaveldioxid ska jobba för att framförallt Danmark, Estland, Finland och Lettland ska reducera sina utsläpp i större utsträckning än vad ett kostnadseffektivt reduktionsmål innebär. Även större utsläppsreduktioner från Polen (vid låga utsläppsreduktioner), Tjeckien och Tyskland vore ur svensk synvinkel att föredra.



Figur 10 Totalkostnaden för reduktion av SO₂-deponeringen i Sverige under två olika mål

I figuren ovan jämförs totalkostnaden för att reducera den svaveldioxid som deponeras i Sverige från länderna i studien. Som väntat är det tydligt att den totala kostnaden blir högre när målet formuleras som ett utsläppsmål. Vid små reduktionsmängder är skillnaden mindre jämfört med vid större reduktionsmängder. Teoretiskt sett, om Sverige nu skulle bestämma sig för att internationellt arbeta för en optimal kostnadseffektiv reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige kan skillnaden mellan dessa kurvor ses som det pris Sverige måste vara beredda att betala för att få detta genomfört. Att övertyga de aktuella länderna om att genomföra svaveldioxidreduktioner som uppfyller detta mål skulle kosta en

hel del. Om denna transaktionskostnad överstiger skillnaden i kostnadskurvorna ovan för den aktuella reduktionsnivån är det inte lönsamt att försöka övertyga de andra länderna om denna optimala lösning.

Transaktionskostnaden kan även sättas i relation till den kostnad försurningen leder till i Sverige. Ett exempel på en sådan kostnad är kostnaden för kalkning. Naturvårdsverket avsätter under 2007 nästan 184 miljoner kronor i statliga bidrag för kalkning (www, Naturvårdsverket, 4). Detta bidrag är normalt ca 85% av totalkostnaden för kalkning (Naturvårdsverket, 2002), vilket innebär att den totala kostnaden för kalkning under 2007 kommer att vara omkring 216 miljoner kronor. Denna kostnad motsvarar ungefär 24 miljoner Euro (2000). Kostnaderna för kalkning är bara en liten del av den totala kostnaden för försurningen i Sverige årligen, andra kostnader är kostnader i samband med försämrad hälsa, korrosion, minskad skogsproduktion mm, men dessa kostnader har jag tyvärr inga uppskattningar för. Dessa pengar leder dessvärre inte till att orsaken bakom problemen minskar, deponeringen av svaveldioxid är fortfarande lika stora oberoende av hur mycket vi kalkar. Problemet är att det inte direkt går att lägga dessa pengar på att minska deponeringen istället. Eftersom det tar lång tid innan effekterna från en minskad deponering kommer att synas i Sverige måste vi fortsätta med kalkningen av våra sjöar och vattendrag, och betala kostnaderna för korrosion, försämrad hälsa och minskad skogsproduktion.

Något som dock måste poängteras är att det i denna studie endast finns 31 europeiska länder representerade. Som nämnts tidigare saknas fem av de tio källor som står för den största andelen av den deponering som sker i Sverige. De källor som saknas är Östersjön, Ryssland, Nordsjön, Ukraina och Vitryssland. Som nämntes i introduktionen står svaveldioxidutsläppen från fartygstrafiken på de Europeiska havsområdena för en allt större del av de totala svaveldioxidutsläppen från alla källor i EU:s medlemsländer. Enligt en rapport från Amann et al (2006) som baseras på data från IIASA kan svaveldioxidutsläppen från internationell fartygstrafik reduceras med nästan 80% fram till 2020 genom att främst använda lågsvavelhaltigt bränsle (0,5%). Jämfört med de svavelreducerande åtgärderna från landbaserade utsläppskällor som föreslås i EU:s tematiska luftvårdsstrategi är utsläppsminskningarna till havs tre gånger så stora enligt rapporten. Ungefär 80% av reduktionen till havs kan genomföras till en marginalkostnad som är mindre än 15% av den högsta marginalkostnaden för att rena svaveldioxidutsläppen på land.

Eftersom två av de 10 källor som bidrar mest till svaveldioxiddeponeringen i Sverige är fartygstrafiken på Östersjön och Nordsjön skulle utsläppsreduktioner enligt rapporten ovan ha stor inverkan på svaveldioxiddeponeringen i Sverige. Jag skulle även tro att svaveldioxidreduktioner kan genomföras i Ryssland, Ukraina och Vitryssland till en relativt låg marginalkostnad. Eftersom jag inte har haft möjlighet att ta med dessa länder och havsområden i min studie är det svårt att dra några säkra slutsatser.

Som nämntes i det inledande kapitlet har denna studie inte tagit någon hänsyn till den skada utsläpp från olika källor leder till. För att reduktionen ska vara optimal ur en internationell synvinkel är det även viktigt att ta hänsyn till detta. Länder vars utsläpp leder till större skada än vad utsläpp i andra länder gör borde stå för en större del av utsläppsreduktionen. Detta är ännu en orsak till att inga säkra slutsatser kan dras från denna studie.

5 Slutsatser

Ur svensk synpunkt vore det optimalt om vi lyckades övertyga alla länder att genomföra utsläppsreduceringar som leder till att deponeringen i Sverige minskar så mycket som möjligt. Den största deponeringsminskningen i Sverige skulle då uppnås till minsta möjliga kostnad. Nu är det mindre troligt att Sverige skulle kunna genomföra detta. I de internationella förhandlingar som kommer att ske för att sätta upp nya utsläppsmål efter 2010 när EU:s takt direktiv och Göteborgsprotokollet har genomförts har Sverige i alla fall en möjlighet att försöka påverka hur det fortsatta arbetet kommer att se ut.

Under en kostnadseffektiv reduktion av de totala utsläppen behöver inte Sverige genomföra någon reduktion förrän vid högt uppsatta mål och det är då inte några omfattande utsläppsreduktioner som krävs. Vid en optimal reduktion av svaveldioxiddeponeringen i Sverige är den svenska reningsmängden som krävs större, ungefär 8 kt eller ca 20% av de totala utsläppen och Sverige måste även vara med att rena från låga reduktionsnivåer. Den deponeringsminskning denna reduktion leder till har en väldigt stor betydelse för deponeringsreduktionen i Sverige. Enligt dessa resultat måste Sverige fortsätta arbeta aktivt för att minska de egna svaveldioxidutsläppen. Förutom att fortsätta arbetet med att rena sina egna utsläpp, ska Sverige under de internationella förhandlingarna angående den fortsatta reduktionen av svaveldioxid jobba för att framförallt Danmark, Estland, Finland och Lettland ska reducera sina utsläpp i större utsträckning än vad ett kostnadseffektivt reduktionsmål innebär. Även större utsläppsreduktioner från Polen (vid låga utsläppsreduktioner), Tjeckien och Tyskland vore ur svensk synvinkel att föredra.

Dessa resultat måste dock tas med försiktighet eftersom länder och havsområden där svaveldioxidreduktioner kan antas genomföras till låga kostnader inte finns med i denna studie. Detta påverkar resultaten eftersom utsläppen från flera av de länder och havsområden som inte finns med i studien i stor grad påverkar deponeringen i Sverige. En slutsats som kan dras från denna studie är att det vore önskvärt att GAINS databasen utvidgades till att även inkludera uppgifter angående rening för de länder och havsområden som i dagsläget inte finns det. Det skulle underlätta studier av detta slag och leda till att mer säkra slutsatser kan dras.

I denna studie har ingen hänsyn tagits till att utsläpp från olika källor leder till olika stora skador beroende på var de deponeras. Ingen hänsyn har heller tagits till den nytta i form av minskad skada på ekosystemet de olika reduktionsnivåerna leder till. För att hela bilden ska bli tydlig och säkra slutsatser angående den optimala reningsmängden i respektive land ska kunna dras, måste även dessa faktorer finnas med.

Referenser

Litteratur och publikationer

Amann Markus, et al. 2006. *Analysis of policy measures to reduce ship emissions in the context on the revision of the national emissions ceilings directive*. Interim report, service contract no 070501/2005/419589/MAR/C1. IIASA, Austria. Tillgänglig på:
http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cafe_baseline/library?l=/thematic_strategy/contract_emissions/ship-ir-oct06pdf/_EN_1.0_&a=d

EMEP och SMHI. 2005. *Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2003*. Norwegian Meteorological Institute. ISSN 0806-4520. Tillgänglig på:
http://www.emep.int/publ/reports/2005/status_report_1_2005_ch1-4.pdf och
http://www.emep.int/publ/reports/2005/status_report_1_2005_ch5-8_app.pdf

Miljömålsrådet, 2006. *Miljömålen – miljömålen på köpet*. Naturvårdsverket. ISBN 91-620-1250-9. Tillgänglig på: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-1250-9.pdf>

Naturvårdsverket, 2002. *Kalkning av sjöar och vattendrag*. Naturvårdsverket. ISBN 91-620-0115-9.pdf. Tillgänglig på:
www.ab.lst.se/upload/dokument/miljo_och_halsa/miljoinformation/Kalkning/Handbok%202002_1.pdf

Naturvårdsverket, 2003. *Bara naturlig försurning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. CM Digitaltryck AB, Bromma.

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. & Common, M. 2003. *Natural resource and environmental economics*. Ashford Colour Press Ltd., Gosport, USA.

Tietengberg, T. 2003. *Environmental and natural resource economics*. Sixth edition. Pearson education Inc., USA

Internet

EMEP, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. (<http://www.emep.int/>)

1. *Officially Reported Emission Data* (2007-02-27)
<http://webdab.emep.int/> >> Officially Reported
2. *UNECE/EMEPair-quality database*(2007-04-03)
http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/ >> Trends (1980-2004)
3. *Expert Emissions used in EMEP models* (2007-04-12)
<http://webdab.emep.int/> >> Expert Emissions

Europa. (<http://europa.eu/>)

1. *Nationella utsläppstak för vissa luftföroreningar* (2007-02-22)
<http://europa.eu/scadplus/leg/sv/lvb/128095.htm>

Forsurning.nu, Internationella försurningssekreteriatet. (www.forsurning.nu)

1. *EU och luften* (2007-02-22)
www.acidrain.org/forsurning/tema_politics_EU.asp

IIASA, Internationella Institutet för Tillämpad System Analys (<http://www.iiasa.ac.at/>)

1. *GAINS – Emissions – National totals*
<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/apd/RainsWeb>
2. *GAINS – Description*
<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/apd/RainsWeb>
3. *National cost curve for stationary sources of SO₂ emissions*
<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/apd/RainsWeb>

Naturvårdsverket. (www.naturvardsverket.se)

1. *Svavel- och kväveutsläpp försurar nederbörden (2007-02-22)*
www.naturvardsverket.se >> föroreningar >> försurning >> svavel och kväve försurar nederbörden
2. *Luftvårdskonventionen (2007-05-10)*
www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Utslappsdata/Luftfororeningar/Luftvardskonventionen/
3. *Internationellt samarbete (2007-05-10)*
www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Forsurning/Internationellt-samarbete-om-forsurning/
4. *Kalkning – försvar mot försurning av sjöar och vattendrag (2007-07-02)*
www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Forsurning/Kalkning--forsvar-mot-forsurning/

Regeringen. (www.regeringen.se)

1. *Sveriges arbete med miljöpolitik I EU (2007-07-02)*
www.regeringen.se/sb/d/2040

UNECE, United Nations Economic Commission for Europe. (<http://www.unece.org/>)

1. *Protocol to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone (2007-03-01)*
www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.htm

Bilaga 1 Tillstånd från IIASA

Data from RAINS/GAINS

Hello Mr. Stewart

I am a student at the Swedish University of Agricultural Sciences in Uppsala where I'm studying Natural resource economics. I'm right now working on my master thesis about Cost efficient abatement of sulphurdioxid deposition in Sweden. I need to use cost data for 31 countries from the GAINS/RAINS model to put into the optimization model that I'm going to use for my thesis. So now I'm asking for permission from IIASA to do so.

Best regards,

Linda Karlsson

--

Linda Karlsson
Väktargatan 4A
754 22 Uppsala
070-2346661

Dear Linda

Sorry for the delay. I wanted to double check with the leader of the program that develops RAINS. However, he is abroad on business until next week.

But I am sure there will not be a problem. So you have permission from IIASA to use this data provided of course that you acknowledge the source.

Kind rgds
Iain

Iain Stewart
Head of Publications
IIASA - International Institute for Applied Systems Analysis
Tel: +43 2236 807 433
Web: www.iiasa.ac.at

Bilaga 2a Optimering vid reduktionsmål i absoluta termer

Den målfunktion som ska minimeras är samma som i avsnitt 2.1. Den begränsande funktionen ser dock lite annorlunda ut i det här fallet. Den begränsande faktorn är i det här fallet ett utsläppsmål där de totala utsläppen, E_T , efter rening i respektive land;

$E_T - (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$, ska vara lika med eller mindre än det uppsatta utsläppsmålet, E_T^* .

Problemet ställs därmed upp på följande sätt:

$$\underset{A_n}{\text{Min}} C_T = C_1(A_1) + C_2(A_2) + \dots + C_{31}(A_{31}) \quad \text{u.b. } E_T - A_1 - A_2 - \dots - A_{31} \leq E_T^*$$

och följande uttryck sätts upp:

$$\begin{aligned} L &= C_1(A_1) + C_2(A_2) + \dots + C_{31}(A_{31}) + \lambda(E_T^* - (E_T - A_1 - A_2 - \dots - A_{31})) \\ &= C_1(A_1) + C_2(A_2) + \dots + C_{31}(A_{31}) + \lambda(E_T^* - E_T + A_1 + A_2 + \dots + A_{31}), \end{aligned}$$

Första ordningens villkor används för att få fram de kritiska punkterna;

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial A_1} = \frac{\partial C_1}{\partial A_1} + \lambda = 0 &\Rightarrow \frac{\partial C_1}{\partial A_1} = -\lambda \\ \frac{\partial L}{\partial A_2} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} + \lambda = 0 &\Rightarrow \frac{\partial C_2}{\partial A_2} = -\lambda \\ &\vdots \\ \frac{\partial L}{\partial A_{31}} = \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} + \lambda = 0 &\Rightarrow \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} = -\lambda \end{aligned} \right\} \frac{\partial C_1}{\partial A_1} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} = \dots = \frac{\partial C_{31}}{\partial A_{31}} = -\lambda$$

och det visar sig att resultatet blir det samma som i funktion 2.3.

Bilaga 2b Optimering vid deponeringsmål i absoluta termer

Begränsningen är här att den totala svaveldioxiddeponeringen i Sverige efter att utsläppsminskningar, A_S och A_n , har genomförts i Sverige och de andra 30 länderna; $D_S - \alpha_{SS}A_S - \alpha_{1S}A_1 - \alpha_{2S}A_2 - \dots - \alpha_{30S}A_{30}$, ska vara mindre eller lika med det deponeringsmål som har satts upp i Sverige, D_S^* .

Optimeringsproblemet är därmed identifierat;

$$\text{Min}_{A_S, A_n} C_T = C_S(A_S) + C_1(A_1) + \dots + C_{30}(A_{30}) \quad \text{u.b. } D_S - \alpha_{SS}A_S - \alpha_{1S}A_1 - \dots - \alpha_{30S}A_{30} \leq D_S^*$$

Med hjälp av uttrycken ovan sätts återigen den begränsade optimeringsfunktionen upp;

$$\begin{aligned} L &= C_S(A_S) + C_1(A_1) + \dots + C_{30}(A_{30}) + \beta(D_S^* - (D_S - \alpha_{SS}A_S - \alpha_{1S}A_1 - \dots - \alpha_{30S}A_{30})) \\ &= C_S(A_S) + C_1(A_1) + \dots + C_{30}(A_{30}) + \beta(D_S^* - D_S + \alpha_{SS}A_S + \alpha_{1S}A_1 + \dots + \alpha_{30S}A_{30}). \end{aligned}$$

En sista gång används första ordningens villkor för att hitta minimipunkterna:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta L}{\delta A_S} = \frac{\delta C_S}{\delta A_S} + \beta\alpha_{SS} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{SS}} \frac{\delta C_S}{\delta A_S} = -\beta \\ \frac{\delta L}{\delta A_1} = \frac{\delta C_1}{\delta A_1} + \beta\alpha_{1S} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{1S}} \frac{\delta C_1}{\delta A_1} = -\beta \\ &\vdots \\ \frac{\delta L}{\delta A_{30}} = \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} + \beta\alpha_{30S} = 0 &\Rightarrow \frac{1}{\alpha_{30S}} \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} = -\beta \end{aligned} \right\} \frac{1}{\alpha_{SS}} \frac{\delta C_S}{\delta A_S} = \frac{1}{\alpha_{1S}} \frac{\delta C_1}{\delta A_1} = \dots = \frac{1}{\alpha_{30S}} \frac{\delta C_{30}}{\delta A_{30}} = -\beta$$

och det är tydligt att resultat är identiskt med det i 2.4.

Bilaga 3 Förklaringar till kontrollåtgärder

Aktiviteter

BC1	Brunkol, hög kvalitet
BC2	Brunkol, låg kvalitet
DC	Koks, briketter
HC1	Stenkol, hög kvalitet
HC2	Stenkol, mellan kvalitet
HC3	Stenkol, låg kvalitet
OS2	Andra fasta bränslen, högt svavelinnehåll
HF	Eldningsolja, tung
MD	Diesel brännolja, lätt
NOF	Inget bränsle används

Sektorer

Kraftverk och fjärrvärme

PP_EX_OTH	Kraftverk, byggt före 1990
PP_NEW	Kraftverk, byggt efter 1990

Konversion och industri

CON_COMB	Bränsleproduktion och konversion: förbränning
IN_BO	Industri, ångpanna (boilers)
IN_OC	Industri: annan förbränning

Industriella processer

PR_CEM	Cementproduktion
PR_COKE	Koksugnar
PR_LIME	Kalk produktion
PR_OT_NFME	Produktion av andra icke järnhaltiga metaller
PR_PIGI	Tackjärn, masugn
PR_PULP	Pappersmassafabriker
PR_REF	Oljeraffinaderier
PR_SINT	Sinterverk
PR_SUAC	Svavelsyrafabrik

Privat, kommersiellt och transport

DOM	Privat och kommersiell förbränning
TRA_OT	Tåg (fasta bränslen), stationär förbränning
TRA_OTS	Fartyg

Avfall

WASTE_AGR	Förbränning av jordbruksavfall
WASTE_FLR	Förbränning av rester inom gas- och oljeindustrin
WASTE_RES	Öppen förbränning av hushållssopor

Kontrollteknologier

BAN	Förbjud mot öppen förbränning av jordbruk eller hushålls sopor
FLR_GP	Bättre kontroll vid förbränning av rester inom gas- och oljeindustrin
IWFGD	Våt rökgasavsvavling inom industrin
LINJ	Kalkstensinjektion
LSCK	Lågsvavelhaltigt koks
LSCO	Lågsvavelhaltigt kol
LSHF	Lågsvavelhaltig eldningsolja
LSMD1	Lågsvavelhaltig dieselolja – nivå 1 (0,2 % svavel)
LSMD2	Lågsvavelhaltig dieselolja – nivå 2 (0,045 % svavel)
PWFGD	Våt rökgasavsvavling för kraftverk
RFGD	Avancerad våt rökgasavsvavling
SO2PR1	Kontrollera utsläppen – nivå 1
SO2PR2	Kontrollera utsläppen – nivå 2
SO2PR3	Kontrollera utsläppen – nivå 3

Bilaga 4 Deponeringsmatris för SO₂ år 2010

Enhet: 100 Mg av svavel → utsläppare ↓ mottagare

	AL	AM	AT	AZ	BA	BE	BG	BY	CH	CS	CY	CZ	DE	DK	EE	ES	FI	FR	GB	GE	GL	GR	HR	HU	IE	IS	IT		
AL	40	0	0	0	14	0	26	0	0	22	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0	15	11	3	0	0	12	AL	
AM	0	7	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	AM	
AT	0	0	39	0	15	3	9	2	4	9	0	17	59	0	0	4	0	14	4	0	0	1	7	9	0	0	30	AT	
AZ	0	2	0	16	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	AZ	
BA	2	0	2	0	362	1	16	1	0	44	0	4	6	0	0	4	0	5	1	0	0	3	20	22	0	0	25	BA	
BE	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	1	18	0	0	4	0	46	12	0	0	0	0	1	0	0	1	BE	
BG	5	0	1	0	32	0	891	4	0	59	0	3	4	0	0	2	0	2	1	0	0	25	3	19	0	0	12	BG	
BY	1	0	2	0	21	2	50	424	0	17	0	11	21	1	4	2	3	7	6	0	0	3	3	31	0	0	6	BY	
CH	0	0	1	0	2	2	1	0	20	1	0	1	14	0	0	6	0	23	3	0	0	0	1	1	0	0	22	CH	
CS	11	0	2	0	130	1	76	2	0	303	0	5	7	0	0	3	0	5	1	0	0	9	11	47	0	0	24	CS	
CY	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CY	
CZ	0	0	9	0	12	4	7	2	1	8	0	116	71	0	0	3	0	12	5	0	0	1	4	26	0	0	8	CZ	
DE	0	0	10	0	11	86	7	5	13	6	0	66	884	4	1	26	1	176	72	0	0	1	3	17	2	0	22	DE	
DK	0	0	0	0	1	4	0	1	0	1	0	3	21	9	0	2	0	7	13	0	0	0	0	0	2	0	0	1	DK
EE	0	0	0	0	3	1	4	14	0	2	0	2	6	1	15	1	4	2	3	0	0	0	0	3	0	0	1	EE	
ES	0	0	1	0	7	2	4	0	1	3	0	2	7	0	0	678	0	38	7	0	0	1	2	4	1	0	13	ES	
FI	0	0	1	0	8	3	10	33	0	5	0	5	16	2	22	3	92	7	11	0	0	1	1	10	0	0	2	FI	
FR	0	0	2	0	14	45	9	1	10	6	0	8	86	1	0	191	0	740	58	0	0	2	4	9	3	0	51	FR	
GB	0	0	0	0	1	15	1	1	0	1	0	3	25	1	0	17	0	51	425	0	0	0	0	3	17	0	2	GB	
GE	0	2	0	4	1	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	1	0	0	1	GE	
GL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	2	0	GL	
GR	11	0	1	0	26	0	275	2	0	29	0	2	3	0	0	3	0	3	1	0	0	170	2	10	0	0	19	GR	
HR	1	0	3	0	86	1	13	1	1	26	0	5	7	0	0	4	0	6	1	0	0	2	64	30	0	0	28	HR	
HU	1	0	7	0	75	1	35	2	1	55	0	11	14	0	0	3	0	6	2	0	0	3	21	213	0	0	19	HU	
IE	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	4	0	0	4	0	7	23	0	0	0	0	1	41	0	0	IE	
IS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	1	23	0	IS	
IT	4	0	6	0	98	3	43	3	6	35	0	8	26	0	0	28	0	53	4	0	0	10	28	28	0	0	546	IT	
KZ	0	1	0	3	10	1	37	16	0	7	0	2	4	0	1	1	1	2	1	2	0	2	1	7	0	0	3	KZ	
LT	0	0	1	0	6	1	11	28	0	5	0	5	12	1	2	1	1	4	4	0	0	1	1	8	0	0	2	LT	
LU	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	LU	
LV	0	0	0	0	4	1	8	32	0	3	0	3	10	1	3	1	2	3	4	0	0	0	1	6	0	0	1	LV	
MD	0	0	0	0	6	0	37	4	0	5	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	6	0	0	2	MD	
MK	8	0	0	0	10	0	41	0	0	20	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	25	1	4	0	0	6	MK	
MT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MT
NL	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	2	29	0	0	3	0	26	20	0	0	0	0	1	1	0	1	NL	
NO	0	0	1	0	3	7	3	8	0	2	0	4	27	4	2	5	4	14	40	0	0	0	1	5	2	1	2	NO	
PL	1	0	7	0	44	11	41	38	2	33	0	77	133	5	2	7	3	26	22	0	0	3	9	91	1	0	15	PL	
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	34	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	PT	
RO	5	0	3	0	111	2	402	13	1	126	0	11	16	0	0	5	0	8	3	0	0	16	11	90	0	0	27	RO	
RU	4	3	7	16	107	10	337	499	2	75	2	35	76	4	47	14	44	32	31	17	0	21	14	105	1	1	32	RU	
SE	0	0	1	0	10	8	11	25	1	7	0	11	51	11	7	5	20	18	33	0	0	1	2	15	1	0	4	SE	
SI	0	0	3	0	11	0	5	0	0	6	0	2	5	0	0	2	0	3	0	0	0	1	14	8	0	0	20	SI	
SK	1	0	4	0	25	1	16	2	0	19	0	15	12	0	0	2	0	4	1	0	0	2	6	92	0	0	7	SK	
TR	3	2	1	2	27	1	270	11	0	26	12	3	6	0	1	5	0	4	1	3	0	41	3	15	0	0	20	TR	
UA	3	0	5	1	92	4	317	128	1	75	0	23	37	1	3	7	3	13	9	1	0	16	12	120	0	0	26	UA	
ATL	0	0	4	0	21	50	18	51	3	11	0	28	144	6	13	339	31	222	411	0	0	1	4	31	70	106	16	ATL	
BAS	0	0	3	0	19	13	20	50	1	13	0	21	94	18	23	6	32	26	34	0	0	2	3	30	1	0	6	BAS	
BLS	3	0	2	1	45	1	438	31	0	45	1	7	12	0	1	3	1	5	2	2	0	19	5	33	0	0	14	BLS	
MED	27	0	12	0	365	8	719	14	6	165	25	24	51	1	1	204	1	181	15	0	0	240	64	100	1	0	589	MED	
NOS	0	0	2	0	8	72	5	13	2	5	0	23	165	14	2	33	2	186	484	0	0	1	2	15	14	2	7	NOS	
ASI	0	2	0	12	6	0	27	7	0	5	10	1	2	0	1	1	0	1	0	3	0	4	1	3	0	0	3	ASI	
NOA	2	0	1	0	28	1	59	1	1	13	1	2	6	0	0	44	0	20	2	0	0	18	4	8	0	0	48	NOA	
SUM	136	18	146	60	1880	483	4312	1478	81	1300	57	575	2200	86	153	1712	251	2019	1781	41	0	663	336	1289	160	137	1698	SUM	
EMC	106	18	125	59	1439	345	3145	1470	69	1074	31	484	1774	51	166	1132	222	1412	852	38		403	260	1103	75	30	1072	EMC	
EU	20	0	94	0	373	306	498	194	40	232	4	358	1494	36	54	1021	125	1252	726	0		197	106	563	69	2	767	EU	
Emis	150	20	152	75	2055	493	4894	1746	82	1384	86	603	2249	90	218	2082	307	2071	1831	45		841	347	1329	164	147	1878	Emis	
	AL	AM	AT	AZ	BA	BE	BG	BY	CH	CS	CY	CZ	DE	DK	EE	ES	FI	FR	GB	GE	GL	GR	HR	HU	IE	IS	IT		

	KZ	LT	LV	MD	MK	MT	NL	NO	PL	PT	RU	RO	SE	SI	SK	TR	UA	ATL	BAS	BLS	MED	NOS	ASI	NOA	BIC	SUM	EU	VOL	NAT		
AL	0	0	0	1	23	0	0	0	4	0	1	10	0	0	0	4	4	0	0	1	28	0	0	3	9	297	42	60	1	AL	
AM	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	87	2	0	0	0	2	0	24	1	11	180	2	37	0	AM	
AT	0	0	0	1	1	0	2	0	36	0	3	10	0	9	4	2	7	1	1	0	17	4	0	2	28	378	243	22	2	AT	
AZ	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	18	2	0	0	0	89	9	0	0	1	2	0	55	1	20	273	4	45	0	AZ	
BA	0	0	0	1	3	0	0	0	17	0	2	13	0	2	2	3	6	0	0	0	35	1	0	4	18	664	95	37	2	BA	
BE	0	0	0	0	0	0	14	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	23	0	0	11	218	178	1	2	BE	
BG	2	0	0	13	24	0	0	0	25	0	17	196	0	1	3	32	54	0	1	12	31	1	2	4	26	1609	100	99	3	BG	
BY	4	13	2	15	2	0	1	1	236	0	90	54	3	1	6	16	159	1	10	3	9	5	2	2	40	1326	364	33	3	BY	
CH	1	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	11	3	0	2	19	151	79	7	1	CH	
CS	0	0	0	3	17	0	0	0	36	0	5	71	0	1	5	7	18	0	1	1	37	1	0	5	25	954	150	82	2	CS	
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	5	0	0	1	2	34	5	6	1	CY	
CZ	0	0	0	1	1	0	2	0	91	0	3	11	1	2	9	1	7	1	3	0	7	5	3	1	20	468	362	8	2	CZ	
DE	0	1	0	1	1	0	61	1	140	2	10	11	3	2	4	2	13	10	34	0	21	92	0	4	107	1974	1584	19	18	DE	
DK	0	0	0	0	0	0	3	1	19	0	2	1	2	0	0	0	2	1	24	0	1	22	0	0	13	163	87	1	6	DK	
EE	0	3	2	1	0	0	1	0	25	0	25	5	2	0	1	1	10	0	15	0	1	2	0	0	9	171	71	4	2	EE	
ES	0	0	0	0	1	0	1	0	7	54	1	4	0	1	1	1	3	43	1	0	155	6	0	25	166	1275	818	11	23	ES	
FI	2	5	2	3	1	0	2	3	74	0	213	12	19	0	2	5	31	2	47	1	3	8	1	1	57	749	279	14	9	FI	
FR	0	0	0	1	1	1	13	0	28	12	3	7	1	2	2	2	6	48	2	0	135	98	0	19	203	1899	1257	32	41	FR	
GB	0	0	0	0	0	0	9	0	16	2	3	2	1	0	1	0	3	37	3	0	5	115	0	1	111	917	587	2	43	GB	
GE	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	14	4	0	0	0	152	12	0	0	4	4	0	26	1	19	333	6	63	1	GE	
GL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	142	167	10	1	5	GL
GR	1	0	0	6	47	1	0	0	15	0	10	58	0	0	2	40	28	0	0	6	112	1	2	8	30	1111	231	181	6	GR	
HR	0	0	0	1	2	0	0	0	20	0	2	12	0	6	3	2	6	0	1	0	39	1	0	3	15	416	118	22	2	HR	
HU	0	0	0	2	3	0	1	0	67	0	5	53	0	5	23	4	20	0	1	1	22	1	0	3	19	724	378	24	1	HU	
IE	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	1	12	0	0	1	7	0	0	43	170	87	0	17	IE	
IS	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	47	100	12	0	15	IS	
IT	1	0	0	3	7	3	1	0	35	2	6	28	0	9	4	8	15	3	1	1	308	4	0	29	100	2214	769	703	14	IT	
KZ	228	1	0	7	2	0	0	0	24	0	206	27	1	0	1	103	124	0	1	4	7	1	58	2	124	1123	52	99	1	KZ	
LT	1	32	2	2	1	0	1	0	94	0	23	11	2	0	2	2	21	1	11	0	2	4	0	0	14	329	177	7	2	LT	
LU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	13	13	0	0	LU	
LV	1	17	12	2	1	0	6	13	133	0	94	15	98	1	3	3	26	5	101	0	4	34	0	1	91	913	435	10	20	LV	
MD	1	0	0	69	1	0	0	0	15	0	9	47	0	0	1	7	48	0	0	3	4	0	1	1	7	297	30	15	1	MD	
MK	0	0	0	1	58	0	0	0	4	0	1	13	0	0	1	4	4	0	0	1	12	0	0	1	7	268	42	41	1	MK	
MT	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	1	0	MT	
NL	0	0	0	0	0	0	66	0	6	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	43	0	0	12	257	190	1	4	NL	
NO	1	2	0	1	0	0	4	29	43	0	53	5	13	0	1	1	8	8	17	0	2	34	0	1	100	492	178	6	28	NO	
PL	2	7	1	5	3	0	7	1	1559	1	43	54	6	4	26	5	81	3	39	1	16	20	0	3	62	2555	2015	26	9	PL	
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	8	0	0	2	32	221	155	1	6	PT	
RO	4	1	0	49	17	1	1	0	112	0	35	1036	1	2	14	41	152	1	2	16	46	2	3	6	54	2582	313	132	4	RO	
RU	304	24	9	84	17	1	5	4	504	1	5026	299	20	5	21	639	1518	6	47	42	62	21	131	14	744	11731	1050	619	28	RU	
SE	2	6	2	2	1	0	6	13	133	0	94	15	98	1	3	3	26	5	101	0	4	34	0	1	91	913	435	10	20	SE	
SI	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	4	0	24	1	1	2	0	0	0	14	0	0	1	7	152	75	9	1	SI	
SK	0	0	0	1	2	0	1	0	107	0	4	23	0	2	47	2	14	0	1	0	8	1	0	1	12	448	297	12	1	SK	
TR	7	1	0	17	12	1	0	0	31	0	70	90	0	1	2	3232	137	0	1	56	186	1	294	41	182	5594	148	758	17	TR	
UA	23	6	1	129	13	1	2	1	398	1	267	334	3	3	26	149	1697	1	10	40	48	7	14	8	122	4402	710	191	10	UA	
ATL	7	6	2	4	2	0	24	26	208	73	892	28	29	2	7	10	66	1163	43	1	44	202	2	10	6931	13827	1718	50	2414	ATL	
BAS	2	16	6	4	2	0	8	5	305	1	104	26	46	1	6	5	47	4	334	1	7	38	0	2	74	1499	699	14	26	BAS	
BLS	12	2	0	70	12	0	1	0	79	0	200	232	1	1	5	421	477	0	3	252	52	2	29	8	66	2796	192	172	28	BLS	
MED	4	1	0	28	63	31	3	0	146	15	46	228	1	14	14	737	135	17	5	36	4586	12	99	348	516	12153	1675	2021	234	MED	
NOS	1	2	1	1	1	0	52	13	149	3	21	9	14	1	4	1	18	49	41	0	11	787	0	3	267	2698	1246	10	181	NOS	
ASI	65	0	0	3	2	0	0	0	11	0	112	15	0	0	1	620	69	0	1	3	43	0	1019	19	160	2467	40	230	5	ASI	
NOA	0	0	0	3	6	4	0	0	15	4	4	22	0	1	1	42	12	3	0	2	387	2	8	369	202	1552	179	176	30	NOA	
SUM	686	150	46	538	348	47	296	100	4918	293	7679	3091	273	106	257	6497	5092	1447	819	492	6546	1618	1774	960	1111	87651	19675	6122	3276	SUM	
EMC	665	136	43	439	272	15	212	58	4206	203	7388	2603	197	88	226	5342	4458	217	436	206	1853	593	1646	592	3366	14583	3901	407	EMC		
EU	11	74	23	32	70	7	191	20	2525	193	473	317	140	63	132	94	309	188	300	13	851	495	7	104	1163	10422	1101	232	EU		
emis	1185	167	54	583	409	59	301	105	5231	513	8350	3342	296	111	268	8541	5725	1759	871	536	8010	1645	4025	2065	0	21406	10000	3715	emis		
	KZ	LT	LV	MD	MK	MT	NL	NO	PL	PT	RU	RO	SE	SI	SK	TR	UA	ATL	BAS	BLS	MED	NOS	ASI	NOA	BIC	SUM	EU	VOL	NAT		

Källa: EMEP och SMHI 2005

Bilaga 5 Resultat från utsläppsoptimering

	5% reduktion		10% reduktion		15% reduktion		20% reduktion	
	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)
Belgien			3,46	0,69	4,84	1,06	4,84	1,06
Bulgarien	271,49	38,42	271,49	38,42	271,49	38,42	272,73	38,81
Cypern			0,43	0,09	0,43	0,09	0,43	0,09
Danmark								
Estland								
Finland								
Frankrike	36,76	4,62	52,44	8,21	68,84	13,14	73,32	14,54
Grekland			32,74	5,81	32,74	5,81	38,2	7,51
Irland								
Italien							4,98	1,62
Kroatien	1,61	0,25	17,21	4,03	17,21	4,03	17,85	4,24
Lettland								
Litauen	1,17	0,18	1,17	0,18	2,35	0,53	2,82	0,68
Luxemburg								
Malta								
Nederländ.								
Norge								
Polen			1,54	0,24	1,54	0,24	11,5	3,55
Portugal	0,55	0,07	6,03	1,09	6,03	1,09	6,03	1,09
Rumänien			83,843	21,5	202,44	52,49	205,166	53,47
Schweiz								
Slovakien							1,26	0,41
Slovenien	0,31	0,05	0,32	0,05	0,32	0,05	0,44	0,09
Spanien			22,66	5,12	24,68	5,7	24,68	5,7
Storbritan.					6,41	1,84	10,02	3,06
Sverige								
Tjeckien								
Turkiet	2,272	1,17	114,03	19,71	293,225	72,68	575,77	159,27
Tyskland							16,83	5,38
Ungern	3,6	0,56	64,16	15,69	74,74	18,48	76,18	18,94
Österrike								
Summa	317,762	45,3168	671,523	120,82	1 007,29	215,65	1 343,05	319,5

	25% reduktion		30% reduktion		35% reduktion		40% reduktion	
	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)
Belgien	8,22	2,47	10,76	3,7	14,39	5,68	14,39	5,68
Bulgarien	335,36	65,02	345,9	69,98	354,61	74,74	359,05	77,23
Cypern	0,6	0,16	9,25	3,94	9,56	4,11	10,45	4,61
Danmark	0,24	0,1	0,24	0,1	0,24	0,1	2,37	1,3
Estland	0,5	0,21	5	2,38	5,62	2,71	5,63	2,72
Finland	0,35	0,15	0,36	0,16	0,36	0,16	0,8	0,4
Frankrike	89,8	21,51	104,72	28,27	115,63	34,32	154,28	56,04
Grekland	41,79	9,02	43,77	9,97	46,97	11,62	64,68	21,62
Irland	0,09	0,03	0,91	0,42	1,77	0,9	6,44	3,55
Italien	9,22	3,41	29,669	13,03	47,72	22,35	84,89	44,02
Kroatien	33,91	10,96	35,71	11,81	35,85	11,89	39,33	13,84
Lettland	0,01	0,004	13	6,22	13,11	6,28	14,26	6,94
Litauen	5,22	1,69	8,87	3,38	10,63	4,31	13,03	5,65
Luxemburg							0,15	0,08
Malta			3,73	1,61	3,73	1,61	3,73	1,61
Nederländ.					0,77	0,43	5,55	3,17
Norge								
Polen	74,45	29,11	177,6	75,52	217,71	97,6	232	105,67
Portugal	15,84	4,95	18,67	6,26	25,91	10,27	58,7	28,75
Rumänien	214,7	57,17	235,73	67,27	239,25	69,18	246,88	73,49
Schweiz			0,04	0,02	0,12	0,06	0,12	0,06
Slovakien	12,23	4,85	14,61	5,99	15,12	6,24	20,77	9,42
Slovenien	2,45	0,94	3,38	1,39	4,02	1,73	4,9	2,23
Spanien	83,91	29,26	103,1	38,4	169,4	72,12	200,4	89,82
Storbritan.	51,608	20,67	113,07	47,37	120,17	51,24	177,49	84,17
Sverige								
Tjeckien	20,34	8,3	45,02	19,65	45,02	19,65	46,07	20,24
Turkiet	583,56	162,56	595,43	168,01	751,251	253,82	807,842	286,14
Tyskland	16,83	5,38	16,83	5,38	21,79	7,93	32,27	13,83
Ungern	77,58	19,53	79,2	20,29	79,37	20,39	79,37	20,39
Österrike					0,24	0,13	0,25	0,14
Summa	1 678,81	457,47	2 014,57	610,5	2 350,33	791,57	2 686,09	982,83

	45% reduktion		50% reduktion		55% reduktion		60% reduktion	
	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	TK (Milj. €)
Belgien	17,55	7,54	19,06	8,53	20,73	10,15	29,82	32,6
Bulgarien	362,99	79,62	367,04	82,23	368,13	83,15	369,33	86,14
Cypern	10,54	4,66	12,78	6,22	14,21	7,45	14,61	8,37
Danmark	3,08	1,71	3,08	1,71	3,08	1,71	6,39	10,12
Estland	5,76	2,8	6,37	3,19	64,09	52,17	66,3	57,72
Finland	3,03	1,73	3,03	1,73	9,28	8,66	21,37	39,03
Frankrike	177,834	70,19	180,46	71,87	194,487	84,97	236,21	176,41
Grekland	64,68	21,62	67,34	23,31	80,61	35,2	104,51	89,07
Irland	8,2	4,58	8,27	4,62	10,67	6,71	15,73	18,3
Italien	87,44	45,59	145,16	82,26	158,82	93,41	171,61	120,07
Kroatien	48,1	19,06	49,21	19,77	49,84	20,35	52,87	28,07
Lettland	14,33	6,98	14,66	7,19	14,81	7,33	14,97	7,77
Litauen	14,33	6,43	14,79	6,72	15,45	7,28	15,67	7,82
Luxemburg	0,15	0,08	0,15	0,08	0,3	0,21	0,76	1,64
Malta	3,73	1,61	3,73	1,61	3,73	1,61	3,99	2,38
Nederländ.	5,55	3,17	6,24	3,66	7,99	5,46	8,51	6,49
Norge	0,22	0,14	0,23	0,14	0,23	0,14	1,3	2
Polen	456,23	242,6	619,115	358,72	760	463,29	783,27	500,79
Portugal	62,05	30,71	66,41	33,46	68,03	35,03	93,26	72,44
Rumänien	251,01	75,92	260,65	82,4	264,51	85,55	266,89	91,6
Schweiz	0,12	0,06	0,4	0,26	1,01	0,92	2,17	2,69
Slovakien	26,32	12,79	29,02	14,54	31,36	16,71	31,81	17,63
Slovenien	5,23	2,43	6,38	3,15	6,84	3,55	11,28	14,36
Spanien	217,87	100,46	269,46	134,73	287,67	150,35	303,62	182,94
Storbritan.	177,84	84,39	178,5	84,81	184,89	91,26	205,509	125,01
Sverige	0,22	0,13	0,31	0,19	3,44	2,89	6,13	8,02
Tjeckien	49,35	22,25	51,02	23,38	76,09	45,73	95,39	73,12
Turkiet	816,74	291,38	827,68	298,31	840,72	309,04	926,02	454,97
Tyskland	32,27	13,83	45,69	22,95	47,07	24,22	63,11	48,07
Ungern	98,84	32,07	101,13	33,52	104,91	36,72	106,31	40,26
Österrike	0,25	0,14	0,25	0,14	0,38	0,29	0,42	0,4
Summa	3 021,85	1 186,68	3 357,62	1 415,41	3 693,38	1 691,52	4 029,14	2 326,30

Bilaga 6 Resultat från deponeringsoptimering

	5% reduktion			10% reduktion			15% reduktion		
	Red. (kt SO ₂)	MK -1000	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)
Belgien	3,5	233	0,69	4,8	283	1,06	4,8	388	1,06
Bulgarien		32		7,9	38	0,27	7,9	53	0,27
Danmark	3,1	1 761	1,75	4,4	2 136	4,02	5	2 927	5,54
Estland	0,9	463	0,38	5,6	561	2,71	6,4	769	3,19
Finland	3	938	1,73	9,1	1 138	8,4	9,7	1 559	9,26
Frankrike	12,2	125	1	36,8	152	4,62	36,8	208	4,62
Grekland		17			21			29	
Irland		88			107			146	
Italien		30			37			50	
Kroatien		84			101			139	
Lettland	13	533	6,22	14,7	647	7,19	14,7	886	7,26
Litauen	9,7	517	3,8	14,3	628	6,43	15,2	860	7,03
Nederländ.		287			348			477	
Norge	0,8	1 784	0,89	1,3	2 164	1,97	1,3	2 965	1,97
Polen	11,5	366	3,55	144,7	444	60,31	235,8	608	107,89
Rumänien		65			79			108	
Schweiz		176			213			292	
Slovakien		161			196			268	
Slovenien		130		0,3	157	0,05	0,3	216	0,05
Spanien		35			42			57	
Storbritan.		259		6,4	315	1,84	41,5	421	16,32
Sverige	7,4	4 771	12,87	7,7	5 788	14,44	9	7 931	23,35
Tjeckien		262			318		20,3	436	8,3
Turkiet		6			7			10	
Tyskland	16,8	327	5,38	16,8	397	5,38	21,8	544	7,93
Ungern	3,6	163	0,56	3,6	198	0,56	74,7	271	18,48
Österrike		95			115			158	
Summa	85,4	-	38,8	278,4	-	119,23	505,2	-	222,49

	20% reduktion			25% reduktion			30% reduktion		
	Red. (kt SO ₂)	MK -1000	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK -1000	TK (Milj. €)
Bulgarien	7,9	53	0,27	7,9	58	0,27	7,9	63	0,27
Belgien	4,8	390	1,06	8,2	428	2,47	8,2	460	2,47
Danmark	5	2 939	5,54	5	3 227	5,54	6,4	3 473	10,12
Estland	6,4	772	3,19	60,5	848	49,07	63,5	912	51,63
Finland	9,7	1 566	9,26	9,9	1 719	9,65	10,1	1 850	9,92
Frankrike	36,8	209	4,62	43,5	230	6,03	52,4	247	8,21
Grekland		29			32			34	
Irland		147			161			173	
Italien		51			55			60	
Kroatien		139			153		1,6	165	0,25
Lettland	14,7	890	7,26	14,7	977	7,26	14,8	1 052	7,31
Litauen	15,2	863	7,03	15,4	948	7,26	15,4	1 020	7,26
Nederländ.		479			526		1	566	0,58
Norge	1,3	2 977	1,97	1,3	3 269	2	1,3	3 519	2
Polen	379,9	611	195,92	471,8	671	252,36	634,8	722	370,05
Rumänien		108			119			128	
Schweiz		293			322			347	
Slovakien		269			296		1	318	0,33
Slovenien	0,3	216	0,05	0,3	238	0,05	0,3	256	0,05
Spanien		58			63			68	
Storbritan.	107,5	433	44,75	111,7	475	46,67	113,9	512	47,77
Sverige	9	7 962	23,35	9	8 744	23,35	9,4	9 411	26,86
Tjeckien	20,3	438	8,3	38,1	481	16,28	45	571	19,65
Turkiet		10			11			11	
Tyskland	21,8	546	7,93	32,3	599	13,83	32,3	645	13,83
Ungern	74,7	272	18,48	74,7	298	18,48	76,2	321	18,94
Österrike		159			174			188	
Summa	715,3	-	338,95	904,4	-	460,56	1 095,60	-	597,49

	35% reduktion			40% reduktion			45% reduktion		
	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)	Red. (kt SO ₂)	MK (1000 €)	TK (Milj. €)
Belgien	11,5	548	4,05	19,9	1 026	9,22	29,8	3 153	32,6
Bulgarien	7,9	74	0,27	7,9	139	0,27	335,4	428	65,02
Danmark	6,5	4 134	10,65	6,8	7 736	11,97	6,8	23 790	12,51
Estland	64,1	1 086	52,16	64,1	2 032	52,17	67,7	6 248	62,81
Finland	13,3	2 202	17,08	23,9	4 121	48,5	27,2	12 670	64,66
Frankrike	52,4	294	8,21	106,7	551	29,36	212,3	1 694	108,06
Grekland		41			76		32,7	234	5,81
Irland		206		0,1	386	0,03	10,7	1 187	6,71
Italien		71			133		5	409	1,62
Kroatien	1,6	196	0,25	17,9	367	4,24	49,8	1 129	20,35
Lettland	14,8	1 252	7,33	14,8	2 342	7,33	15	7 202	7,89
Litauen	15,5	1 214	7,28	15,6	2 273	7,49	15,7	6 988	7,82
Nederländ.	5,6	673	3,17	8	1 260	5,46	16,9	3 874	38,89
Norge	1,3	4 188	2	3,2	7 837	12,1	3,2	24 100	12,1
Polen	751,1	859	454,49	778,1	1 608	487,8	783,3	4 944	500,79
Rumänien		152		202,4	285	52,49	264,4	876	85,41
Schweiz		413		0,4	772	0,26	2,2	2 375	2,66
Slovakien	1,3	379	0,41	28,9	709	14,43	31,5	2 180	16,91
Slovenien	0,3	304	0,05	4,7	570	2,11	6,9	1 752	3,58
Spanien		81			152		93,6	467	33,74
Storbritan.	177,5	609	84,17	184,9	1 140	91,26	207,9	3 504	133,01
Sverige	9,4	11200	26,86	9,4	20 960	26,86	9,4	64 450	26,86
Tjeckien	47,7	616	21,25	76	1 152	45,67	95,4	3 543	73,12
Turkiet		14			25		17,1	78	0,67
Tyskland	45,7	768	22,95	57,3	1 437	38,04	88,3	4 419	155,78
Ungern	76,2	382	18,94	101,1	715	33,52	105	2 200	36,84
Österrike		223			418		0,4	1 285	0,29
Summa	1 303,70	-	741,55	1 732,10	-	980,56	2 533,20	-	1 516,50

Pris: 100:- (exkl moms)

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala 2007.

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