SMED Rapport Nr 150 2014

Svenska MiljöEmissionsData

Utsläppsbegränsningars effekt på försurande deposition i Sverige - fokus på 1990-2010

En kontrafaktisk styrmedelsanalys

Stefan Åström, Katarina Yaramenka, Ingrid Mawdsley, Helena Danielsson, Peringe Grennfelt, IVL, Annika Gerner, SCB

Avtal NV-08840-13

På uppdrag av Naturvårdsverket

Publicering: www.smed.se
Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
Adress: 601 76 Norrköping
Startår: 2006
ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m fl. Mer information finns på SMEDs hemsida www.smed.se.

Förord

I denna studie har vi försökt oss på något mycket ambitiöst, nämligen att återberätta hur det kom sig att Sveriges problem med deposition av försurande ämnen minskat kraftigt sedan 1970, och vad som driver fortsatt utsläppsminskning i Europa. Vi har inte bara försökt återberätta, utan även genomfört egna analyser av hur situationen skulle sett ut om vi inte gjort något åt utsläppen. Dessa analyser tjänar sedan som underlag till vidare tolkning av vilka styrmedel som haft störst effekt. Naturvårdsverkets mottagare av studiens resultat är Maria Ullerstam och Ulla Bertills.

Det har varit av stor vikt att få en vidare förståelse för vad som faktiskt har hänt sedan 1970, för mycket av det som faktiskt hände finns inte komplett sammanställt i litteraturen. Det har dessutom varit viktigt att välja rätt ut rätt styrmedel för vidare kvantitativ analys och att ur analysresultaten kunna dra rätt slutsatser. För att få hjälp med detta har vi tagit hjälp av en grupp experter bestående av Lars Lindau (f.d. Naturvårdverket), Anders Lundkvist (Swemin), Bengt Steen (Chalmers), Maria Ullerstam (Naturvårdsverket) Zofia Tucinska (Jernkontoret) och Christer Ågren (AirClim) som tillsammans bidragit med mer än 100 arbetsårs erfarenhet av utsläppspolitik och försurningsfrågor. Projektgruppen står i tacksamhetsskuld till dessa personer, men ansvaret för studiens resultat vilar helt och hållet på författarna av denna rapport.

Innehåll

SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER **1**

SUMMARY AND RECOMMENDATIONS **3**

ÖVERBLICK UTSLÄPPSBANOR **6**

INTRODUKTION **9**

Vilka faktorer påverkar utsläpp? 10

Rapportens upplägg 12

AVGRÄNSNINGAR OCH ANTAGANDEN **14**

Kvantitativ analys med kompletterande litteraturstudie 14

Endast direkta effekter har beräknats 14

Viktigaste antaganden i denna studie 15

METOD OCH DATA **16**

Kontrafaktisk parameteranalys 16

Omräkning av utsläpp från Energi- & Transportsektorn 18

Omräkning av utsläpp från Industriprocesser 19

Urval av styrmedel för kvantitativ analys 21

GAINS-modellen och Sveriges utsläppsrapportering 21

FAKTISKA UTSLÄPPSMINSKNINGAR – EN ÅTERBLICK **23**

Uppkomsten av nationella lagar och internationella avtal 23

Bedömning av påverkan på utsläpp och miljö från europeiska direktiv och protokoll 29

Hur gick det till när Sverige och andra länder minskade sina utsläpp? 33

SO_2 - perioden innan 1990 i Sverige och Europa 33

Sammanställning av utsläpp i Europa 1980-2030 41

Globalt SO_2 1850-2100 45

Deposition över Sverige 46

KONTRAFAKTISKA UTSLÄPP – VAD KUNDE HA HÄNT? **50**

Europa 50

Sverige - Resultat från egna analyser 54
Vilka styrmedel har varit i fokus? 55
Utsläppsbanor som analyserats 56
Utsläpp av SO_2 om vi slutat begränsa tillåtna utsläpp i Sverige? 59
Utsläpp av NO_x om vi slutat begränsa tillåtna utsläpp från mobila källor? 62
Vilken effekt skulle detta ha på försurande deposition över Sverige? 65
Specifika resultat för SO_2 69
Framåtblickande utsläppsbanor för SO_2 till 2030 72
Kopplingen mellan SO_2 och klimatpolitik? 74

DISKUSSION **76**

SLUTSATSER **79**

REFERENSER **81**

APPENDIX 1 **87**

APPENDIX 2 **88**

APPENDIX 3 **93**

APPENDIX 4 **94**

APPENDIX 5 **95**

APPENDIX 6 **96**

APPENDIX 7 **103**

Sammanfattning och Rekommendationer

SMED har på uppdrag av Naturvårdsverket analyserat vilka utsläpp och vilken deposition av försurande som hade kunnat bli resultatet om Sverige och Europa INTE infört styrmedel för att begränsa utsläpp av försurande ämnen. Studiens främsta syfte var att ge kunskapsunderlag om vilka styrmedel som kan antas fungera i framtida nationellt arbete med miljömålet ”Bara Naturlig Försurning”.

Genom litteraturgenomgång, intervjuer och egna analyser har vi studerat hur Sveriges och Europas utsläppsminskning under perioden 1970-2012 har förverkligats. För perioden före 1990 har vi gjort en genomgång av redovisade utsläpp i Sverige och i några europeiska länder. För perioden 1990-2012 (samt för vissa sektorer 2012-2030) har vi gjort egna kvantitativa analyser. Dessa kvantitativa analyser genomfördes främst genom att beräkna alternativa utsläppsbanor för perioden, där hänsyn tagits till styrmedel direkt riktade mot de försurande ämnena men också ”åtgärder” som kunnat hänföras till strukturomvandling och resurseffektivering i processindustrin. I dessa alternativa utsläppsbanor lät vi utsläppsbegränsningar för ett givet år ligga konstant för resten av analysperioden. Resultaten från beräkningar gav alternativa utsläppsbanor i vilka effekten av utsläppsbegränsningar kunde identifieras. Studiens huvudbudskap och rekommendationer från författarna är följande:

- Styrmedel med det direkta syftet att minska utsläppen av SO_2 har sedan 1990 svarat för över hälften av Sveriges utsläppsminskningar, och ~17 % av den minskade svaveldepositionen över Sverige.
- Utsläppskrav i transportsektorn har haft stor betydelse för att minska utsläppen av NO_x och effekten förväntas fortsätta vara stor till 2030. Av utsläppsminskningen NO_x mellan 1990 och 2010 svarade mobila källor för 77 %. Denna andel beräknas öka till 83 % till 2030. Om Danmark, Finland, Polen, Sverige och Tyskland INTE genomfört åtgärder för att minska utsläpp från mobila källor skulle medeldepositionen av oxiderat kväve över Sverige kunnat vara ~18 % högre än beräknat år 2010, och ~33 % högre än prognosticerat år 2030.
- Strukturomvandling och resurseffektivisering inom processindustrin har påverkat utsläpp även under perioden 1970-2012. Denna påverkan beaktas inte särskilt vid utformande av utsläppsprognoser och utformande av styrmedel. Denna möjlighet till

utsläppsminskning skulle kunna uppmärksammas mer vid utformning av framtida styrmedel

- I dagens Sverige har klimat- och energipolitiken, som fokuserar på förbränning och användning av biobränsle, mycket liten påverkan på utsläpp av SO_2. En ändrad inriktning på klimat- och energipolitiken med mer fokus på sol- och vindenergi och energieffektivisering skulle dock ge en betydande potential för samverkansfördelar mellan växthusgaser och SO_2. För att uppnå detta behöver dagens styrmedel korrigeras. Samma förutsättningar gäller även för NO_x.
- Hälften av Sveriges kvarstående utsläpp av SO_2 år 2030 (knappt 15 000 ton) beräknas härstamma från industriella processer och här kan finnas potential för fortsatta åtgärder. Eftersom det idag saknas tillfredsställande underlag beträffande såväl möjligheter som deras kostnader föreslår vi en grundligare genomgång kring möjligheterna. Utsläppsminskningspotential från en ytterligare ökad återvinning/insamling av avfall och restprodukter bör ingå i en sådan studie och internationella jämförelser bör göras.
- Resten av Sveriges SO_2-utsläpp kan till största del hänföras till energisektorn (stationär förbränning). Som komplement till fortsatta reningstekniska åtgärder kan man här inrikta sig mot klimatåtgärder som innebär minskad förbränning.
- För NO_x, där utsläppen med nuvarande åtgärder beräknas minska från dagens cirka 140 000 ton till drygt 80 000 ton 2030, beräknas de återstående utsläppen till 35 % komma från mobila källor och återstoden från stationär förbränning. För ytterligare åtgärder för mobila källor vill vi lyfta transporteffektivisering samt övergång till andra energibärare (el, laddhybrid) som två viktiga åtgärdsmöjligheter, där åtgärderna dessutom kan drivas av klimatpolitik.
- För att fortsätta minska utsläpp av NO_x från stationära källor kan förutom minskad förbränning även installation av reningsanläggningar vara viktiga åtgärder. Den nuvarande NO_x-avgiften utgör inte en tillräcklig drivkraft för dessa åtgärder. Klimatstyrmedel som innefattar stöd till investeringar i förnybar energi bör också ses över så att de inte ger ökade NO_x-emissioner.

Summary and Recommendations

Assigned by the Swedish Environmental Protection Agency SMED has analysed which emission levels, and what deposition levels of acidifying compounds, would have been the result if Sweden and Europe did not implement targeted policy instruments in order to reduce emissions. The main purpose of the study was to give analytical support to the question of which policy instruments that can be considered as effective for future efforts to achieve the Swedish Environmental Quality Objective *Natural Acidification Only*.

By using a literature survey, interviews and our own analysis we have studied how the emission reductions taking place during 1970-2012 have been realised. For the period up until 1990 we have reviewed the literature regarding how the emission reductions were implemented in both Sweden and selected countries. For the period 1990-2012 (and for some sectors 2012-2030) we made our own quantitative analysis. These quantitative analyses were performed by calculating alterative emission pathways for the period. For these pathways we considered policy instruments directly aimed at reducing emissions of acidifying compounds, but also "measures" that can be contributed to structural changes and improved resource efficiency in the Swedish process industry. In these alternative emission pathways we fixed the emission limits values corresponding to the value a given year while letting other parameters of relevance for emissions evolve over time, as they did according to reported emission inventories. The results from our calculations gave alternative emission pathways in which the effect of policy instruments directed towards reduced emissions of acidifying compounds could be identified. The main messages from the study and recommendations from the authors are the following:

- Policy instruments with the direct aim to reduce emissions of SO_2 has since 1990 been responsible for more than half of Sweden's emission reductions, and ~17% of the reduced sulphur deposition over Sweden.
- The use of emission standards in the transport sector has been important means to reduce emissions of NO_x, and the impact is expected to be important until 2030. Of the total Swedish emission reduction during 1990-2010, emission reductions from mobile sources were responsible for 77%. This share is expected to increase to 83% by 2030. If selected countries (Denmark, Finland, Germany, Poland and Sweden) had not implemented emission standards the average deposition of oxidised nitrogen would have been ~18%

higher than a comparative baseline emission pathway in 2010, and ~33% higher than projected in 2030.

- Structural changes and improved resource efficiency within the process industry has had an impact throughout the period 1970-2012. This impact is regularly not explicitly considered in emission projections and the design on policy instruments. This possibility to reduce emissions should be given more attention during the design of future policy instruments.
- Swedish climate and energy politics, focused on combustion and use of bio fuels, have very little impact on emissions of SO_2. Changed focus in Swedish climate and energy politics, with more attention to solar and wind energy as well as energy efficiency would however give a substantial potential for synergies between emission reductions of greenhouse gases and SO_2. In order to achieve this, the climate policy instruments currently in use need to be adjusted. The same conditions apply for synergies between emissions of greenhouse gases and NO_x.
- Half of the remaining SO_2 emissions in Sweden 2030 (~15 000 tons) are estimated to come from industrial processes and this area could be a potential for further emission reductions. Since there is a lack of satisfactory support today concerning both available options, as well as their costs, we suggest a thorough analysis of emission abatement opportunities in the industrial sector. The potential to reduce emission by increased use of recycled and waste materials should be included, and international comparisons should be made in such an analysis.
- The remaining Swedish SO_2 emissions can be, to the largest part, contributed to the energy sector (stationary combustion). As a complement to emission removal technologies, greenhouse gas emission abatement measures can be considered as long as they imply reduced combustion.
- For NO_x emissions, where emissions are expected to decrease from 140 000 ton today to ~80 000 ton in 2030, the remaining emissions are expected to be constituted by 35% from mobile sources and the remainder from stationary sources. More measures applicable to mobile sources include improved transport efficiency and a transition to other energy carriers (electricity and hybrids) as two important abatement measures. Furthermore, these measures can be motivated by climate policies.
- In order to continue emission reductions of NO_x from stationary sources one should consider the installation of emission reduction

technologies as well as reduced combustion when producing electricity. The current NO_x fee does not constitute a sufficient driving force for the implementation of these measures. Climate policies that include investment support to renewable energy should be reviewed so that they do not provide financial support to increased NO_x emissions.

Överblick utsläppsbanor

I denna rapport presenteras resultat från ett antal utsläppsberäkningar. Dessa beräkningar är gjorda för separata utsläppsbanor. Med utsläppsbana syftar vi på hur utsläpp utvecklar sig över tid givet vissa specifika förutsättningar. Vi använder ordet utsläppsbana istället för ord som scenario eller prognos eftersom våra beräkningar går både framåt och bakåt i tiden. För att underlätta för läsare presenterar vi dessa utsläppsbanor i början på rapporten för att deras innebörd skall vara lätt att hitta. Följande utsläppsbanor nämns i rapporten. Dessa utsläppsbanor är de huvudsakliga, men har i rapporten ibland tilläggsnamn i de fall vi studerat en specifik sektor.

Utsläppsbana	Förklaring
Gällande lagstiftning	**Gällande lagstiftning** är den term som används för att beskriva faktiska eller prognosticerade utsläpp för ett givet år. Med faktiska utsläpp menar vi de utsläppsnivåer som officiellt rapporteras från Sverige och övriga länder i Europa till EU, UNECE, och UNFCCC. Samma gäller för prognosticerade utsläpp.
Ingen utsläppskontroll	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn hålls så hög som möjligt genom att vi antar total frånvaro av utsläppsrenande tekniker och rena bränslen.
Utsläppsbegränsning 1990	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn hålls för varje sektor och bränsle på 1990 års nivå för alla beräknade år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 1995	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 1995, varefter den hålls konstant för varje sektor och bränsle för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 2000	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 2000, varefter den hålls konstant för varje sektor och bränsle för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 2005	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 2005, varefter den hålls konstant för varje sektor och bränsle för alla efterföljande år i utsläppsbanan.

Utsläppsbegränsning 2010	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn. Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram tills år 2010, varefter den hålls konstant för varje sektor och bränsle för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 1990 mobila källor	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn för utsläpp från mobila källor (vägtransporter, arbetsmaskiner, nationell sjöfart). Utsläppsfaktorn hålls för alla mobila källor och bränslen på 1990 års nivå för alla beräknade år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 1995 mobila källor	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn för utsläpp från mobila källor (vägtransporter, arbetsmaskiner, nationell sjöfart). Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 1995, varefter den hålls konstant för alla mobila utsläppskällor och bränslen för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 2000 mobila källor	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn för utsläpp från mobila källor (vägtransporter, arbetsmaskiner, nationell sjöfart). Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 2000, varefter den hålls konstant för alla mobila utsläppskällor och bränslen för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 2005 mobila källor	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn för utsläpp från mobila källor (vägtransporter, arbetsmaskiner, nationell sjöfart). Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 2005, varefter den hålls konstant för alla mobila utsläppskällor och bränslen för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Utsläppsbegränsning 2010 mobila källor	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**, förutom utsläppsfaktorn för utsläpp från mobila källor (vägtransporter, arbetsmaskiner, nationell sjöfart). Utsläppsfaktorn är samma som i **Gällande lagstiftning** fram till år 2010, varefter den hålls konstant för alla mobila utsläppskällor och bränslen för alla efterföljande år i utsläppsbanan.
Specifika utsläppsbanor för SO_2	
Sverige år 2010 i 2000 års Europa	Denna utsläppsbana beräknas endast för år 2000 och används endast för jämförelser av alternativa nivåer på försurande deposition över Sverige. Den antar att Sveriges utsläpp är i nivå med **Gällande lagstiftning** för år 2010, medan övriga Europa har utsläpp i nivå med **Gällande lagstiftning** för år 2000.
Strukturomvandling och resurseffektivisering	Denna utsläppsbana beräknas endast för sektorn Industriella Processer. Utsläppsbanan visar påverkan på utsläpp av strukturomvandling och att industrins processer krävt mindre användning av råmaterial för att producera sina slutprodukter.

Utsläppsbegränsning 1990 exkl. strukturomvandling & effektivisering	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**. Denna utsläppsbana beräknas endast för sektorn Industriella Processer. Utsläppsbanan visar påverkan på utsläpp om industrins **utsläpp per mängd slutprodukt** varit konstant på 1990 års nivåer för hela tidsperioden
Utsläppsbegränsning 1990 inkl. strukturomvandling & effektivisering	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**. Denna utsläppsbana beräknas endast för sektorn Industriella Processer. Utsläppsbanan visar påverkan på utsläpp om industrins **utsläpp per mängd råvara** som använts varit konstant på 1990 års nivåer för hela tidsperioden
Reglering av bränsle i industri- och energiproduktion	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**. Denna utsläppsbana beräknas endast för Energi- & Transportsektorn. För utvalda stationära delsektorer hålls utsläppsfaktorn konstant på 1990 års nivå för hela tidsperioden.
Reglering av marin dieselolja	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**. Denna utsläppsbana beräknas endast för Energi- & Transportsektorn. För användning av marin dieselolja inom sektorn hålls utsläppsfaktorn konstant på 1995 års nivå för hela tidsperioden från 1995.
Reglering av dieselbrännolja	Underlaget för beräkning av utsläpp är samma som för **Gällande lagstiftning**. Denna utsläppsbana beräknas endast för Energi- & Transportsektorn. För användning av dieselbrännolja inom sektorn hålls utsläppsfaktorn konstant på 1995 års nivå för hela tidsperioden från 1995.

Introduktion

Denna rapport sammanfattar resultaten från projektet **Effekter av styrmedel av betydelse för ”Bara naturlig försurning” under perioden 1970-2030, med fokus på den historiska utvecklingen** som SMED utfört på uppdrag av Naturvårdsverket under december 2013-oktober 2014 (avtalsnr: NV-08840-13). Studien har även till viss del finansierats genom forskningsprogrammet Swedish Clean Air & Climate Research Programme (www.scac.se). Studien har genomförts av Helena Danielsson, Peringe Grennfelt, Ingrid Mawdsley, Katarina Yaramenka och Stefan Åström, IVL, samt Annika Gerner, SCB.

Syftet med studien har varit att ta fram kunskapsunderlag om vilka styrmedel som faktiskt kan antas fungera i framtida nationellt arbete med miljömålet ”Bara Naturlig Försurning”. Dessutom har studien syftat till att generera underlag till de internationella förhandlingarna om lämpliga utsläppsnivåer för Sverige inom det av EU-kommissionen nyligen presenterade Clean Air Policy Package. Studiens huvudsakliga mål har varit att identifiera vilka styrmedel som varit mest effektiva för att minska problemet med deposition av försurande ämnen i Sverige under tiden fram tills idag. Ett annat mål har varit att ge underlag till vilka styrmedel som kan väntas vara mest effektiva under perioden från nutid fram till 2030. Med effektiv menas i denna rapport stor påverkan på faktiskt/modellerat nedfall av försurande ämnen i Sverige.

Försurning av sjöar och skogsmark uppmärksammades som ett viktigt miljöproblem i Sverige och Europa från 60-talet och framåt. Försurningen orsakas främst av deposition av svavel och kväve, som i sin tur, genom kopplingarna till vätejoner, orsakar utlakning av för marken viktiga baskatjoner och lösning av oorganiskt aluminium till markvatten. Olika marktyper har varierande känslighet, men försurning har varit ett mycket stort problem i stora delar av Skandinavien med omnejd, och är fortfarande ett problem (Akselsson et al., 2007). Miljömålet ”Bara Naturlig Försurning” är ett av de mål som inte beräknas nås till målåret 2020 (Naturvårdsverket, 2012). Av främst intresse för denna studie är följande specificering av miljömålet:

”*Nedfallet av luftburna svavel- och kväveföreningar från svenska och internationella källor medför inte att den kritiska belastningen för försurning av mark och vatten överskrids i någon del av Sverige.*”

Deposition av svavel och kväve i Sverige orsakas till mycket stor del av utsläpp i andra Europeiska länder (Fagerli et al., 2012) och det är därför

viktigt för den svenska försurningsproblematiken vilka åtgärder, styrmedel, och policys som implementeras i andra länder och inom EU. Av de 64 kiloton (kton) svavel och 78 kton oxiderat kväve som deponerades över Sverige år 2010 var ca en tiondel från Sverige. För reducerat kväve var det nationella bidraget större, det svenska bidraget stod för nästan en tredjedel av de totala 59 kton reducerat kväve som deponerades över Sverige (Fagerli et al., 2012).

Det internationella arbetet med att minska utsläpp av försurande ämnen påbörjades ordentligt först 1979 i och med skapandet av Luftvårdskonventionen (CLRTAP), medan länder som Sverige påbörjade arbetet med att minska sina utsläpp omkring tio år tidigare. Utsläppsminskningarna har varit stora sedan dess och ett antal internationella protokoll och direktiv har förhandlats fram och ratificerats. På hemmaplan har ett stort antal lagar och styrmedel implementerats under perioden. Det är främst effekten av dessa lagar och styrmedel som denna studie försökt analysera.

Vilka faktorer påverkar utsläpp?

Utsläppsnivåer påverkas av många faktorer. De grundläggande faktorerna som orsakar utsläpp är ekonomisk aktivitet, vilka bränslen som används för att driva denna aktivitet samt vilka industriella tillverkningsprocesser som finns i ett land. Dessa grundläggande faktorer påverkas av till exempel ändrade relativpriser av viktiga bränslen för el- och värmeproduktion (främst kol, olja, gas), ändrade relativpriser på drivmedel (främst bensin- och diesel) samt energieffektivisering. Denna påverkan bidrar även till utsläppsändringar. Utöver dessa faktorer kommer även påverkan av miljöpolicys och styrmedel, som ofta påverkar om och vilken utsläppsreningsteknik som används. Ändringar i utsläpp utgörs i grova drag av ändringar i ekonomisk aktivitet (BNP), ändringar i energieffektivitet (energi/BNP), ändringar i energimix, samt utsläppsbegränsningar genom användning av reningsteknik eller rena bränslen (Rafaj, Amann et al. 2014).

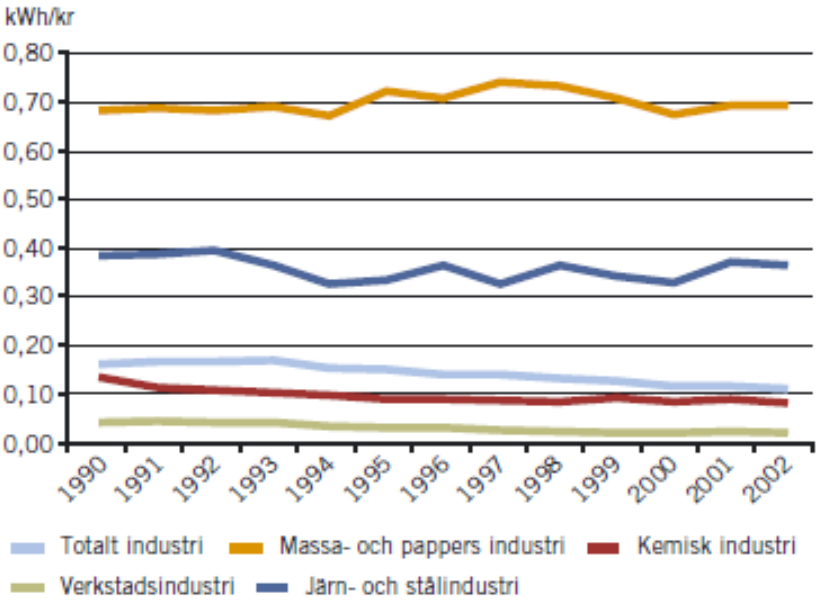
Ekonomisk aktivitet

Europa och Sverige har sedan tiden efter andra världskriget haft en kraftig ekonomisk tillväxt. Historisk statistik sträcker sig inte långt tillbaka i tiden men en snabb beräkning baserad på Världsbanken uppskattningar visar att Sveriges BNP ökat från ~1600 miljarder kronor år 1980 till ~3000 miljarder kronor år 2010 (beräknat med 2005 års penningvärde). [1]

[1] http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?page=6, åtkomst 2014-10-03

Ändrad energi-effektivitet

Under åren som har gått från 1960-2010 har energieffektivisering skett både på tillförsel och på efterfrågesidan. Kol-, olje-, och gaskraftverk har högre verkningsgrader idag än vad deras motsvarigheter hade på 70-talet. Bilden är något mer blandad på efterfrågesidan. Hushållsektorn har minskat sin energiförbrukning per boyta, medan industrin verkar ligga något sånär still avseende energiförbrukning per krona förädlingsvärde.



Figur 1: Specifik energianvändning per krona produktionsvärde (2000 års prisnivå) (Miljödepartementet 2005)

Energieffektivitet i ett lands samlade ekonomi nås även genom strukturomställningar i ekonomin i de fall där vissa sektorers ekonomiska värden ökar som andel av BNP. I Europas fall exemplifieras detta med den växande service-sektorn, som ofta har lägre energiintensitet än tillverkningsindustrin.

Ändringar i bränslemix

Sveriges och Europas användning av bränslen har ändrats mycket sedan 70-talet. Denna omställning påbörjades tidigt och fick extra fart under de två oljekriserna på 70-talet, vilka tydligt påminde Västeuropas ekonomier om hur oljeberoende och därmed beroende av OPEC man var.

Utsläppsbegränsning

Tekniker för att rena utsläpp har utvecklats och använts i allt högre grad från 1960-talet och framåt. Till denna grupp påverkansfaktorer inkluderas även användning av rena bränslen, något som haft stor påverkan på de europeiska försurande utsläppen. Gemensamt för det som i denna rapport klassas som

Utsläppsbegränsning är att det påverkar en aktivitets utsläppsfaktor (utsläppsfaktor = utsläpp/aktivitet). Bränslen med lågt svavelinnehåll, användning av skrubber för att minska svavelhalter i rökgaser, samt SCR för att minska NO_x-halter i rökgaser tillhör vanligt förekommande och diskuterade utsläppsbegränsningsmetoder. Det är denna påverkansfaktor som varit i fokus för våra analyser i denna studie.

Övriga faktorer som påverkar utsläpp och deposition

Ekonomiska kriser samt extraordinära politiska skeenden som Berlinmurens fall och Sovjetunionens kollaps påverkar utsläpp i Europa. Vissa faktorer kan utgöras av en sammansatt mix av påverkan. Ett sådant exempel är Storbritanniens omställning av energisystemet från ett energisystem till stor del baserat på kolanvändning till ett energisystem till stor del baserat på naturgasanvändning. Denna omställning anses som hårt pådriven av dåvarande premiärminister Margret Thatcher i frontalkamp med starka fackföreningar inom kolbrytningsindustrin, med en underton av kamp mellan ideologier (SVT världens historia, 2013). Men omställningen drevs även av ändrade relativpriser mellan gas och kol, där kolkraft i Storbritannien under 80-talet blivit olönsamt. Effekten denna typ av händelser har tyvärr inte gått att analysera i denna studie.

Även samhällets konstruktion kan vara viktigt för hur utsläpp ökar eller minskar. Ett exempel av relevans för denna studie är omställningen i ägarskap av Europas stora energibolag. Fram till början på 90-talet var staten till stor del ansvarig för produktion av el-, värme och drivmedel i många av Europas länder. Statens politiska mål kunde därmed ha relativt stort inflytande på hur bolaget sköttes och verkade. Därefter har det skett en avreglering av elmarknaden. Idag är de största bolagen (som är mycket stora) drivna under vinstmaximerande aktiebolagsprinciper, om än ofta fortfarande med stort statligt ägande. Effekten av dessa omställningar på utsläpp och deposition är än så länge såvitt vi vet inte studerat, så det är oklart i vilken omfattning detta lett till utsläppsminskningar eller utsläppsökningar. Inte heller i denna studie har vi kunnat studera denna effekt, men det är ett intressant uppslag för fortsatt forskning.

Rapportens upplägg

I följande delar av rapporten presenteras först de avgränsningar vi fått göra för att kunna analysera de frågeställningar som ställts. Därefter presenteras metod och data. Resultaten presenteras i två delar. Först ges en återblick av vad som faktiskt har hänt under perioden. Därefter presenterar vi våra

beräkningar som visar vad som kunde ha hänt med utsläpp och deposition av försurande ämnen om inte utsläppsbegränsningar trätt i kraft. Dessa resultat sammanfattar vi som kontrafaktiska resultat. Rapporten avslutas med diskussion och slutsatser.

Hur har vi valt att presentera studiens resultat?

De luftföroreningar som vi har fokuserat på i denna studie har varit SO_2 och NO_x, och i den ordningen. Den tidsperiod som vi fokuserat på har varit 1990-2010/2012, av skälet att det var för denna period som konsistenta data fanns tillgängliga. Däremot så är perioden mellan 1970-1990 den med störst faktiska utsläppsminskningar, och perioden efter 2020 den med störst påverkan på fortsatt policyutveckling. Därför har vi i rapporten valt att börja resultatredovisningen med en återberättelse av vad som hände och vilka faktorer som spelade roll för de minskade utsläppen. Därefter följer resultaten från egna kvantitativa analyser för SO_2 och NO_x.

Resultaten visas dessutom för olika tidsperioder. Vi har valt att redovisa all relevant data istället för att redovisa resultat för en konsistent tidsperiod. Detta för att ge läsaren största möjliga mängd information. Därmed råder vi läsaren att vara vaksam över vilken tidsperiod som vi redovisar resultat för. Redovisade tidsperioder skiljer sig åt beroende på analysmetod, utsläppstyp, land, sektor, men även beroende på om vi redovisar utsläpp eller deposition.

Avgränsningar och antaganden

Denna studie har haft en bred frågeställning men varit begränsad framförallt av tillgången på data och analysmetoder. Det är därför viktigt att specificera tydligt vilka avgränsningar som har gjorts för analyserna och vilka övriga förutsättningar som har påverkat studiens resultat.

De utsläpp som främst analyserades inom studie är försurande utsläpp av svaveldioxid (SO_2) och kväveoxider (NO_x = NO och NO_2). Dessa deponeras sedan som försurande ämnen i form av oxiderat svavel (S) och oxiderat kväve (oxN). Fokus har legat på SO_2 och svavel då dessa är centrala för Sveriges försurningsproblematik. Ammoniakutsläpp (NH_3) har till viss del beaktats, men inte i egna analyser. Den tidsperiod för analyser som ursprungligen efterfrågades av Naturvårdsverket var 1970-2030. Tillförlitliga data fanns dock inte tillgängligt innan 1980, och egna kvantitativa analyser kunde bara genomföras från 1990 och framåt. Därför blev studiens fokusperiod 1990-2010, med vissa sektorsspecifika utsträckningar framåt i tiden. Utsläpps- och depositionsanalyser genomfördes i femårsintervall p.g.a. begränsningar i de tillgängliga metoderna. I den mån som historiska data funnits har vi däremot valt att rapportera dessa, även om detta lett till att resultat med flera olika basår och tidsintervall presenteras i rapporten.

Kvantitativ analys med kompletterande litteraturstudie

De analysmetoder och data som varit tillgängliga har främst tillåtit kvantifiering av svenska styrmedel och svenska utsläpp. Därför har främst litteraturstudier använts för att belysa effekter på försurningen i Sverige av styrmedel implementerade i andra europeiska länder. Litteraturstudier och expertintervjuer har använts även som underlag för tidsperioden innan 1990 då det inte fanns någorlunda tillförlitliga data lämpliga för egna kvantitativa analyser.

Endast direkta effekter har beräknats

Styrmedel med avsikt att minska utsläpp av försurande ämnen kan i praktiken påverka utsläpp på flera olika sätt. Även om styrmedel varit designade som en utsläppsbegränsning för att påverka vilka utsläppsfaktorer som skall gälla för en viss sektor och bränsle, kan utsläpp även ha påverkats på andra indirekta sätt. Dels genom att styrmedlet påverkat vilka bränslen som använts, dels vilka sektorer som gynnats ekonomiskt, samt även gett

incitament till extra insatser för att effektivisera energianvändning. Styrmedel kan även påverka investeringskalkyler och val att bygga nya eller lägga ner anläggningar. I denna studie har endast påverkan på bränsle- och sektorsspecifika utsläppsfaktorer analyserats, d.v.s. direkta effekter.

De övriga påverkande faktorerna som presenterats ovan lämnades utanför den kvantitativa analysen, men påverkan av dessa diskuteras i rapporten. I en utökad analys skulle man kunna ha genomfört energisystemmodellering med alternativa bränslepriser och energiproduktionspriser och verkningsgrader. Motsvarande skulle kunna göras för transportsektorn och för den ekonomiska tillväxten i samhället, men sådana analyser har legat utanför ramarna för denna studie.

Viktigaste antaganden i denna studie

Från dessa avgränsningar följer att vi gör två viktiga antaganden i denna studie:

1. Vi antar att utsläppsfaktorer endast ändras på grund av lagar och regleringar.
2. Lagar och regleringar har endast direkta effekter på utsläpp av luftföroreningar.

Antagande 1 råder det såvitt vi vet relativ konsensus kring. Till exempel har det visat sig att utsläppsrening verkar väljas före investeringar i annan miljöteknik för större företag (Hammar and Löfgren 2007). Det enda större undantaget från detta antagande skulle vara för SO_2 när Sverige började importera olja från länder vars råolja innehåller relativt lite svavel. Ett sådant exempel kan vara oljeimport från Norge, vars svavelhalt verkar ligga under svavelhalter för olja från de större oljeproducenterna i mellanöstern (Duissenov 2013).[2] Ökad import av norsk olja har däremot rimligtvis skett främst innan 1990, och är därmed inte av stor vikt för våra resultat.

Antagande 2 kan man ha invändningar mot, och som presenteras senare i rapporten antyder historiska exempel att detta antagande inte håller i varje enskild situation. Däremot finns det från litteraturen referenser som stödjer detta antagande. Framförallt genom studier av hur miljöstyrmedel INTE har påverkat ändrade bränslemixer i utvalda delar av energisystemet (Pock 2010, Andersen, Nilsen et al. 2011). Så för denna studies syfte anser vi att antagande 2 håller.

Ytterligare ett antagande vi gör är att utsläppsfaktorer ändras **efter** att en lag eller reglering införts, inte innan.

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_crude_oil_products, åtkomst 2014-08-31

Metod och data

Kontrafaktisk parameteranalys

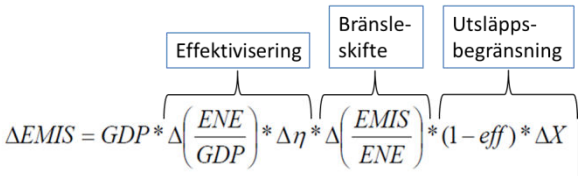
I denna studie har litteraturstudier och egna analyser använts för att analysera vilka styrmedel som har haft effekt på depositionen av försurande ämnen i Sverige. Analysen har varit kontrafaktisk då vi beräknat alternativa utsläpp för en historisk period för vilken vi redan känner till de faktiska utsläppen. Dessa alternativa utsläpp sammanställs olika utsläppsbanor. Då denna studie blickar bakåt i tiden använder vi termen utsläppsbana istället för scenario. Den egna analysen har genomförts genom en förenklad variant av *decomposition analysis* (Hoekstra and van der Bergh 2003). I denna metod beräknas utsläpp som en funktion av tre huvudfaktorer:

- energiintensitet i ekonomin
- bränslemix
- utsläppsfaktorer (påverkas av utsläppsbegränsningar)

Utsläppsminskningar beror då på ändringar i dessa faktorer:

- Lägre energiintensitet (=högre energieffektivitet)
- Bränsleskiften
- Lägre utsläppsfaktorer (genom utsläppsbegränsningar)

Då fokus i denna studie har legat på styrmedel som påverkar utsläpp av försurande ämnen så analyserade vi främst olika ambitionsnivåer på utsläppsbegränsning, vilket är den faktor som främst antas påverkas av försurningsrelaterade styrmedel (Rafaj, Amann et al. 2012). I och med att endast en faktor ändrats är parameteranalys ett mer rättvisande namn på den metod vi använde i denna studie.

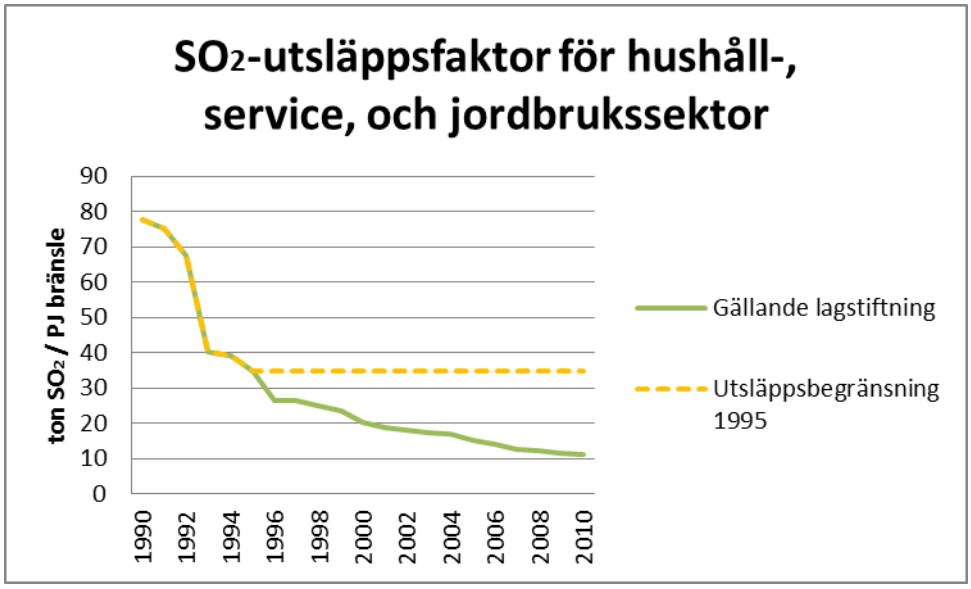


Ekvation 1: Princip för beräkning av utsläppsminskning i en *decomposition analysis* (Rafaj, Amann et al. 2012)

$$\Delta EMIS = GDP * \Delta\left(\frac{ENE}{GDP}\right) * \Delta\eta * \Delta\left(\frac{EMIS}{ENE}\right) * (1 - eff) * \Delta X$$

Ekvation 2: Den parameter som analyserats i denna studies kvantitativa del illustreras med den röda fyrkanten

I analysens grundgenomförande har vi ändrat nivå på utsläppsbegränsning (utsläppsfaktor) för att simulera ändrade bestämmelser och lagar. Med hjälp av dessa ändrade utsläppsbegränsningar (utsläppsfaktorer) har sedan utsläpp räknats om för olika utsläppsbanor. Figur 2 och Tabell 1 visar exempel på hur utsläpp för alternativa utsläppsbanor beräknats.



Figur 2: Jämförelse av SO_2-utsläppsfaktorer över tid för utsläppsbanorna *Gällande lagstiftning* och *Utsläppsbegränsning 1995*. Den enda skillnaden mellan utsläppsbanorna som analyseras i denna rapport är vilken utsläppsfaktor som varit grund för utsläppsberäkning.

I denna studie är det alltså i alla analyser (förutom särskilda analyser av mobila källor) endast ambitionsnivån på utsläppsbegränsning (utsläppsfaktor) som har justerats, varpå utsläppsberäkningarna har gjorts om. Exempel på utsläppsberäkningsunderlag ges i Tabell 1.

Tabell 1: Jämförelse avseende energianvändning, SO_2-utsläppsfaktorer, och SO_2-utsläpp i sektorerna hushåll, jordbruk, och service (CRF-sektor 1A4[3]) för två olika utsläppsbanor (se Appendix 1 för förklaring av CRF-koder)

Utsläppsbana	Parameter	Enhet	1990	1995	2000	2005	2010
Gällande lagstiftning	Energi-användning	[PJ]	162	150	125	94	80
	SO_2-utsläppsfaktor	[ton/PJ]	78	35	21	15	11
	SO_2-Utsläpp	[ton]	12 626	5 250	2 625	1 410	880
Utsläpps-begränsning 1995	Energi-användning	[PJ]	162	150	125	94	80
	SO_2-utsläppsfaktor	[ton/PJ]	78	35	35	35	35
	SO_2-Utsläpp	[ton]	12 626	5 250	4 375	3 290	2 800

Omräkning av utsläpp från Energi- & Transportsektorn

För beräkning av utsläpp från förbränning i Energi- & Transportsektorn (CRF sektor 1[4]) har vi utgått från officiella bränsledata och officiellt rapporterade utsläppsfaktorer och justerat dessa utsläppsfaktorer med avseende på vilket styrmedel som analyserats. Utsläppsberäkningen har då för varje sektor och bränsle följt den enkla ekvationen:

$$E = A * ef$$

Där:

E = utsläpp
A = bränsle
ef = utsläppsfaktor (inkl. effekt av rening)

Mobila källor (del av CRF sektor 1).
I de fall då vi analyserat styrmedel riktade mot utsläpp från mobila källor har vi inte ändrat utsläppsfaktor direkt, utan istället vilka reningstekniker (Euro-utsläppskrav och liknande) som använts i en given utsläppsbana. Utsläppsberäkningen har då utförts för varje bränsle, transportslag, och reningsteknik enligt:

$$E = A * ef * (1 - eff) * X$$

[3] CRF = Common Reporting Format. Ett klassificeringssystem för fördelning av utsläpp till olika sektorer. CRF används vid rapportering av växthusgasutsläpp och är i stort sett samma format som det NFR-format som används vid rapportering av luftföroreningar (NFR = Nomenclature For Reporting).
[4] CRF sektor 1 benämns egentligen Energisektor, men för att förenkla för läsaren förtydligar vi i denna rapport att även utsläpp från transporter ingår i CRF 1.

Där:
E = utsläpp
A = bränsle
ef = utsläppsfaktor (icke renade utsläpp)
eff = teknikspecifik utsläppsreningsgrad (% av ef/100)
X = användning av reningsteknik (% av bränsle/100)

De utsläppsfaktorer som använts är de som motsvarar verklig körning och som rapporterats i (Borken-kleefeld and Ntziachristos 2012).

Omräkning av utsläpp från Industriprocesser

För sektorn Industriprocesser (CRF 2) redovisas i den svenska utsläppsrapporteringen endast totala utsläpp. Dessa är i sin tur baserade på inrapporterade utsläpp till tillsynsmyndigheterna och/eller på industriföretagens årliga miljörapporter. För att kunna bedöma ett styrmedels effekt på dessa utsläpp behövdes därför ytterligare information. Nedanstående text beskriver hur vi beräknat utsläppsfaktorer för de större anläggningarna i CRF 2 (ca 80 % av de totala utsläppen). Därefter följer en beskrivning av hur vi beräknat alternativa utsläpp för övriga utsläppskällor inom CRF 2.

Stora anläggningar med god datakännedom

Information om produktionsmängder har samlats in från företagens miljörapporter. För järn-och stålindustrin har data på använd mängd anrikad slig och producerad mängd produkt samlats in. För pappers- och massaindustrin har data på producerad mängd pappersmassa, uppdelat i kemisk och mekanisk massa, samlats in. Baserat på denna information har indirekta utsläppsfaktorer kunnat beräknas.

För järn-och stålindustrin och NFM (Non-Ferrous Metals, d.v.s. metaller som zink, koppar m.m.) beräknades den indirekta utsläppsfaktorn ut som
IEF = totala utsläpp/mängd råvara.

För pappers- och massaindustrin beräknades den indirekta utsläppsfaktorn ut som
IEF = totala utsläpp/mängd kemisk pappersmassa

Denna indirekta utsläppsfaktor är, till skillnad från de utsläppsfaktorer som används inom CRF 1, påverkad av förändringar i produktkvalitet och resurseffektivisering. För CRF 1 ges från SMED-data utsläppsfaktor per enhet primärenergi. Detta gör att energieffektivisering vid produktion av el, värme, eller transporter (samtliga produkter av primär energi) inte påverkar utsläppsfaktorn mätt som utsläpp per mängd primärenergi. Däremot syns

effekten av energieffektivisering på den mängd energi som faktiskt använts inom respektive sektor, och ligger därmed med i våra utsläppsberäkningar.

Då energieffektiviseringens påverkan på utsläpp från CRF 1 redan fanns inkluderad i energistatistiken har vi valt att även inkludera motsvarande påverkan på utsläpp för CRF 2. För CRF 2 har vi därför beräknat två alternativa utsläppsbanor, ett inklusive påverkan av förändringar i produkt & produktkvalitet och effektivisering, ett utan. Detta gav oss även möjlighet att analysera hur förändad produktion, produktkvalitet och resurseffektivisering inom processindustrin påverkar utsläpp. Industrins produktion förändras kontinuerligt med flera starka drivkrafter till förändring. Av störst relevans för denna studie är att produktion sker i större och större skala, att nya typer av produkter ersätter gamla och att kvaliteten hos produkterna ändras (vanligtvis ökar) och att resursutnyttjandet blir effektivare (kan delvis orsakas av ökad storskalighet). Det var tyvärr inte möjligt att separera dessa förändringars effekter på utsläpp baserat på de data vi haft tillgång till, utan den samlade påverkan på utsläpp analyserades i denna studie och representerades med samlingsnamnet ”strukturomvandling och resurseffektivisering”. I huvudresultaten presenteras utsläppsbanor inklusive påverkan från strukturomvandling och resurseffektivisering inom CRF 2.

För NFM-sektorn användes antaganden kring strukturomvandling och resurseffektivisering från rapporten *Australias low carbon future* (2008) (Commonwealth of Australia 2008), där resurseffektivisering för NFM-sektorn angavs som 1,7 % per år i Europa. Detta värde antog vi inkluderade effekter av strukturomvandling.

För järn- och stålindustrin har vi beräknat strukturomvandling och resurseffektivisering som:

Eff = År 1[Produkt (ton)/insats(ton)] / År 2 [Produkt (ton)/insats(ton)] - 1

För pappers- och massaindustrin samt cementtillverkning har strukturomvandling och resurseffektivisering beräknats på samma sätt som för NFM-sektorn.

De från SMED-data beräknade indirekta emissionsfaktorerna har justerats i utsläppsbanan inklusive strukturomvandling och resurseffektivisering med ovanstående faktorer och en alternativ utsläppsbana för år 1990-2010 har därefter beräknats.

Små anläggningar, med data endast bestående av inrapporterade emissioner

Då data för åren 1990-2010 antyder en relativt konstant relation mellan utsläppen från de stora källorna och utsläpp från de små källorna har vi i analysen låtit denna relation ligga fast för samtliga utsläppsbanor, d.v.s.:

Utsläpp små anläggningar = 0,27**Utsläpp stora anläggningar* för perioden 1990-2003.

Denna faktor har justerats för historiska år för de fall då anläggningar inom kategorin *Små anläggningar* stängt ner sin verksamhet. En nedläggning ändrar den relativa andelen av utsläpp, något som vi tagit hänsyn till genom en ändrad relationsfaktor mellan *utsläpp små anläggningar* och *utsläpp stora anläggningar*. Relationen för den senare delen av analysperioden blev då:

Utsläpp små anläggningar = 0,19**Utsläpp stora anläggningar* för perioden 2004-2012.

Urval av styrmedel för kvantitativ analys

Då det har varit och är ett stort antal styrmedel som påverkat utsläppen av försurande ämnen i Sverige och i Europa sedan 1970 så har vi i denna studie varit tvungna att begränsa antalet styrmedel som analyserats. Begränsning skedde genom expertkonsultation i början av studien. Under detta möte identifierades de styrmedel som genom åren haft störst påverkan på deposition av försurande ämnen i Sverige. Dessa styrmedel var mestadels sådana som framförallt haft direkt påverkan på utsläppsfaktorer. D.v.s. ett urval har skett där de styrmedel som kan anses ha störst direkt påverkan på utsläpp valts ut, och de styrmedel med relativt stor andel indirekt påverkan lämnats för senare diskussion. Urvalet var nödvändigt att göra på grund av den stora mängd styrmedel som har varit aktuella under perioden samt de begränsningar som finns i de metoder som använts (inventering av och prognoser för utsläpp gjorda av SMED samt GAINS-modellering).

GAINS-modellen och Sveriges utsläppsrapportering

För att räkna om svenska faktiska utsläpp till utsläpp för alternativa utsläppsbanor har vi använt de underlagsdata som samlats in inom ramen för den officiella svenska utsläppsrapporteringen av växthusgaser och

luftföroreningar till EU, luftvårdskonventionen (CLRTAP) och klimatkonventionen (UNFCCC). Inventeringen bakom denna rapportering utförs sedan 2001 av SMED-konsortiet (www.smed.se) på uppdrag av Naturvårdsverket.

Med GAINS-modellen (Amann, Bertok et al. 2011) beräknades utsläppsbanor relaterade till mobila källor. GAINS-modellen användes även för att beräkna utsläppsspridning och deposition av luftföroreningar för samtliga utsläppsbanor. GAINS-modellen är en integrerad bedömningsmodell framtagen för analys av integrerade scenarier för luftvård. Modellen möjliggör analys av utsläpp, miljö- & hälsoeffekter samt åtgärdskostnader för en given utsläppsbana. Modellens resultat har i flera år använts till beslutsstöd inom Europas och EUs arbete med att minska utsläpp av luftföroreningar.

I denna studie användes GAINS-modellens linjära utsläppsspridningsmodell för att beräkna svensk deposition av svavel (S) och oxiderat kväve (oxN). Denna spridningsmodell beskriver hur stor andel av ett europeiskt lands utsläpp som deponeras i ett givet svenskt område (country-to-grid). Sveriges yta är i GAINS-modellens nuvarande version indelat i ett antal rutceller vars yta ungefär motsvarar 28 km*28 km beroende på breddgrad. Det är endast deposition som beräknats i denna studie, inte påverkan på försurning. Detta hade krävt uppskattning om svenska avrinningsområdens känslighet för försurning, vilket i nuvarande modellversion av GAINS inte finns tillgängligt.

Faktiska utsläppsminskningar – en återblick

Innan vi presenterar resultaten från våra kontrafaktiska analyser är det intressant att redogöra för vilka faktiska utsläppsminskningar och depositionsminskningar. Denna genomgång är viktig för att få en förståelse för hur svårt det är att urskilja orsak och verkan när man gör återblickar kring hur åtgärdspolitiken påverkat Sveriges försurningsproblematik. I detta kapitel presenterar vi först en översiktlig genomgång av vilka lagar och regler som införts från 1950 till nutid (2012). Därefter gör vi en återblick över hur utsläppsminskningar faktiskt genomfördes i utvalda länder som Sverige, Tyskland, Polen och Österrike. Till detta kommer en presentation av faktiska utsläpp och prognosticerade utsläpp 1980-2030 från de för Sverige år 2010 viktigaste länderna, samt en presentation av depositionen av försurande ämnen över Sverige för perioden 1985-2010.

Uppkomsten av nationella lagar och internationella avtal

Behovet av att minska utsläpp av luftföroreningar blev akut uppmärksammat i den berömda London-smogen i december 1952. Denna smog-incident som varade i ca fyra dagar, uppskattas ha orsakat ca 12 000 Londonbors död inom några veckor efter incidenten (Bell, Davids et al. 2004). Denna incident var viktig för ett mer aktivt nationellt och internationellt arbete för att minska utsläpp av luftföroreningar för de kommande årtiondena.

Historien kring vad som gjorts för att minska utsläpp av försurande luftföroreningar är för lång för att helt kunna täckas i denna rapport, men vi försöker i detta kapitel få med de viktigaste lagarna, reglerna och överenskommelserna. Vi redogör i detta kapitel för viktiga lagar och regler som infördes i USA, Storbritannien, Västtyskland och Sverige. Detta följs av en presentation av hur internationella avtal, internationella sektorsövergripande krav samt nya styrmedel har utvecklats.

Om vi i Europa betraktar London-smogen som ett viktigt startskott för arbetet med att minska utsläpp av luftföroreningar så var kanske *the Donora Smog* 1948 viktigare i USA. Under fyra dagar dog 20 människor i staden Donora och en stor del av invånarna blev sjuka på grund av smog[5]. USA antog man på nationell nivå år 1955 *Lagen om kontroll av luftföroreningar*

[5] http://www.nytimes.com/2008/11/02/us/02smog.html?_r=0, åtkomst 2014-10-15

(Air Pollution Control Act), som senare följdes av USA:s version av *Lagen om ren luft* (Clean Air Act) år 1963. Denna utökades med tillägg år 1967, 1970, 1977, och 1990. Det var först 1990 som *Lagen om ren luft* specifikt riktade in sig på nedfall av försurande ämnen.

Som följd av London-smogkatastrofen initierade Storbritannien sin version av *Lagen om ren luft* (Clean Air Act) år 1956, som senare följdes av en skärpning kring år 1968, i vilka utsläpp från hushåll och industrier kontrollerades. Lagar om luftkvalitet har funnits i Storbritannien tidigare ända sedan 1860, men varit tandlösa[6].

En mycket ambitiös lagstiftning infördes i Västtyskland i början på 80-talet. 1983 implementerades *Federala Immissionslagen* (Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG))[7] som på 10 år minskade Västtysklands utsläpp av SO_2 med 89 %. Delar av utsläppsminskningen kan ha hängt ihop med Östtysklands kollaps. Inom denna lagstiftning sattes skarpa krav på utsläpp från den västtyska industrin, vars stora anläggningar senast år 1993 skulle ha utsläppsnivåer på max 400 mg SO_2/m^3 rökgasutsläpp. De anläggningar som inte klarade dessa utsläppskrav fick stänga. Denna bestämdhet i lagstiftning kan anses vara en följd av allmänhetens oro över skogsdöden som under tidigt 80-tal bredde ut sig över Västtyskland, Östtyskland, Polen, och Tjeckoslovakien.[8]

För Sveriges del kom den första nationella *Svavellagen* år 1968, följt av *Lagen om tillståndsgivning* ett år senare. Dessa lagar var initierade främst på grund av ökad oro för negativ miljöpåverkan av utsläpp, som vid den här tiden hade kunnat kopplas ihop med försurningsproblem. Både *Svavellagen* och *Lagen om tillståndsgivning* har skärpts kontinuerligt under åren som gått. *Svavellagen* skärptes ytterligare så sent som 2012.

[6] http://www.foe.co.uk/blog/air-pollution-impact-1956-clean-air-act, 2014-09-19
[7] http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/english/pdf/application/pdf/bimschg_en_bf.pdf, 2014-09-19
[8] Web presentation - Introduction to Large Combustion Plant (LCP) Directive and Compliance Issues., ECENA Training Workshop, March 2008, 2014-09-18

Tabell 2: Införandeår och skärpningar av Svavellagen och Lagen om tillståndsgivning i Sverige

Regleringar av svavelhalt i bränsle	Införande och reglering av tillståndsplikt
1 (1968): Lag om begränsning av svavelhalt i eldningsolja införs	A (1969): Miljöskyddslagen medför tillståndsplikt för vissa anläggningar
2 (1976): Lag om svavelhaltigt bränsle införs	B (1981): Striktare regler om dispens införs samt påföljder skärps.
3 (1984): Restriktioner för svavelhalt i bränsle för industri- och energiproduktionsanläggningar	C (1988): Skärpt egenkontroll och årlig miljörapport
4 (1986): Restriktioner för koleldning i nya förbränningsanläggningar	D (1989): Översyn av miljöskyddsförordningen sker
5 (1991): Svavelskatt på bränslen samt miljöklasser på diesel införs	E (1994): Tillståndsplikt ersätts med anmälningsplikt för vissa verksamheter
6 (1993): Striktare restriktioner för svavelhalt i bränsle för industri- och energiproduktionsanläggningar	
7 (1994): Miljöklasser på bensin införs	
8 (2000):Begränsning av svavelhalt i marint bränsle	
9 (2002): Striktare svavelskatt samt miljöklassning på drivmedel införs	
10 (2007):Striktare restriktioner på svavelhalt i marint bränsle	
11 (2009): Miljöklasser för drivmedel ännu striktare	
12 (2010): Ytterligare restriktioner på svavelhalt i marint bränsle	
13 (2012): Ytterligare restriktioner på svavelhalt i marint bränsle	

Internationellt

Internationellt startade initiativen ett antal år senare än på nationell nivå. Det tog några år för forskningen att bevisa hur utsläpp av luftföroreningar kunde sprida sig över nationsgränser, och innan dessa bevis fanns var intresset lågt för internationella avtal. Men år 1979 signerades UNECE:s luftvårds-konvention, det första lagligt bindande internationella avtalet om luftföroreningar. Detta följdes år 1980 av EG:s Direktiv om gränsvärden för luftkvalitet och svavelhalter. Inom Luftvårdskonventionen etablerades under åren efter 1979 följande protokoll av direkt relevans för försurande nedfall:

- *Första Svavelprotokolle*t (1985)
- *Kväveprotokollet* (1988)
- *Andra Svavelprotokollet* (1994)
- *Protokoll för minskad försurning, övergödning, och marknära ozon* (Göteborgsprotokollet) (1999)

Även i EG (och senare EU) fortsatte utvecklingen av nya direktiv. Mest uppmärksammade där är:

- *Direktivet om kontroll av utsläpp från stora anläggningar, 2001/80/EC***,** (LCP) – Infördes 1988, senaste uppdatering 2001
- *Direktivet för Samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar, 2008/1/EC,* (IPPC) – Infördes 1996, senaste tillägg 2008
- *Direktivet om svavelinnehåll i bränsle, 1999/32/EC* – Infördes 1999, senaste tillägg 2012.
- *Avfallsförbränningsdirektivet, 2000/76/EC,* (WI) – Infördes 2000
- *Utsläppstaksdirektivet, 2001/81/EG***,** (NEC) – Infördes 2001
- *Direktivet om industriutsläpp, 2010/75/EU,* (IED) – Infördes 2010, och ersatte LCP-, IPPC, och WI-direktivet

På den internationella arenan fortsätter arbetet skärpas. I maj 2012 kom Luftvårdskonventionens parter överens om en reviderad ambitionsnivå och nytt målår för *Göteborgsprotokollet*.

Inom EU har EU-kommissionen i december 2013 föreslagit:

- en ny strategi för luftföroreningar,
- en reviderad ambitionsnivå och nytt målår för *Utsläppstaksdirektivet*,
- ett direktiv för kontroll av utsläpp från mellanstora anläggningar (MCP), och
- att EU skall acceptera det inom Luftvårdskonventionen reviderade *Göteborgsprotokollet*

Dessa förslag skulle om de genomförs innebära utsläppsminskningar. Utsläppen år 2030 skulle relativt år 2005 vara:

- 81 % lägre för SO_2
- 69 % för NO_x
- 51 % för $PM_{2,5}$
- 27 % lägre för NH_3
- 50 % lägre för NMVOC
- 33 % lägre för CH_4

Transportspecifika regleringar

Under senare hälften av 80-talet ökade fokus på transportsektorn och på NO_x-utsläpp, som i sin tur ledde till branschgemensam utveckling av utsläppsstandarder. Sverige gick år 1985 ihop med Danmark, Finland,

Kanada, Luxemburg, Nederländerna, Norge, Schweiz, Västtyskland och Österrike i en beslutsprocess om att sätta bl.a. NO_x-utsläppskrav på personbilar med införande senast år 1989 (Ågren 1984, Jordbruksdepartementet 1985). Detta kunde göras med stöd av att trevägskatalysatorer varit installerade i personbilar från och med 1981 i USA[9]. EU följde efter 1993, med införandet av Euro-krav på personbilar och tunga lastbilar. Dessa krav har kontinuerligt skärpts för NO_x och partiklar. Mest relevanta är de utsläppskrav som bestämdes i det som senare kom att kallas för Euro-standarder.

EUs reglering av utsläpp från mobila källor är uppdelad på olika transportslag. För lätta fordon på väg började utsläpp av bland annat NO_x regleras i Direktiv 70/220/EEC, och kraven i detta direktiv skärptes kontinuerligt i ett antal tillägg.

- Euro 1-krav bestämdes i tilläggs-Direktivet 91/441/EEC och 93/59/EEC.
- Euro 2 i Direktiv 94/12/EC och Direktiv 96/69/EC.
- Euro 3 Direktiv 98/69/EC,
- Euro 4 Direktiv 98/69/EC.
- Euro 5 i Reglering 715/2007/EC.
- Euro 6 i Reglering 715/2007/EC

För tunga fordon började utsläpp regleras i Direktiv 88/77/EC och 88/436/EEC, följt av 89/491/EEC.

Utsläppskraven för tunga fordon klassificeras som Euro I-VI (romerska siffror). Kraven för de olika klasserna specificeras i följande direktiv:

- Euro I regleras i Direktiv 91/542/EEC
- Euro II i Direktiv 91/542/EEC
- Euro III i Direktiv 1999/96/EC
- Euro IV i Direktiv 1999/96/EC
- Euro V i Direktiv 2005/55/EC och 2005/78/EC
- Euro VI i Reglering 595/2009/EC

Utsläpp från arbetsmaskiner har i EU reglerats sedan 1997, med start i Direktiv 97/68/EC. Utsläppskraven benämns som Steg och kraven har införts som följer:

- Steg I regleras i Direktiv 97/68/EC
- Steg II i Direktiv 97/68/EC

9

http://www.epa.gov/apti/video/CAAModules/Mod2/CleanAir101Module2MobileSourcesFINAL_OTAQ_OGC_8-26-10.pdf, 2014-09-19

- Steg III i Direktiv 2004/26/EC
- Steg IV I Direktiv 2004/26/EC

Ytterligare tillägg finns i Direktiv 2005/13/EC och Direktiv 2010/22/EU.

För små bensinmotorer regleras utsläppen enligt Direktiv 2002/88/EC.

Den senaste skärpningen av utsläppskrav från mobila källor gäller för lätta lastbilar och förväntas träda i kraft i september 2015. Ytterligare krav kommer runt 2017, men då fokuserade på att utsläpp i verklig körning skall motsvara körning vid provning av motorer.[10] Det har nämligen visat sig att de utsläppskrav som ställs på motorer inte stämmer överens med de faktiskt uppmätta utsläppen i verklig körning (Weiss, Bonnel et al. 2012).

För samtliga fordon har även bränslekvalitet varit en förutsättning för att minska utsläpp av både NO_x och SO_2. Detta reglerades först i Direktiv 93/12/EEC med tillägg 98/70/EC, 2003/17/EC och 2009/30/EC (ersatte 93/12/EEC).

Svavelhalter i marina bränslen har reglerats specifikt i Direktiv 1999/32/EC med tillägg 2005/33/EC, 2009/30/EC och 2012/33/EU.

Viktigt här är att införandeår av bestämmelserna inte är samma som beslutsåret. För information om de faktiska utsläppskraven, se Appendix 6. För detaljerad information och lagtexter se:

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/documents/directives/motor-vehicles/index_en.htm
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/documents/legislation/emissions-non-road/
http://www.ecolex.org
http://transportpolicy.net

Nya typer av styrmedel under 90-talet

En sista utveckling som bör nämnas är användningen av ekonomiska styrmedel som instrument för att minska utsläpp av försurande ämnen. Inom detta område var Sverige tidigt ute i och med introduktionen av *Svavelskatten* år 1991 och *NO_x -avgiftssystemet* år 1992. USA var även de tidigt ute med introduktionen av ett utsläppshandelssystem för SO_2, vilket trädde i kraft år 1995. Detta system är tänkt att minska USA:s från den handlande sektorn till 8 950 kton SO_2 (Burtraw and Palmer 2004).[11]

[10] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/documents/directives/motor-vehicles/index_en.htm, åtkomst 2014-10-22
[11] http://www.epa.gov/AIRMARKET/progsregs/arp/basic.html, åtkomst 2014-10-22

Bedömning av påverkan på utsläpp och miljö från europeiska direktiv och protokoll

Nedan följer en genomgång av vilken påverkan relevanta EU-direktiv och Göteborgsprotokollet har haft på utsläpp och miljön. Genomgången är presenterad i EU-kommissionens konsekvensanalys inför de pågående förhandlingarna av ett reviderat Utsläppstaksdirektiv m.m. som nämnts ovan (European Commission 2013). Listor över relevanta direktiv och protokoll finns i Appendix 4 och Appendix 5.

Utsläppstaksdirektivet

Utsläppstaksdirektivet sätter en övre total gräns för utsläpp av SO_2, NO_x, NH_3 och NMVOC år 2010 och följande år. Dessa ämnen ger negativ påverkan på försurning, övergödning och marknära ozon. Medlemsländer får själva bestämma hur (utöver EU-bestämmelser) utsläppen ska minskas så att den övre utsläppsgränsen nås.

Direktivet har implementerats genom instiftande av nationella program år 2002 och behovsmotiverad revidering av dessa program 2006. Medlemsländerna måste rapportera sin årliga utsläppsinventering till Europeiska Miljöbyrån (EEA) och till EU-kommissionen.

Enligt officiell rapportering var det totalt 12 EU-länder som överskred något eller flera av utsläppstaken för direktivets målår 2010 (European Environment Agency 2012). För 11 av de länder som hade överskridanden (däribland Sverige) var det utsläppstaket för NO_x som överskreds. Det var fyra länder som inte klarade målet för NH_3. När det gäller SO_2 klarade alla medlemsländer sitt åtagande. Anledningen till överskridandet av mål för NO_x-utsläpp var framför allt att den reduktion av NO_x som förväntades ske genom Euro standarder på motorfordon inte uppnåddes på grund av otillräcklig kontroll av certifiering av fordon. Fordonen testas i labb-miljö vilket framförallt för dieselfordon inte motsvaras av verklig körning. Direktivet har annars effektivt lett till reduktion av gränsöverskridande utsläpp, speciellt då det finns stödjande lagstiftning för utsläppskällor på EU-nivå. De obligatoriska nationella planerna som direktivet stipulerar har ofta varit undermåliga och av en sådan kvalitet att nationella utsläppsmål inte har kunnat uppnås baserat på dem.

NH_3 från jordbruk har minskat, men inte i huvudsak till följd av direktivet. Minskningen av utsläppen beror till största delen på strukturförändringar inom jordbruket, främst minskat antal djur samt förbättringar av stallgödselhanteringen. Utsläppstakdirektivets gränsvärden för NH_3 är så höga att de flesta länder inte har behövt sätta in åtgärder för att möta kraven.

LCP-direktivet

I LCP-direktivet kontrolleras utsläpp av SO_2, NO_x och partiklar från stora förbränningsanläggningar. Till stora förbränningsanläggningar hör anläggningar med som enligt klassificering har en effekt på 50 MW (bränslemängd) eller mer. Målet med direktivet är att minska utsläpp av försurande och ozonbildande ämnen samt partiklar. Direktivet ställer hårdast krav på alla anläggningar byggda efter 2002, medan anläggningar byggda under perioden juli 1987-november 2002 har mindre hårda krav. Ännu äldre anläggningar var år 2008 antingen tvungna att möta samma krav som de som ställs på anläggningar byggda 1987-2002, eller så fick medlemslandet etablera en NERP (National Emission Reduction Plan). Förenklat kan man säga att för de anläggningar byggda innan år 1987 är varje medlemsland skyldig att dels upprätta krav på utsläppsgränser (emission limit values) och nationell plan för hur utsläpp från samtliga äldre anläggningar skall minskas.

LCP-direktivet har bidragit till betydande reduktioner av utsläpp, dock endast från anläggningar med en installerad effekt större än 50MW.

IPPC-direktivet

IPPC-direktivet är till för att minska utsläpp från industriella processer. Grundkonstruktionen är att industrianläggningar måste ha ett miljötillstånd för sin verksamhet i vilket minimikrav på miljöprestanda ställs. Anläggningar byggda eller totalrenoverade efter 1999 var tvungna att direkt leva upp till krav enligt IPPC-direktivet. Äldre anläggningar skulle möta samma krav till direktivets målår 2007.

Direktivet har fyra grundprinciper:

1. Miljötillstånd måste baseras på en helhetsbedömning av miljöpåverkan

2. Utsläppsgränser i miljötillstånd skall baseras på tekniska dokument om bästa tillgängliga teknik (Best Available Technology, BAT) enligt definition i direktivet (BAT)
3. Allmänheten skall involveras vid sättande av krav.
    a. Detta säkerställs vid den regelbundna uppdateringen av BAT. Uppdateringen av BAT dokumenteras i "BAT Reference Documents" (BREF)
    b. Det säkerställs även genom allmän tillgång till:
        i. Tillståndsansökningar
        ii. Tillstånd
        iii. Resultat av utsläppsövervakning
        iv. E-PRTR-registret (European Pollutant Release and Transfer Register)
4. Kraven i miljötillstånden ska vara flexibla i och med hänsynstagande till:
    a. Teknisk karakteristik av anläggningen
    b. Vart anläggningen befinner sig
    c. Lokala miljöförutsättningar

Ungefär 52 000 industriella anläggningar i EU inkluderas i direktivet.

IPPC-direktivet har bidragit till betydande reduktioner av utsläpp förutom NH_3, där ovan nämnda orsaker är de viktigaste för till utsläppsminskningar av NH_3.

Avfallsförbränningsdirektivet

Avfallsförbränningsdirektivet (WI) ställer krav på drift och teknik vid förbränning av avfall. Dessa krav specificeras i miljötillstånd som anläggningarna måste ha. Utsläppsgränser till luft inkluderar gränser för tungmetaller, dioxiner och furaner, kolmonoxid, partiklar, organiskt kol, väteklorider, väteflorider, SO_2 och NO_x.

Direktivet ställer inte krav på alla anläggningar, utan exkluderar till exempel många anläggningar med syfte att förbränna skogs- och jordbruksrester. Cementugnar och anläggningar som har avfall som ett av flera bränslen har särskilda krav.

Även för detta direktiv gäller att allmänhetens insyn måste möjliggöras.

WI-direktivet har bidragit till betydande reduktioner av utsläpp.

Utsläppskrav för vägtransporter och mobila källor

Utsläpp av NO_x och partiklar från mobila källor har inom EU kontrollerats genom krav som skärpts kontinuerligt sedan 1992. Sättande av europeiska krav kan sägas hänga ihop med motsvarande processer i USA, även om nivåerna på utsläppskraven inte behöver vara likadana.

Utsläppskraven har bidragit till minskning av partikelemissioner och även NO_x-emissioner från bensindrivna fordon, men inte NO_x-emissioner från dieseldrivna fordon i lika hög utsträckning. I labb-försöken där fordonen certifieras är förhållandena annorlunda än i verklig körning och därför är emissionerna i verkligheten högre än vad standarderna indikerar.

Svavelinnehåll i fordonsbränsle

Kontrollen av SO_2-utsläpp sker i EU delvis separat för landbaserade transporter och marina transporter. Då utsläpp av SO_2 från förbränning av bränslen till 100 % kommer från svavelinnehållet i bränslet så har kontrollen av svavelhalten i bränslen en direkt effekt på utsläpp. Miljöanpassad kontroll av bränslekvalitet har skett kontinuerligt från 1985 och framåt. Från och med 2005 har EUs medlemsstater börjat fasa in fordonsbränslen för användning i landbaserade transporter med ett svavelinnehåll på max 10 ppm.

För kontroll av svavelhalt i bränslen till marina transporter så är EU-lagstiftning påverkad av utveckling inom IMO (International Maritime Organization). Från och med 2006 är Östersjön ett så kallat Sulphur Emission Control Area (SECA), och detsamma gäller för Nordsjön + Engelska Kanalen från 2007. Svavelhalten i marina bränslen var från början i dessa områden satta till 1,5 % svavel men är numera 0,1 % svavel. Till detta finns krav på att alla fartyg som lägger till i EU-hamnar skall använda sig av ett bränsle med svavelhalt på max 0,1 % svavel när de ligger i hamn (eller för ankar). Ytterligare tillägg är att de färjor som trafikerar EU-hamnar skall använda bränslen med max 1,5 % svavel.

Dessa krav på svavelhalter i bränslen har sammataget lett till minskade svavelutsläpp som förväntat.

Göteborgsprotokollet

Göteborgsprotokollet sätter liksom Utsläppstaksdirektivet nationella krav på utsläpp av SO_2, NO_x, NH_3 och NMVOC. Protokollets ursprungliga målår var 2010 och den förväntade utsläppsminskningen från 1990 års Europeiska utsläppsnivåer var för SO_2 63 %, NO_x 41 %, NH_3 17 % och NMVOC 40 %. I protokollet sätts för vissa specifika källor även utsläppsgränser, och det sätts krav på användande av bästa tillgängliga teknik för rening av utsläpp. Protokollet reviderades år 2012. Då ändrades målåret till 2020 och övre nationella utsläppsgränser för utsläpp av partiklar ($PM_{2.5}$) lades till.

Göteborgsprotokollet har i sin utformning för EU varit mycket likt det senare överenskomna Utsläppstaksdirektivet. Det är därför svårt att urskilja några specifika effekter av protokollet. Men Göteborgsprotokollet har inte heller det varit effektivt när det gäller utsläppsminskningar för NH_3 då utsläppstaken är satta mycket högt. De flesta länder har inte behövt sätta in åtgärder för att möta kraven.

Sammantaget av relevans för svensk försurningsproblematik

Krav på svavel i bränsle, LCP-direktivet, WI-direktivet och IPPC-direktivet har bidragit till att kraftigt sänka utsläppsnivåerna av SO_2. De har även varit viktiga för att minska utsläpp av NO_x. Däremot har inget av dessa styrmedel var verkningsfulla för att minska utsläpp av NH_3 (European Commission 2013).

Hur gick det till när Sverige och andra länder minskade sina utsläpp?

Utsläppen av SO_2, NO_x och NH_3 har minskat i Europa och Sverige sedan 1970. I detta delkapitel återberättar vi mer i detalj hur utsläppsminskningarna gick till i Sverige och utvalda europeiska länder för perioden fram till 1990. Detta följs av en presentation av utsläppsdata och nu gällande utsläppsprognoser för Europa för perioden 1980-2030. Fokus är som vanligt i denna rapport på SO_2.

SO_2 - perioden innan 1990 i Sverige och Europa

Sverige

Flera studier av utsläpp och utsläppstrender liksom orsaker till minskade utsläpp har gjorts för perioden före 1990. Noggrannheten i dessa

utsläppsuppskattningar är inte i nivå med den för de uppskattningar som görs idag inom t.ex. Sveriges internationella utsläppsrapportering. Inom vissa sektorer har dock gjorts mer noggranna inventeringar och beräkningar. Data över t.ex. svavelutsläpp från oljeeldning (den dåvarande största svavelutsläppskällan) var genomgående av hög kvalitet genom de omfattande analyser av svavelhalten i olja som gjordes och även genom en god kontroll av import och handel.

En sammanställning av inventeringar mellan 1970 och 1990 gjordes av (Broström, Grennfelt et al. 1994). Denna visar att utsläppen minskat från cirka 930 000 ton 1970 till cirka 135 000 ton 1990 eller med cirka 85 %. Den senaste officiella uppskattningen är dock att Sveriges SO_2-utsläpp år 1990 var ca 105 kton (Naturvårdsverket 2014). I en annan studie (Kindbom, Sjöberg et al. 1993) har den ackumulerade syrabelastningen mellan 1900 och 1990 uppskattats. Denna innehåller utsläppsdata fördelade på energi, skogsindustri, järn- och stålindustri samt övriga källor. I den ovan nämnda studien liksom i en studie av (Arnberg and Lövblad 1985) har orsakerna till utsläppsminskningarna kartlagts.

Tabell 3: Emissioner av svaveldioxid 1970-1990 enligt olika uppskattningar. (Broström, Grennfelt et al. 1994, Swedish Environmental Protection Agency 2014))

	1970	1975	1980	1980	1985	1985	1990	1990	1990
Uppskattning gjord av:	IVL	IVL	IVL	SCB	IVL	SCB	IVL	SCB	SMED
El, gas och värmeverk	213	104	78	101	37	64	10	16	19
Industri	227	154	90	143	51	53	32	22	21
Övrigt energirelaterat	183	139	73	84	35	42	15	16	31
Förbränning totalt	**623**	**397**	**242**	**328**	**122**	**159**	**57**	**54**	**72**
Industriprocesser	276	171	96	137	80	68	43	43	34
Samfärdsel	31	34	39	44	37	39	37	37	-
TOTALT	**930**	**602**	**377**	**509**	**239**	**266**	**137**	**134**	**105**
Varav:									
Industriförbrän. + process	*503*	*325*	*186*	*280*	*131*	*121*	*75*	*65*	*55*
Energiproduktion	*396*	*243*	*151*	*185*	*72*	*106*	*25*	*32*	

Studien av (Broström, Grennfelt et al. 1994) är koncentrerad på utsläppen från det svenska energisystemet, eftersom ett syfte var att utreda vilka effekter en tänkt avveckling av kärnkraften skulle ge på de nationella utsläppen av svaveldioxid.

Industriella utsläpp.

Den svenska skogsindustrins svavelutsläpp var fram till 1950 i genomsnitt mindre än 20 000 ton svaveldioxid. Mellan 1950 och 1965 ökade dessa till cirka 200 000 ton per år och utsläppen låg sedan kvar på denna nivå till 1975, varefter de minskade till 26 000 ton 1990. I utsläppsberäkningarna ingår även de svavelutsläpp som sker i form av svavelväte och organiska svavelföreningar eftersom dessa förutsätts oxideras till SO_2 (och svavelsyra) i atmosfären. I den inventering av den svenska skogsindustrins utsläpp till luft som gjordes i slutet av 1960-talet (Statens Naturvårdsverk 1969) och som kan antas spegla förhållandena 1967, utgjordes SO_2-utsläppen från oljeeldning för energiändamål cirka 60 000 ton eller cirka 30 % av Sveriges totala utsläpp.

De omfattande utsläppsminskningarna (samtidigt som produktionen av pappersmassa ökade) fram till 1990 (cirka 87 %) hade flera orsaker. Ett av de främsta skälen var att massatillverkningen baserad på användning av kalciumsulfit, och där det inte skedde någon återvinning av processkemikalier, upphörde. Ett annat skäl var att många fabriker lades ned och återstående moderniserades genom omfattande investeringar, där miljöaspekter fick en central roll. Exempel på åtgärder var slutning av fabrikernas processflöden så att kemikalierna stannade inom processcykeln och att sodapannorna som tidigare varit stora källor till utsläpp försågs med effektivare förbränningssystem. En orsak till nedläggningar var att svenskt papper producerat av kemisk massa blev olönsamt p.g.a. ökad konkurrens från andra pappersproducerande länder. Däremot så klarade svenska producenter konkurrensen bra vad gäller produktion av mekanisk massa, vilken är associerat med låga svavelutsläpp.

Svavelutsläppen från industriernas oljeeldning minskade också både genom minskade svavelhalter till följd av svavellagen och genom att oljeanvändningen minskade till följd av energieffektivisering i processerna och genom användning av andra bränslen (t ex skogsavfall).

Pappers- och massaindustrin började även använda återvunnet papper som råvara i sin tillverkningsprocess, vilket minskade behovet av svavel i tillverkningsprocessen.

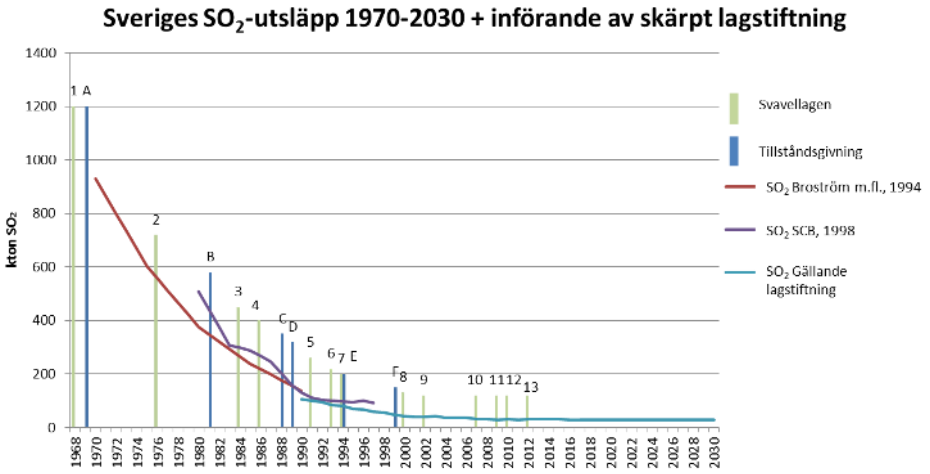
För järn- och stålindustrin är förhållandena likartade. Utsläppen från denna sektor var som störst i början av 1970-talet då de årliga utsläppen var cirka 22 000 ton SO_2. Utsläppen minskade sedan snabbt till cirka 2 400 ton från 1981 och framåt, en minskning med nära 90 %. Även i denna industrigren skedde en omställning till ökad användning av återvunnet material, vilket ledde till minskade utsläpp.

Genomgående trender för den svenska industrin har varit ökad storskalighet och ökad användning av återvunnet material. Båda dessa trender har bidragit till minskade utsläpp av SO_2.

Energisektorn

SO_2-utsläppen från energiproduktion (utom den inom industrin) hade också ett maximum i slutet av 1960- och början av 1970-talen, då de årliga utsläppen från denna sektor var cirka 600 000 ton svaveldioxid med ett maximum runt år 1969 på 700 000. Från år 1974 minskade emissionerna successivt och de uppgick år 1990 till 63 000 ton. Även här har vi en minskning med cirka 90 %. Oljeeldning användes vid denna tid i betydande grad för basproduktion av elektricitet. Värmekraftverken i Karlshamn och Stenungsund emitterade årligen flera tiotusental ton SO_2 vardera. Dessa utsläpp försvann så gott som helt genom att kärnkraften kom in i det svenska energisystemet från år 1973.

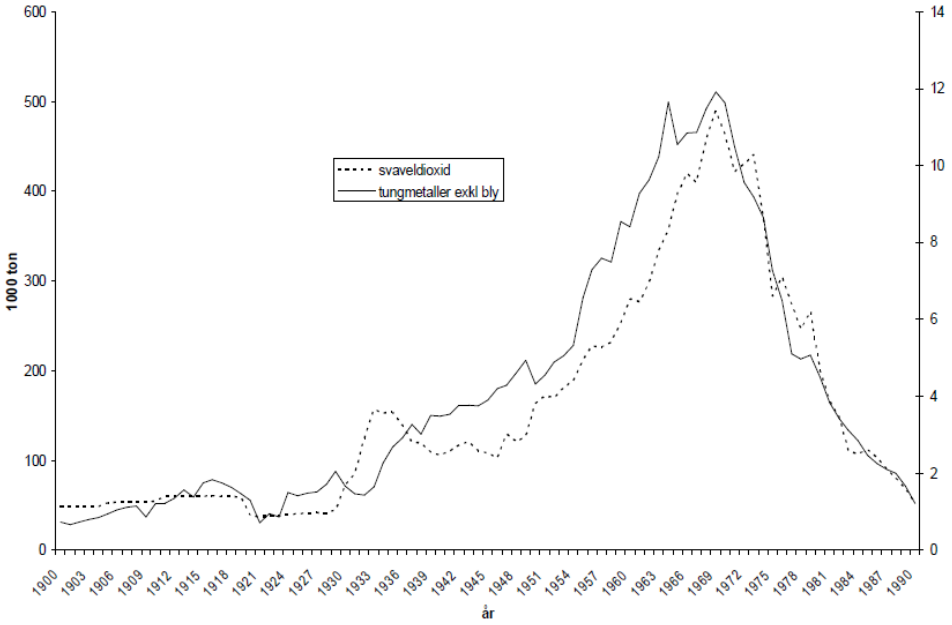
Historiska utsläppsdata är av naturliga skäl osäkra, vilket orsakar behov av försiktighet i analyser om effekter av styrmedel. En sammanställning över olika utsläppsuppskattningar och införandet av skärpta nationella lagar ges i **Figur 3**.



Figur 3: Sveriges utsläppsbana av SO_2 1970-1990, samt 1990-2030 enligt Gällande lagstiftning, och införandeår representerat som staplar för skärpta utsläppskrav i Sverige för perioden. Tillståndsgivningen (markerad med bokstäver) har inte ändrats sedan 1999 då den övergick till en del av Miljöbalken, medan Svavellagens (siffror) senaste skärpning trädde i kraft så sent som 2012. Inga ytterligare skärpningar är beslutade, se Tabell 2 för specifikation.

Figur 3 visar resultaten från två olika utsläppsinventeringar och utsläppsbanan *Gällande lagstiftning*. *Gällande lagstiftning* baseras på senare års svenska statistik (Naturvårdsverket 2014) och prognoser (Gustafsson, Sjödin et al. 2013). Det finns ett gemensamt år för dessa inventeringar och det är 1990. För 1990 visar de olika inventeringarna ett spann från 106-137 kton SO_2 för den nationella totalen.

Data över längre tidsserier är tyvärr inte konsistenta med referenserna ovan. (Lindmark 1998) presenterar svenska SO_2-utsläpp från 1900-1990. Men där ovanstående referenser visar utsläpp på ~900 kton år 1970, presenterar Lindmark (1998) att utsläppen toppar kring år 1970 på ca 500 kton, och har gått ned till ca 60 kton år 1990.



Figur 4: Alternativ uppskattning av utsläpp av SO_2 och tungmetaller (exklusive bly) i Sverige 1900-1990, SO_2 på den vänstra skalan. (Lindmark 1998).

En sista aspekt som bör nämnas i sammanhanget är betydelsen av svavel som råvara. Detta gäller även restprodukter från utsläppsrening. Svavelsyra, gips och konstgödsel tillhör de produkter som kan tillverkas av renade SO_2-utsläpp. (Lindmark 1998) presenterar t.ex. att den tidigast införda utsläppsreningen av SO_2 i Rönnskärsverken år 1952 var produktion av svavelsyra. Tillverkning av dessa produkter är knappast i sig själv skäl nog att investera i reningsutrustning, men de bidrar som extra ekonomiska incitament.

Sammantaget kan sägas att den kraftiga minskningen av SO_2-utsläpp i Sverige från 1970 drivits fram av en mängd samverkande faktorer. Följande faktorer bedöms vara de viktigaste (ingen inbördes ordning):

- Omställning av industriell produktion (exv. mer mekanisk massa istället för kemisk massa)
- Effektivisering av processer (slutning av processflöden)
- Ökad storskalighet i produktion
- Ökad användning av återvunnet material
- Bränsleskifte
    - olja och koks ut
    - kärnkraft, fjärrvärme, gas och trädbränsle in
- Utsläppsrening

Europa

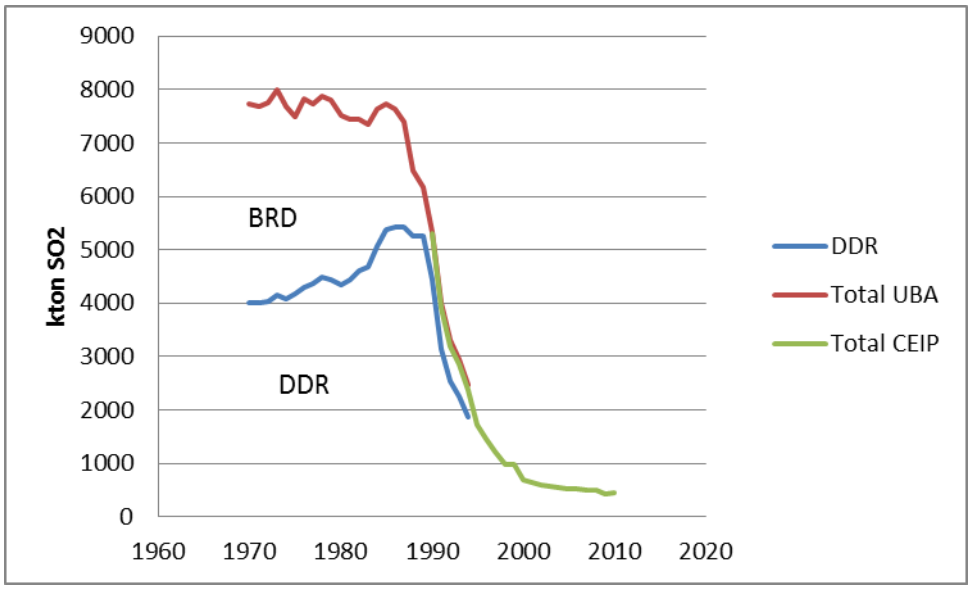
När det gäller europeiska utsläpp och utsläppsminskningar för SO_2 före 1980 är data betydligt osäkrare än för Sverige. De sammanställningar som gjorts bygger i stor utsträckning på internationell energistatistik snarare än på nationella inventeringar. För några länder gjordes dock specifika inventeringar i samband med det projekt kring långdistransporterade luftföroreningar som OECD drev i början av 1970-talet (OECD 1977).

De utsläppsdata som officiellt rapporterats inom ramen för CLRTAP har alltid varit ländernas egna och även om kvaliteten successivt ökat har de inte förrän de senaste tio åren blivit föremål för en kvalificerad systematisk granskning. Det gör att data ofta är behäftade med stora osäkerheter. Detta gäller inte minst länderna i det forna Östeuropa. En viss uppdatering av data skedde dock direkt efter 1990 i och med att Warszawa-pakten föll samman och länderna öppnade sig mot omvärlden.

I ett flertal europeiska länder har utsläppsreduktionerna varit dramatiska speciellt i jämförelse med situationen under 1970-talet och för Östeuropa fram till slutet av 1980-talet. De tidigaste reduktionerna i SO_2-utsläpp kom under 1970-talet och här var de skandinaviska länderna tidigt ute. Under 1980-talet följde flera länder i västra Europa (främst Västtyskland) efter och det tidigare Östeuropa kom inte igång med sina utsläppsminskningar förrän efter 1990, Figur 5. Under 1980-talet skedde en mycket snabb minskning av SO_2-utsläppen i Västtyskland till följd av den intensiva skogsskadedebatten som då förekom i Europa. Figuren visar också att utsläppsminskningarna i Polen (liksom i övriga Östeuropa) inte kom igång förrän efter 1990.

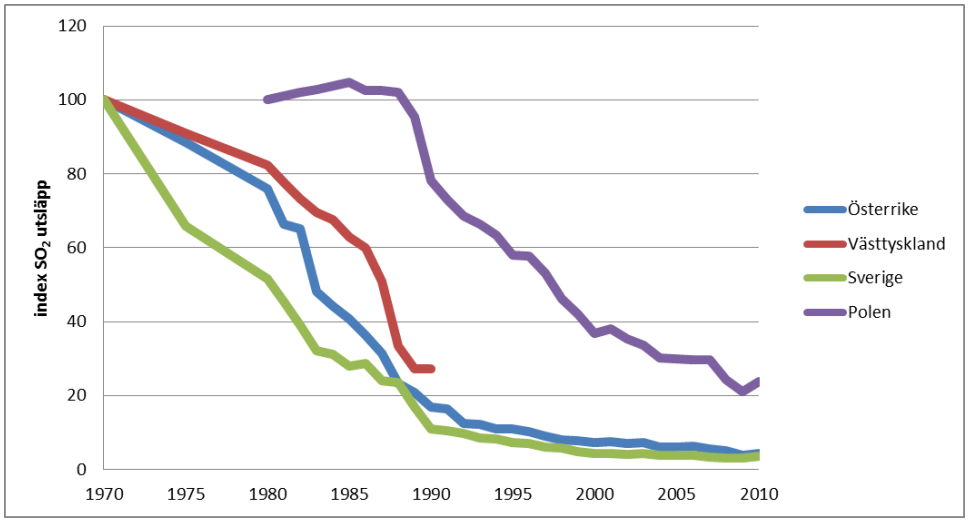
Tyskland är ett intressant fall. Tyskland var två länder, Västtyskland respektive Östtyskland, fram till 3 oktober 1990 och utsläppsdata finns för dessa två länder separat från 1970 och fram till 1994 (Umweltbundesamt 2001). För Västtyskland så var enligt denna rapport utsläppen som störst 1973, då de var 3.85 miljoner ton SO_2. Mellan 1970 och 1980 förekom en viss minskning av utsläppen främst inom hushåll och småskalig förbränning. Inom sektorn elproduktion och fjärrvärme ökade i stället utsläppen med 10 % och denna sektor utgjorde 1980 cirka 60 % av de samlade utsläppen i Tyskland. Mellan 1980 och 1990 minskade sedan utsläppen från denna sektor med 85 %. Under detta decennium minskade utsläppen från alla sektorer och totalt skedde en minskning av de samlade utsläppen i Västtyskland under denna period med 72 %. Debatten kring skogsdöden i Tyskland var den främsta drivkraften till minskningen och en stor del skedde genom installation av rökgasrening på förbränningsanläggningar.

För Östtysklands del var situationen en annan. Åtgärder kom inte till stånd förrän i samband med murens fall 1989. I den ovan nämnda rapporten uppskattades utsläppen när de var som störst 1987 till över 5.4 miljoner ton SO_2. Utsläppen hade då ökat med cirka 35 % från 1970. Osäkerheten måste nog anses som betydande när det gäller utsläppen i Östtyskland. De första åren efter murens fall så rasade utsläppen och var 1994 cirka 1/3 av vad de var 1987. Mest dramatisk var utsläppsminskningen från processutsläpp; från 275 000 ton 1987 till 5 000 ton 1994. Samtidigt minskade utsläppen från energiproduktion inom industrin från 1 337 000 ton till 227 000 ton, dvs. en minskning med 83 %. Utsläppsutvecklingen i Tyskland kan illustreras av Figur 5. Figur 5 visar att utsläppen var i stort sett konstanta mellan 1970 och 1989. De utsläppsbegränsningar som genomfördes i det forna Västtyskland kompenserades i stort sett av utsläppsökningar i Östtyskland. Figur 5 visar också att utsläppen för perioden 1990 -1994 i UBA-rapporten var mycket nära de utsläpp som idag redovisas i det officiella rapporteringssystemet under Luftvårdskonventionen (CEIP[12]).



Figur 5: Emissionerna i Tyskland 1970-2010. Data för Västtyskland (BRD) och Östtyskland (DDR) och som avser fram till och med 1994 är hämtade från UBA 2000 och för Tyskland som helhet från 1990 från CEIP.

[12] http://www.ceip.at/, åtkomst 2014-02-01



Figur 6: SO_2-utsläpp 1970-2010 för Sverige, Västtyskland, Polen och Österrike. Index: Utsläppsnivå 1970 = 100; För Polen 1980 = 100 (Grennfelt 2013)

Ytterligare ett exempel utgörs av utsläppen i Storbritannien där utsläppsdata från 1970 och 1994 redovisas i (National Expert Group on Transboundary Air Pollution 2001). Till skillnad från Sverige kom 1970 98 % av SO_2-utsläppen, som uppskattats till cirka 6 500 kton, från förbränning av fossila bränslen och återstoden knappt 2 % utgjordes av processutsläpp främst från järn och stålindustrin. I NEGTAP-rapporten gjordes en analys av orsakerna till utsläppsbegränsningarna fram till 1998 inom kraftindustrin och där konstaterades att utsläppen skulle ha varit cirka 4,6 miljoner ton SO_2 om inga åtgärder vidtagits. De verkliga utsläppen var 1998 i stället cirka 0,54 miljoner ton. Införandet av kärnkraft och förnybara energikällor samt skiftet av bränsle från kol och olja till gas är de viktigaste orsakerna till utsläppsbegränsningarna. Energieffektivisering kom som nummer tre och det är först som nummer fyra som man finner direkta reningsåtgärder som rökgasrening och begränsning av svavelinnehåll i bränsle. Reningsåtgärder motsvarade sammanlagt mindre än 10 % av den totala utsläppsminskningen i relation till den tänkta situationen för 1998.

Utsläppsbegränsningar av SO_2 skedde till viss del i några Sydeuropeiska länder redan under 1970-talet, men för dessa har vi inte fått fram detaljerad information.

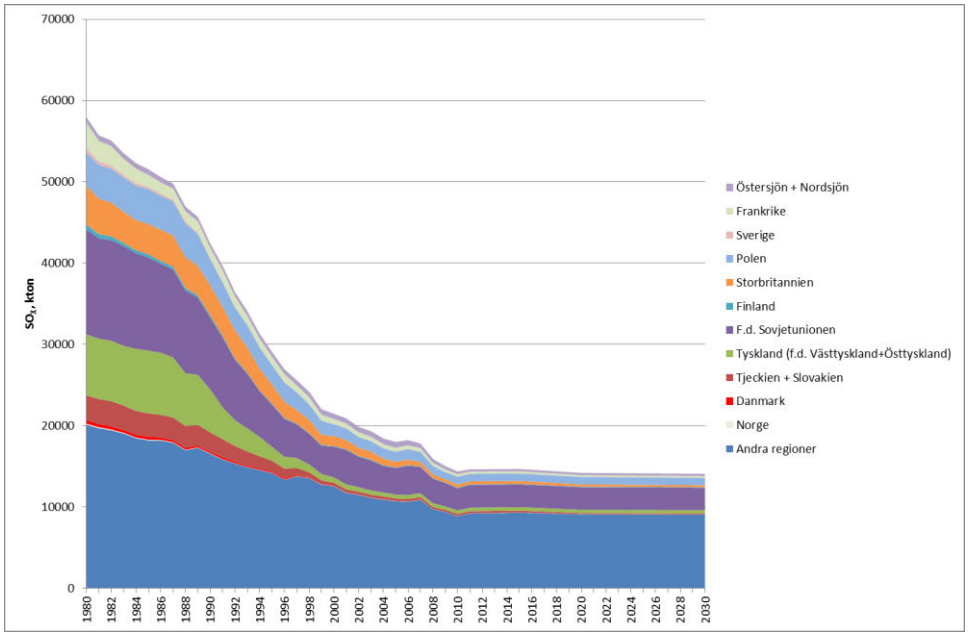
Sammanställning av utsläpp i Europa 1980-2030

Data över samlade europeiska utsläpp har publicerats sedan ett flertal år. Däremot så finns det idag vissa osäkerheter i historiska data, och vissa

metod- och datauppdateringar på nationell nivå kan ha gjorts för vissa specifika år. Detta leder till märkliga hack i utsläppskurvorna. Så försiktighet bör iakttas vid tolkningar av enskilda år. Figurerna som visas i detta kapitel är färgkodade för varje utsläppskälla (land). Kurvorna visar europeiska utsläpp av SO_2, NO_x och NH_3. De länder och regioner som är viktigast för svensk deposition av svavel, oxiderat kväve och reducerat kväve år 2010 redovisas för sig med samma färg för emission och deposition, medan övriga länder och regioner grupperas tillsammans. Data för utsläpp är tagna från offentligt rapporterade utsläpp till UNECE CLRTAP Centre for Emission Inventories and Projections (CEIP). Dessa har kompletterats med modellerade data från EMEP, också tillgängligt från CEIP. Om data för 1980 inte varit tillgängligt extrapolerade vi data från närmaste rapporterade eller modellerade år. Prognoser är tagna från EU-kommissionens bas-scenario i underlaget till förslag om nytt Utsläppstaksdirektiv (European Commission 2013). Dessa prognoser levereras för vart femte år (2015, 2020, 2025 och 2030) varför vissa av figurerna kan se lite hackiga ut för prognosåren.

SO_2 Europa

Svavelutsläppen i Europa har minskat kraftigt sedan 1980. Men för Europa, till skillnad från Sverige, har det mesta av utsläppsminskningen skett efter 1990. Utsläppsminskningen klingade dock av vid 2010, varefter utsläppen beräknas ligga relativt stilla.



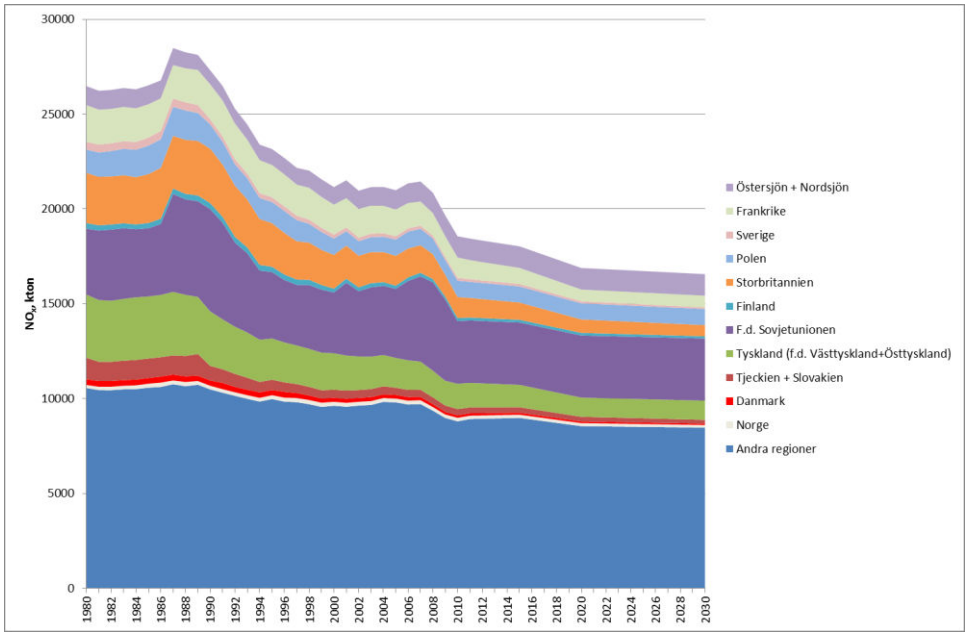
Figur 7: SO_2-utsläpp (som SO_x) i Europa 1980-2030 (CEIP-data[13] + (European Commission 2013))

Figur 7 ovan visar relativt tydligt hur Berlinmurens fall hade kraftig påverkan på utsläppen i f.d. Sovjetunionen, Tyskland, och f.d. Tjeckoslovakien. Samma effekt syns för depositionen av svavel över Sverige (Figur 11). Tysklands utsläpp under 90-talet påverkades ju även som tidigare nämnts av *Federala Immissionslagen* som nämnts tidigare. De länder vi valt att särredovisa stod år 1980 för en mycket stor andel av de totala utsläppen. Denna andel har minskat kraftigt fram tills idag.

NO_x Europa

Utsläppen av NO_x i Europa har inte minskat lika kraftigt som för SO_2. Däremot beräknas utsläppen fortsätta att minska fram till 2030, om än ganska blygsamt efter 2010.

[13] http://www.ceip.at/, åtkomst 2014-02-01



Figur 8: NO_x-utsläpp i Europa data och prognoser 1980-2030 (CEIP[14], (European Commission 2013))

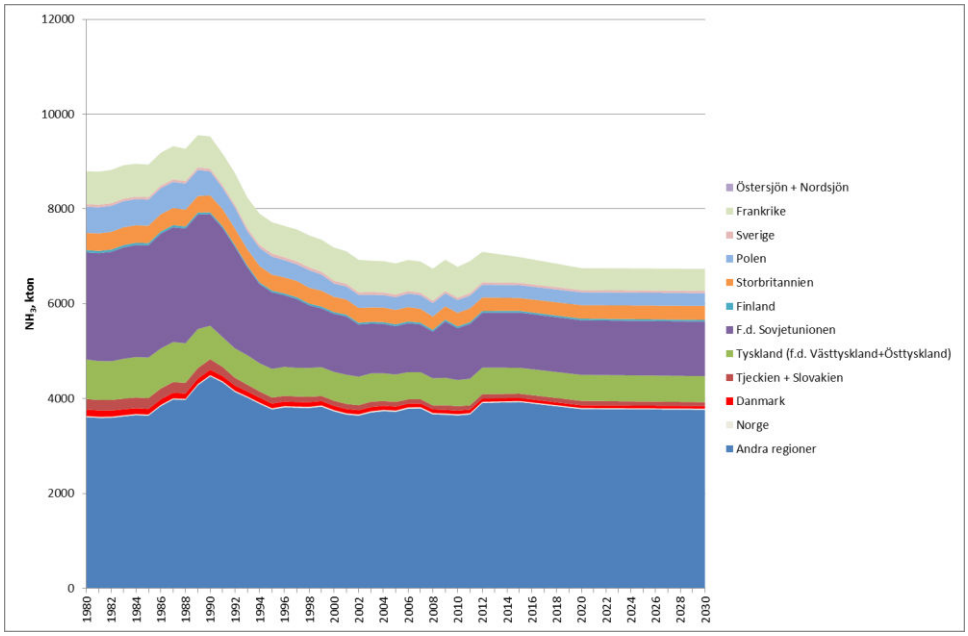
Ökningen av NO_x-utsläppen från f.d. Sovjetunionen år 1987-1988 är orsakad av försämrad energieffektivitet, snarare än av ökad ekonomisk aktivitet (Rafaj, Amann et al. 2014). Men den kraftiga ökningen av utsläpp år 1988 kan även delvis bero på ändrade rapporteringsrutiner. Återigen vill vi påminna om att försiktighet måste vidtas vid tolkning av enskilda år.

Man kan även se att utsläppen av NO_x är mer jämnt fördelade mellan regionerna än vad som är fallet för SO_2. Detta beror på att NO_x till största del härstammar från kväve i luft, vilket gör att NO_x släpps ut vid alla typer av förbränning. SO_2-utsläpp är däremot beroende på svavelmängder i det bränsle som används, och påverkas mer av regionala förutsättningar som t.ex. om ett land har stora inhemska koltillgångar. Den minskning i utsläpp som sker mellan 2007 och 2010 är sannolikt en effekt av den ekonomiska krisen i kombination med att 2010 var målåret för Utsläppstaksdirektivet (vilket inte påverkade länder utanför EU).

NH_3 Europa

Utsläppen av ammoniak är än mer jämnt fördelade mellan regioner än vad som är fallet för SO_2 och NO_x. Som framgår av Figur 9 beräknas utsläppen från och med 2012 vara mer eller mindre konstanta fram till 2030.

[14] http://www.ceip.at/, åtkomst 2014-02-01



Figur 9: NH_3-utsläpp i Europa, data och prognoser (CEIP[15] + (European Commission 2013))

Den ökning man ser i kurvan för år 2012 är antagligen på grund av underlagets övergång mellan rapporterade data och prognosticerade data, inte på grund av faktiska utsläppsökningar. Som syns i kurvan så har inte utsläppen av NH_3 minskat något nämnvärt efter år 2000 och förväntas inte heller göra det. Den enda riktigt stora utsläppsminskningen har skett i f.d. Sovjetunionen under 90-talet, men det är oklart varför. Dessa jämna utsläppskurvor döljer som tidigare nämnt relativt stora omställningar i det Europeiska jordbruket.

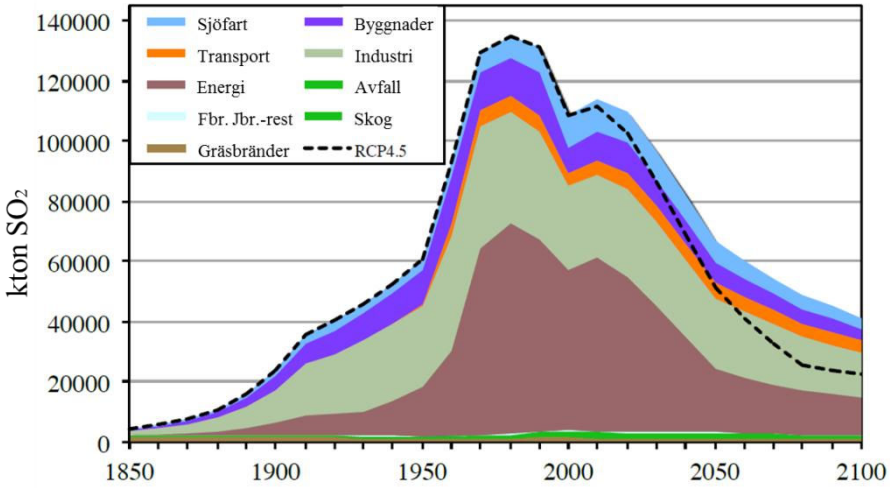
Sammantaget för Europa har alltså de största utsläppsminskningarna av SO_2 redan skett, medan NO_x-utsläppen förväntas sjunka ytterligare till 2030. Den relativa betydelsen av den internationella sjöfarten i Östersjön och Nordsjön fortsätter att öka till 2030. Utsläppen av NH_3 har legat stilla sedan 2000 och förväntas fortsätta göra det. För att ytterligare få ner utsläppen av SO_2 och NH_3 kommer det krävas ytterligare insatser i form av internationella överenskommelser och åtaganden. Det är dessutom motiverat att fokusera mer på NO_x-utsläpp från den internationella sjöfarten.

Globalt SO_2 1850-2100

På global nivå har utsläppen av SO_2 ökat och minskat enligt ungefär samma mönster som för Europa, med en viktig skillnad (Figur 10). Globalt sett

[15] http://www.ceip.at/, åtkomst 2014-02-01

förväntas nämligen utsläppen fortsätta minska under hela perioden fram till år 2100. Denna minskning drivs främst av att utsläppsminskningar av SO_2 i Kina förväntas följa samma utsläppskurva som Europa, men med en topp i utsläppskurvan någon gång mellan 2010 och 2020. Intressant i denna kurva är också att de globala utsläppen just nu ökar och förväntas öka fram tills 2020 innan de börjar minska.



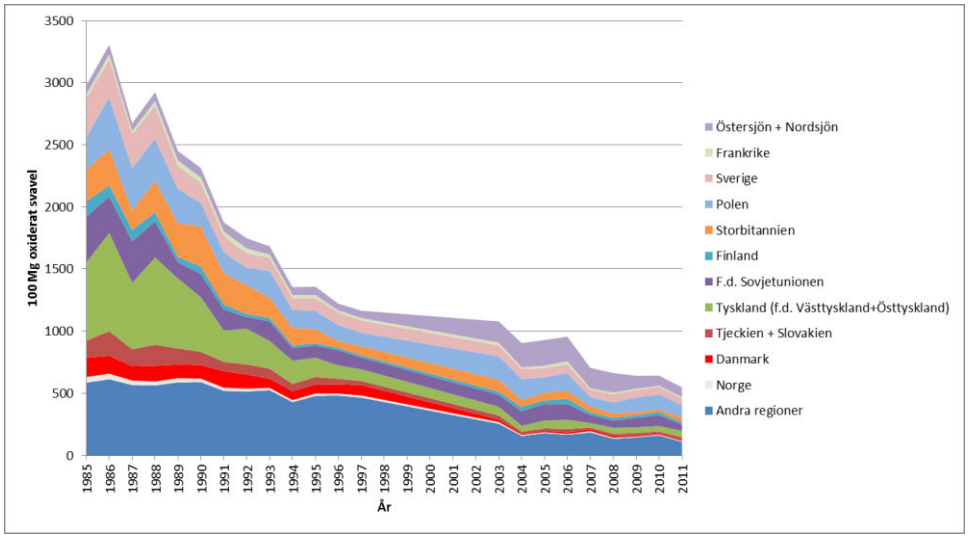
Figur 10: De globala SO_2-utsläppens utveckling samt förväntade utveckling till år 2100 (Smith and Bond 2014)

Deposition över Sverige

Data över deposition har också rapporterats internationellt sedan ett flertal år. Som nämnts finns det osäkerheter i historiska data. Metod och datauppdateringar på nationell nivå kan ha gjorts. Detta förklarar vissa av de observerade hacken i depositionskurvorna. För deposition är det främst perioden 2000 och framåt som kan betraktas som robust, så en viss försiktighet bör iakttas vid tolkningar av enskilda år (Simpson, personlig kommunikation 2014). Figurerna som visas i detta kapitel är färgkodade för varje utsläppskälla med samma färg som i graferna över utsläpp. Nedan presentas depositionskurvor över Sverige för svavel (släpps ut som SO_2), oxiderat kväve (NO_x) och reducerat kväve (NH_3). De länder och regioner som för varje ämne är viktigast för svensk deposition år 2010 redovisas för sig, medan övriga länder och regioner grupperas tillsammans. Data har hämtats från de statusrapporter som årligen publiceras av EMEP MSC-W under värdskap av det Norska Meteorologiska Institutet (EMEP MSC-W 1998, Tarrasón and Schaug 1999, Vestreng and Stören 2000, Vestreng 2001, EMEP, ccc et al. 2002, EMEP MSC-W 2003, EMEP 2004, Tarrasón, Benedictow et al. 2005, Tarrasón, Fagerli et al. 2006, Tarrasón, Fagerli et al.

2007, Fagerli, Gauss et al. 2008, Benedictow, Fagerli et al. 2009, Benedictow, Berge et al. 2010, EMEP MSC-W 2011, Fagerli, Gauss et al. 2012, Nyíri, Valiyaveetil Shamsudheen et al. 2013)[16].

Svaveldeposition över Sverige

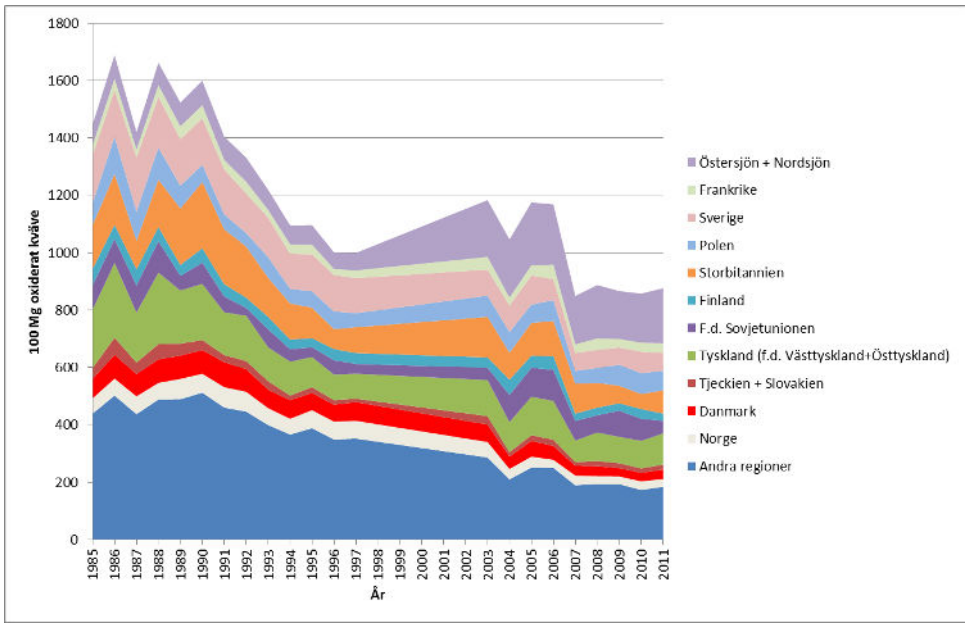


Figur 11: Svaveldeposition över Sverige 1985-2011 uppdelad på bidragen från olika länder (utdrag ur EMEP-rapporter 1998-2013)

Svaveldeposition har som figuren visar minskat sedan 1985, även om data tidigare än 2000 är att betrakta som osäkra. Intressant är att depositionsbidragen från alla regioner minskar i stort sett lika mycket efter det att effekten av Berlinmurens fall klingat av, med undantaget Tyskland vars bidrag till deposition över Sverige har minskat mer. Till skillnad från trenden för SO_2-utsläpp är det fortfarande en begränsad mängd länder som står för en mycket stor andel av den totala depositionen av svavel över Sverige. Deposition av luftföroreningar påverkas mycket av väder, därför kan deposition över Sverige variera för olika år utan att utsläpp har ändrat sig.

[16] http://www.emep.int/mscw/mscw_publications.html, åtkomst 2014-01-30

Deposition av oxiderat kväve över Sverige

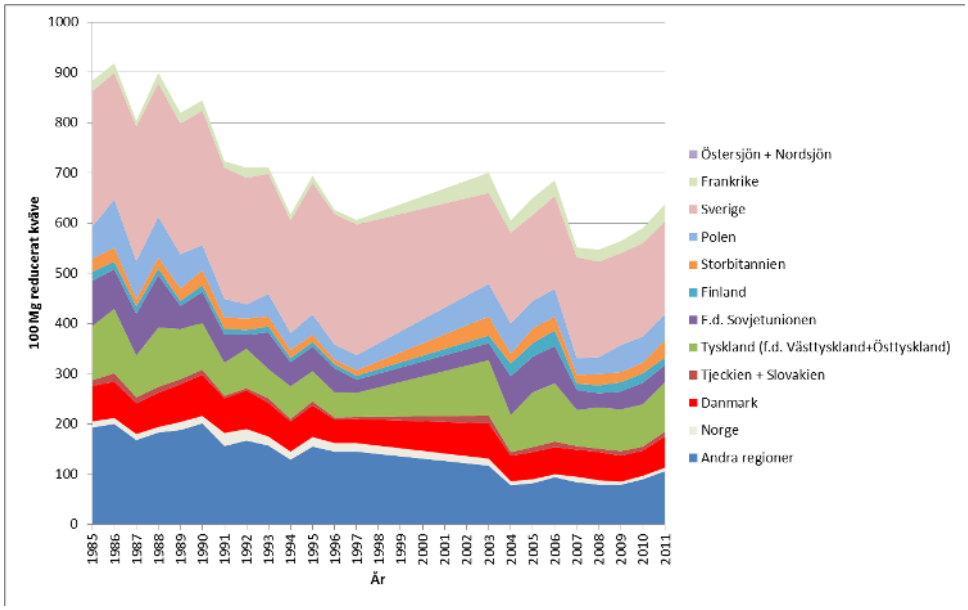


Figur 12: Deposition av oxiderat kväve över Sverige år 1985-2011 uppdelad på bidragen från olika länder (utdrag ur EMEP-rapporter 1998-2013)

På samma sätt som för utsläppen så visar deposition av oxiderat kväve inte på lika stor minskning över Sverige för perioden 1985-2011 som för svavel. Den internationella sjöfarten ökar under perioden sin andel av den totala depositionen av oxiderat kväve över Sverige. På samma sätt som för svavel är det med undantag för den internationella sjöfarten en begränsad mängd länder som har stor betydelse för deposition av oxiderat kväve över Sverige.

Deposition av reducerat kväve över Sverige

Ändring i deposition av reducerat kväve har varit mindre än för både svavel och oxiderat kväve.



Figur 13: Deposition av reducerat kväve över Sverige 1985-2011 uppdelad på bidragen från olika länder (utdrag ur EMEP-rapporter 1998-2013)

Figur 13 visar även viss ökning av depositionen mot slutet av perioden, samt ett stort bidrag från de inhemska utsläppen till depositionen över Sverige till skillnad från SO_2 och NO_x. NH_3 sprids inte lika långa distanser som SO_2 och NO_x varför Sveriges betydelse för depositionen av reducerat kväve blir större. Depositionsökningen från 2007 orsakas förmodligen på grund av väderförhållanden.

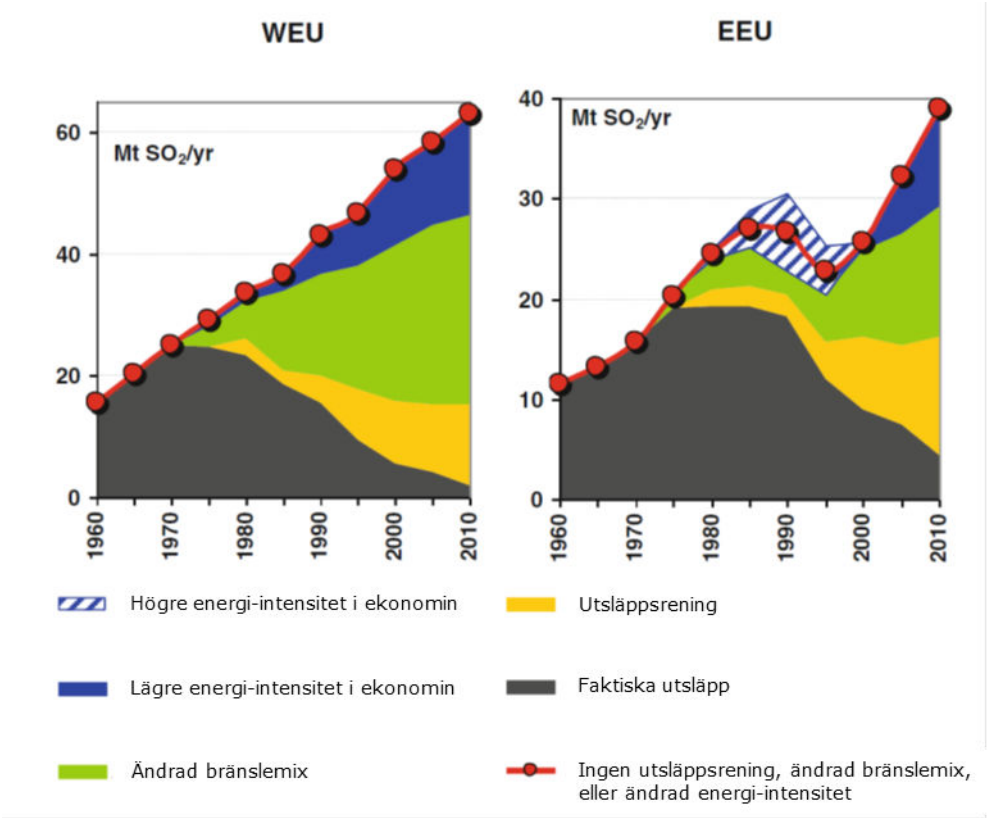
Sammantaget har alltså depositionen av svavel över Sverige minskat under hela perioden från 1985-2011 med ca 80 %, medan depositionen av oxiderat kväve minskat fram till 2007 med ca 40 % och sedan varit relativt konstant. Depositionen av reducerat kväve har i jämförelse minskat i betydligt mindre omfattning fram till 2007 och tenderar därefter att öka så att minskningen under perioden stannar på 30 %.

Kontrafaktiska utsläpp – Vad kunde ha hänt?

I detta kapitel skiftar vi nu fokus till vad som kunde ha hänt i Europa och Sverige. Först presenteras resultat från kontrafaktiska analyser av europeiska utsläpp. Dessa analyser inkluderar inte resultat över kontrafaktiska depositionsnivåer av försurande ämnen. Analyserna av europeiska utsläpp följs sedan av våra egna resultat. Våra resultat fokuserar på utsläpp och deposition som följd av utsläppsbegränsningar av SO_2 i Sverige, men inkluderar även effekter av NO_x-utsläppsbegränsningar i utvalda europeiska länder med stor betydelse för nedfallet av oxiderat kväve över Sverige. Vi kan tyvärr inte presentera resultat på global skala då vi inte funnit sådana resultat i litteraturen. Resultaten i den kontrafaktiska analysen inkluderar endast SO_2 och NO_x.

Europa

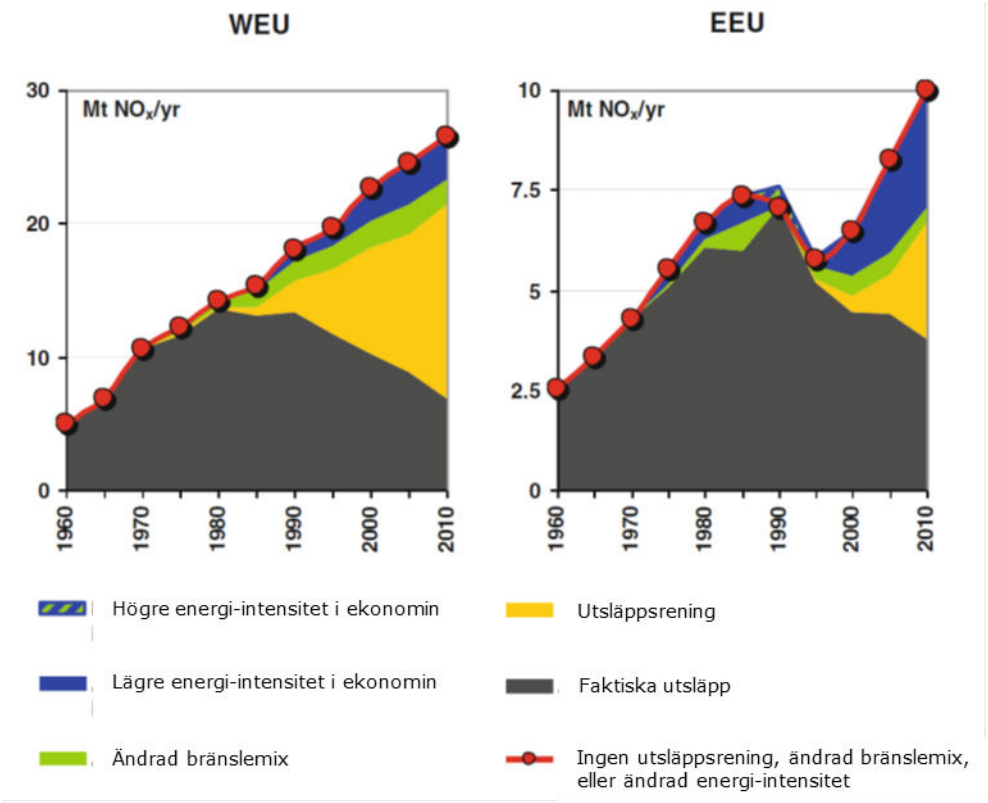
För Europa som helhet skulle utsläppen av både SO_2 och NO_x kunnat öka kraftigt sedan 1960 om inte förbättringar skett i energieffektivitet, bränsleskiften och utsläppsrening. Detta givet att den ekonomiska utvecklingen skulle ha fortsatt på samma sätt som den gjort i verkligheten.



Figur 14: Utsläpp av SO_2 i Västeuropa (WEU) och Östeuropa (EEU) under perioden 1960-2010. Resultaten för EEU visar tydligt hur de stora politiska ändringarna i Östeuropa ledde till lägre effektivitet i ekonomin och därmed högre utsläpp under en period (Rafaj, Amann et al. 2014).

Utsläppen av SO_2, som de facto sjönk mycket kraftigt i både öst och väst, skulle kunna ha mer än trefaldigats under perioden. Den viktigaste drivkraften till utsläppsminskning (relativt det värsta tänkbara scenariot) för perioden är ändringar i Europas bränslemix. Detta visar på vikten av svavelinnehållet i bränsle för Europas utsläpp av SO_2.

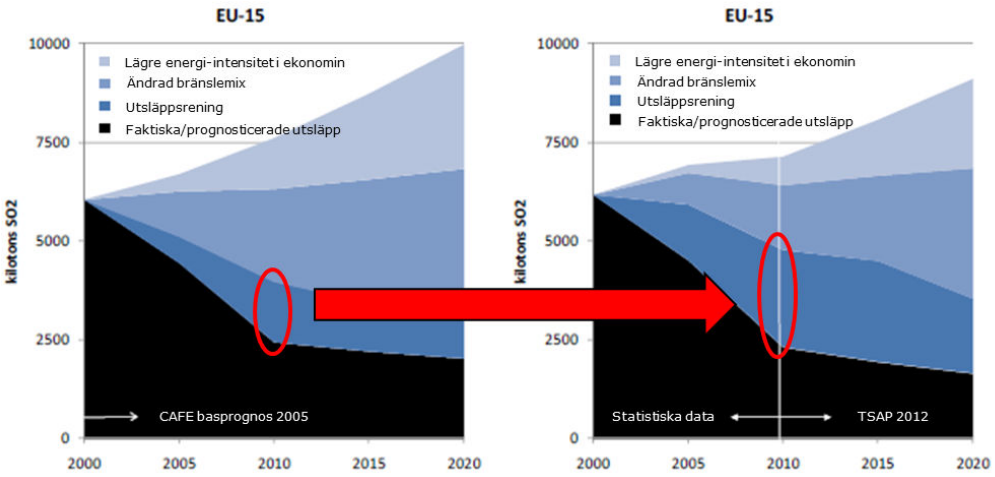
För NO_x är bilden delvis annorlunda. Utsläppen skulle visserligen kunnat ha mer än femfaldigats i det värsta tänkbara scenariot, en relativt sett högre ökning. Men framförallt så har den faktiska utsläppsminskningen inte varit lika markant för NO_x som för SO_2.



Figur 15: Utsläpp av NO_x i Västeuropa (WEU) och Östeuropa (EEU) under perioden 1960-2010. Till skillnad från SO_2 så orsakar inte högre energi-intensitet så värst mycket högre utsläpp av NO_x (Rafaj, Amann et al. 2014).

Det är inte heller samma mekanism som ligger bakom den faktiska utsläppsminskningen av NO_x. För NO_x är det främst användning av utsläppsreningstekniker som har lett till den stora utsläppsminskningen, framförallt i Västeuropa.

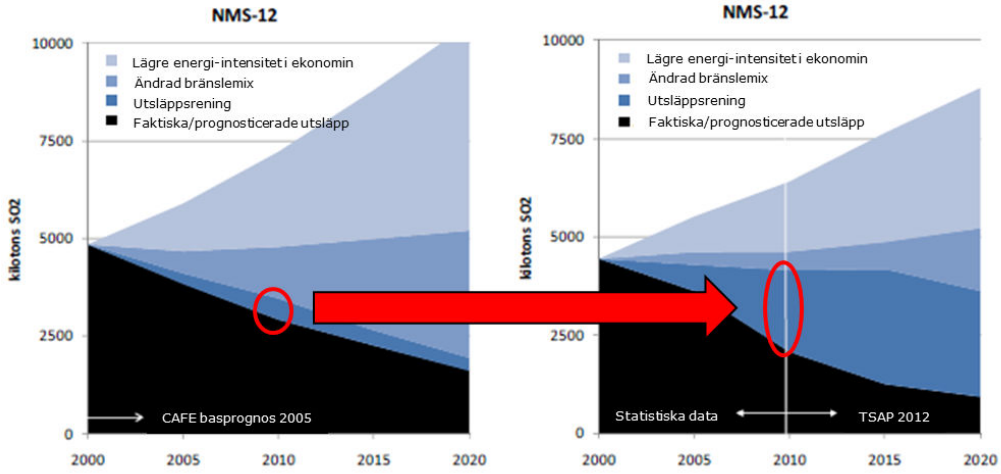
På EU-nivå finns det en intressant studie som jämför tidiga analyser med faktiska utfall. I en nyligen publicerad studie har (Rafaj, Amann et al. 2014) jämfört prognoserna i det underlag som togs fram inför EU:s strategi för ren luft (Clean Air For Europe, CAFE) med faktiska utsläpp år 2010. På ett liknande sätt som i ovan nämnda studie delas resultaten upp för två grupper av länder, EU-15 (EU:s gamla medlemsländer), och NMS-12 (EU:s 12 senast tillkomna medlemsländer). Analysen omfattar inte Kroatien. Av störst intresse för vår studie är att studien enligt (Rafaj, Amann et al. 2014) möjliggör en jämförelse mellan hur betydelsefull man trodde att utsläppsrening som åtgärd skulle bli, och hur betydelsefull den faktiskt blev.



Figur 16: SO_2-utsläppsminskning i EU-15, uppdelat på lägre energiintensitet (högre energieffektivitet), ändrad bränslemix och utsläppsrening. De röda markeringarna förtydligar att utsläppsrening har stått för en större andel av utsläppsminskningen än vad som beräknades i underlaget till CAFE (Rafaj, Amann et al. 2014).

Utsläppsrening har visat sig stå för hälften av utsläppsminskningen mellan år 2000 och år 2010, men Figur 16 visar även att i dagens prognoser så förväntas utsläppreningens andel av de totala utsläppsminskningarna minska efter år 2015.

Än mer markant är denna utveckling för de nya medlemsstaterna.



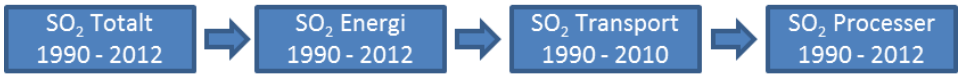
Figur 17: SO_2-utsläppsminskning i NMS-12, uppdelat på lägre energi-intensitet (högre energieffektivitet), ändrad bränslemix och utsläppsrening. De röda markeringarna förtydligar att utsläppsrening har stått för en större andel av utsläppsminskningen än vad som beräknades i underlaget till CAFE (Rafaj, Amann et al. 2014).

I NMS-12 har utsläppsrening stått för i stort sett hälften av utsläppsminskningen fram till år 2010, med fortsatt stor betydelse för utsläppsrening att vänta till år 2020. Men även för NMS-12 förväntar man sig minskad effekt av utsläppsrening efter år 2015.

Sverige - Resultat från egna analyser

I detta kapitel presenterar vi resultat från egna kvantitativa analyser. Resultaten presenteras i sex delar och i följande ordning:

1. Utsläpp av SO_2 om vi slutat begränsa tillåtna utsläpp i Sverige

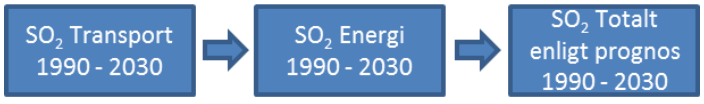


2. Utsläpp av NO_x om vi slutat begränsa utsläpp från mobila källor i Sverige

3. Vilken effekt skulle detta ha på försurande deposition över Sverige?

4. Specifika resultat för SO_2

5. Framåtblickande utsläppsbanor för SO_2



6. Koppling till klimatpolitik

Vilka styrmedel har varit i fokus?

Då antalet potentiellt påverkande styrmedel har varit stort genomfördes som tidigare nämnt ett expertmöte. I detta identifierades de svenska styrmedel med störst effekt på svensk försurning. Följande styrmedel ansågs vara viktigast.

Tabell 4: Viktigaste svenska styrmedel för svensk försurning

Typ av styrmedel	Införandeår
Svavellagen, inkl. skärpningar	1968
Tillståndsgivning, inkl. skärpningar	1969
NO_x-katalytisk avgasrening fordon (pre-euro)	1987
Utsläppsrening mobila källor (euro 1-6 m.fl.)	1992
NO_x-avgiften	1991
Svavelskatt el och värmeproduktion	1991

Den svenska svavellagen från 1968 har skärpts och vidgats i flera omgångar. Då uppgifter om äldre tillägg till lagar och förordningar inte alltid är lätt tillgängliga är listan inte helt komplett. På samma sätt har tillståndsgivningen från 1969 vidgats och skärpts i flera omgångar. I Appendix 2 och Appendix 3 visas en sammanfattad historik av den svenska Svavellagstiftningen och Tillståndsgivningen.

Utsläppskrav i transportsektorn (Eurostandarder) har analyserats särskilt, och för transportsektorn har även effekt av svavellagen analyserats.

För att kunna analysera effekterna av dessa lagar omräknades svenska utsläpp mellan år 1990 och 2012 genom att hålla utsläppsbegränsning (utsläppsfaktorer) för ett givet år konstanta. Dessa omräkningar genomfördes i ett antal olika utsläppsbanor. För två typer av svavellagstiftning kunde vi dessutom isolera ut enskilda ändringar i lagstiftning. Effekt av svavelskatt ligger inbakat i dessa siffror.

Svavelskatten och NO_x-avgiften har inte kunnat analyseras särskilt i denna analys så det finns visst möjlighet till överlappande effekter mellan dessa ekonomiska och de ovan inkluderande juridiska styrmedlen. Detta påverkar inte analysens resultat avseende utsläpp och deposition, men öppnar däremot för att även svavelskatten och NO_x-avgiften bidragit till minskade utsläpp. Då svavelskatten infördes första januari 1991 och inte har ändrats i

nivå sedan dess så är det främst utsläppsbanor med 1990 års utsläppsbegränsning som inkluderar effekt av svavelskatt.[17] Svavelskatten varierar per bränsle och ligger mellan 14-30 kr/kg SO_2 och har inte inflationsjusterats. NO_x-avgiften infördes 1992 så även där är det främst utsläppsbanor med 1990 års utsläppsbegränsning som inkluderar effekten av NO_x-avgiften. NO_x-avgiften höjdes år 2008 men denna höjning skall haft liten effekt på utsläpp (Naturvårdsverket 2012). Även utsläppsbanor med senare års utsläppsbegränsning kan till avklingande del vara påverkad av svavelskatt och NO_x-avgift. Detta på grund av att investeringar i reningsteknik inte nödvändigtvis sker som en direkt respons på en höjd skattesats. Investeringen sker vid lämpligt investeringstillfälle, vilket bestäms av flera andra parametrar. Därför är det möjligt att effekten på utsläpp uppstår senare (eller tidigare) än införandeåret.

Utsläppsbanor som analyserats

För att kunna analysera effekterna på utsläpp av de utvalda styrmedlen skapades ett antal utsläppsbanor som dels representerade utsläppsbanor givet dagens och väntade framtida styrmedel, dels representerade utsläppsbanor där ett eller flera styrmedel tagits bort.

SO_2

Utsläppsbanor SO_2 1990-2012

För SO_2 fanns det inom projektets ramar inte möjlighet att analysera utländsk lagstiftning, utan fokus var på svenska utsläppsbegränsningar för perioden 1990-2012. Följande utsläppsbanor har analyserats:

- *Gällande lagstiftning*
    - Utsläpp enligt Sveriges senaste officiella utsläppsrapportering (Naturvårdsverket 2014).
- *Utsläppsbegränsning 1990*
    - 1990 års utsläppsfaktorer gällde för hela tidsperioden och hela landet, med undantag för sektorsspecifika analyser
- *Utsläppsbegränsning 1995*
    - 1995 års utsläppsfaktorer gällde för hela tidsperioden och hela landet, med undantag för sektorsspecifika analyser

[17] Första januari 2002 skärptes kraven för vilken svavelhalt i olja som innebar skattebefrielse. Sänkningen innebar att olja med en svavelhalt <0,05 % inte behövde betala någon svavelskatt, tidigare var nivån <0,1 %.

- *Utsläppsbegränsning 2000*
    - 2000 års utsläppsfaktorer gällde för hela tidsperioden och hela landet, med undantag för sektorsspecifika analyser
- *Utsläppsbegränsning 2005*
    - 2005 års utsläppsfaktorer gällde för hela tidsperioden och hela landet, med undantag för sektorsspecifika analyser
- *Ingen utsläppskontroll*
    - Den lägsta möjliga nivån av utsläppsrening och användning av lågsvavliga bränslen som finns tillgänglig i GAINS-modellen användes
- *Sverige år 2010 i 2000 års Europa*
    - Den svenska utsläppsnivån av SO_2 som gällde år 2010 analyserades tillsammans med Europas utsläpp så som de var år 2000
- *Strukturomvandling & resurseffektivisering i industrin*
    - Utsläppsfaktorer per insatsvara hölls konstant istället för utsläppsfaktor per slutprodukt.
- *Reglering av bränsle i industri- och energiproduktion* (för detaljer se Appendix 7)
    - 1990 års emissionsfaktorer för specifika delsektorer
- *Svavellag - Reglering av dieselbrännolja*
    - 1995 års emissionsfaktorer för dieselbrännolja som används utanför transportsektorn (för detaljer se Appendix 7)
- *Svavellag – Reglering av marin dieselolja*
    - 1995 års emissionsfaktorer för fiske, inrikes sjöfart, och militär sjöfart (för detaljer se Appendix 7)

Utsläppsbanor SO_2 1990-2030

Förutom utsläppsbanan *Gällande Lagstiftning* var det för sektorn Energi- & Transport (CRF 1) möjligt att genomföra beräkningar av framtida utsläppsbanor. Så för utsläppet SO_2 och perioden 1990-2030 analyserades även utsläppsbanorna:

- *Gällande lagstiftning*
    - Utsläpp i utsläppsbanan baserat på Sveriges senaste officiella utsläppsinventering och senaste officiella prognos (Gustafsson, Sjödin et al. 2013, Swedish Environmental Protection Agency 2014).
- *Utsläppsbegränsning 1990 för energi- & transportsektorn*
- *Utsläppsbegränsning 1995 för energi- & transportsektorn*

- *Utsläppsbegränsning 2000 för energi- & transportsektorn*
- *Utsläppsbegränsning 2005 för energi- & transportsektorn*

Vi analyserade även den specifika påverkan av svavellagstiftning i transportsektorn och dess påverkan på Sveriges totala utsläpp för perioden 1990-2030:

- *Gällande lagstiftning*
- *Utsläppsbegränsning 1990 för mobila källor*
- *Utsläppsbegränsning 1995 för mobila källor*
- *Utsläppsbegränsning 2000 för mobila källor*
- *Utsläppsbegränsning 2005 för mobila källor*
- *Utsläppsbegränsning 2010 för mobila källor*

Utsläppsbanor NO_x 1990-2030

För NO_x analyserades endast påverkan från införandet av utsläppskrav av NO_x-utsläpp från mobila källor. Internationell sjöfart är inte inkluderad i dessa analyser.

Då utsläppskrav på mobila källor följer EU:s krav/direktiv (även om Sverige och några andra länder under 80-talet var föregångare med nationella krav) så var det möjligt att analysera effekter av flera länders införande av utsläppskrav. I denna analys fokuserades på länderna Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige då dessa är viktiga för deposition av oxiderat kväve i Sverige år 2010 (Fagerli, Gauss et al. 2012). För dessa utsläppsbanor var det även möjligt att studera framtida utsläpp, så analysperioden för NO_x var 1990-2030. Följande utsläppsbanor analyserades:

- *Gällande lagstiftning* i hela Europa
    - För Sveriges del var utsläppsbanan baserat på Sveriges senaste officiella utsläppsinventering och senaste officiella prognos (Gustafsson, Sjödin et al. 2013, Swedish Environmental Protection Agency 2014)
    - Övriga Europa baserat på bas-scenariot i (European Commission 2013) för perioden 2005-2030, samt IIASAs scenario (WEO 2011) perioden 1990-2000
- *Utsläppsbegränsning 1990 för mobila källor* för hela tidsperioden i Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige
- *Utsläppsbegränsning 1995 för mobila källor* för hela tidsperioden i Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige

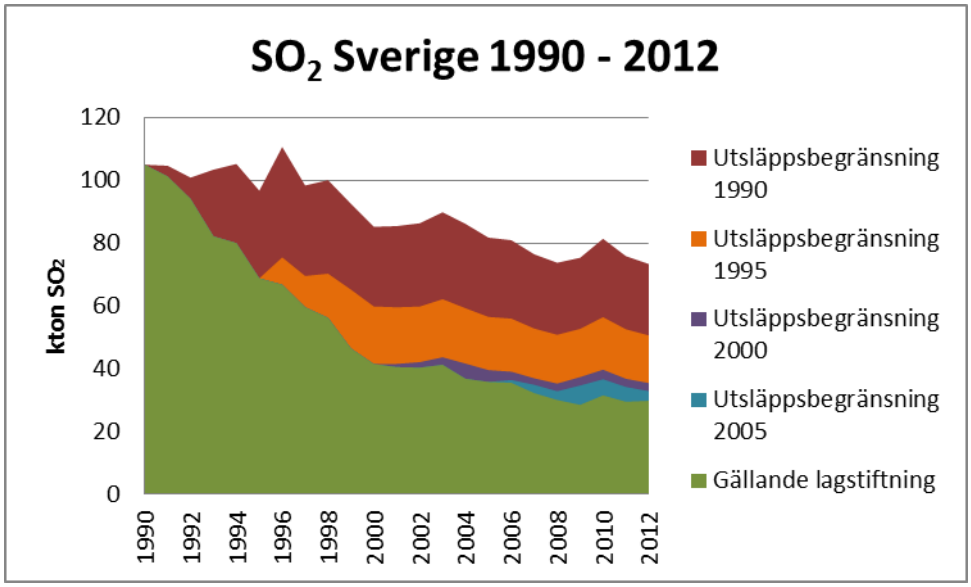
- *Utsläppsbegränsning 2000 för mobila källor* för hela tidsperioden i Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige
- *Utsläppsbegränsning 2005 för mobila källor* för hela tidsperioden i Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige
- *Utsläppsbegränsning 2010 för mobila källor* för hela tidsperioden i Danmark, Finland, Tyskland, Polen, och Sverige
- Ovanstående utsläppsbanor men endast inkluderande effekter av ändrar svensk lagstiftning medan övriga Europa följer basprognoser.

I de analyserade utsläppsbanorna antog vi att övriga europeiska utsläpp är i linje med bas-scenariot i Europakommissionens nyligen publicerade förslag till ett nytt utsläppstaksdirektiv (European Commission 2013) för perioden 2005-2030, samt IIASAs scenario (WEO 2011) perioden 1990-2000. Utsläpp från sjöfart följde de utsläppsbanor som även de användes till Europakommissionens underlag (Campling, Janssen et al. 2013, Campling, Janssen et al. 2013).

Det är självklart inte troligt att Europa utanför Sverige skulle arbeta med sänkta svavelutsläpp utan att Sverige gör det. Men det är inte heller troligt att Sverige skulle kunna fortsätta minska sina utsläpp från 1990 års nivåer utan att Europa skulle minska sina utsläpp. Vi valde därför att göra så små ändringar som möjligt i faktiska utsläppsdata i våra utsläppsbanor, och därmed låta Europas utsläpp vara som de rapporterats och prognosticeras av EU. Vid beräkning av deposition av försurande ämnen antas alltså att övriga Europa minskar sina utsläpp i linje med statistik eller prognos.

Utsläpp av SO_2 om vi slutat begränsa tillåtna utsläpp i Sverige?

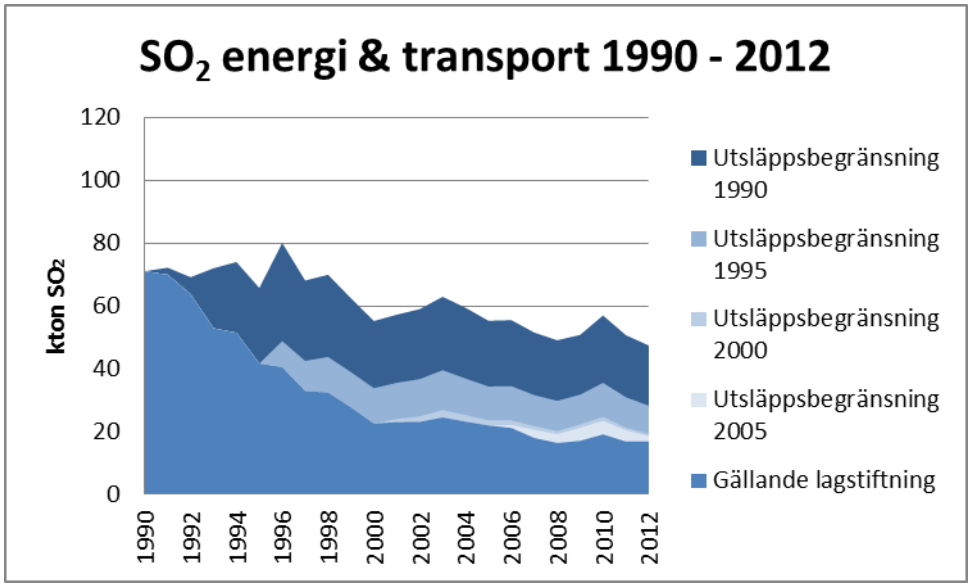
Sammantaget så har de svenska utsläppen av SO_2 minskat från 105 kton år 1990 till 30 kton år 2012. Om 1990 års lagstiftning hade fortsatt gälla skulle utsläppen istället varit ca 73 kton SO_2 år 2012. D.v.s. en total minskning med 32 kton istället för 75 kton.



Figur 18: Svenska SO_2-utsläppsbanor som följd av olika års ambitionsnivå gällande utsläppsbegränsning, Gällande lagstiftning motsvarar utsläpp för Sverige enligt officiell rapportering.

Den period av utsläppsbegränsningar med störst påverkan på utsläpp år 2012 var de skärpningar som skedde mellan år 1990 och 1995. Intressant är dock att utsläppsbegränsningar efter 2005 hade större effekt än begränsningar mellan 2000-2005. De faktiska utsläppen minskade med 72 % för hela perioden.

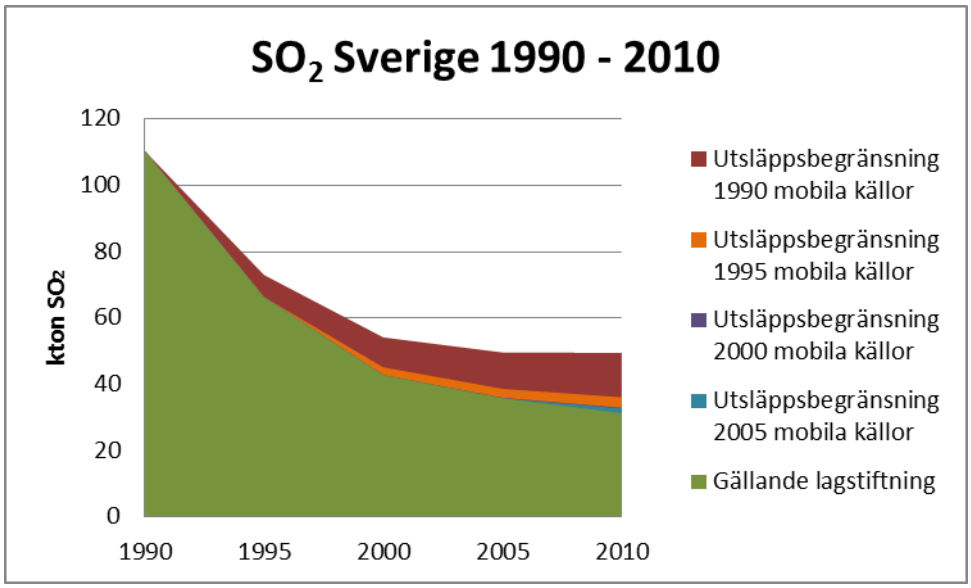
En noggrannare titt på sektorerna visar en något varierad bild. För energi- & transportsektorn har utsläppsbegränsningarna haft en liknande effekt som för Sverige totalt.



Figur 19: Svenska SO_2-utsläpp från energi- och transportsektorn som följd av olika års ambitionsnivå gällande utsläppsbegränsning

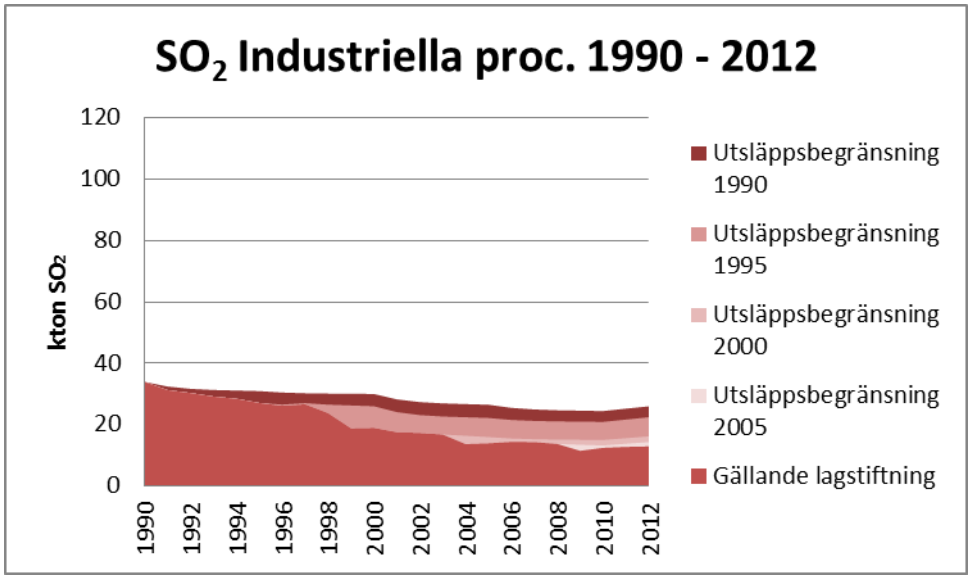
De faktiska utsläppsbegränsningarna har för sektorn varit kraftigast mellan 1990-2000. Och för hela perioden har utsläppen från energi- & transport varit 76 %.

En del av denna utsläppsminskning har skett i transportsektorn, och där dominerar perioden 1990-1995 totalt. På grund av att vi för analyser av transportsektorn använt GAINS-modellen visas i Figur 20 mobila källors andel av utsläppen i hela Sverige för de analyserade utsläppsbanorna.



Figur 20: Svenska SO_2-utsläpp som följd av olika års ambitionsnivå gällande mobila utsläppskällors svavelhalt i bränsle (resultaten är för en modellerad utsläppsbana i vilken utsläpp år 1990 är 110 kton istället för 105 kton som anges i officiell statistik)

Utsläppen från processindustrin har till skillnad från energisektorn fortsatt att sjunka för hela perioden, från 34 kton SO_2 år 1990 till 12 kton år 2010.

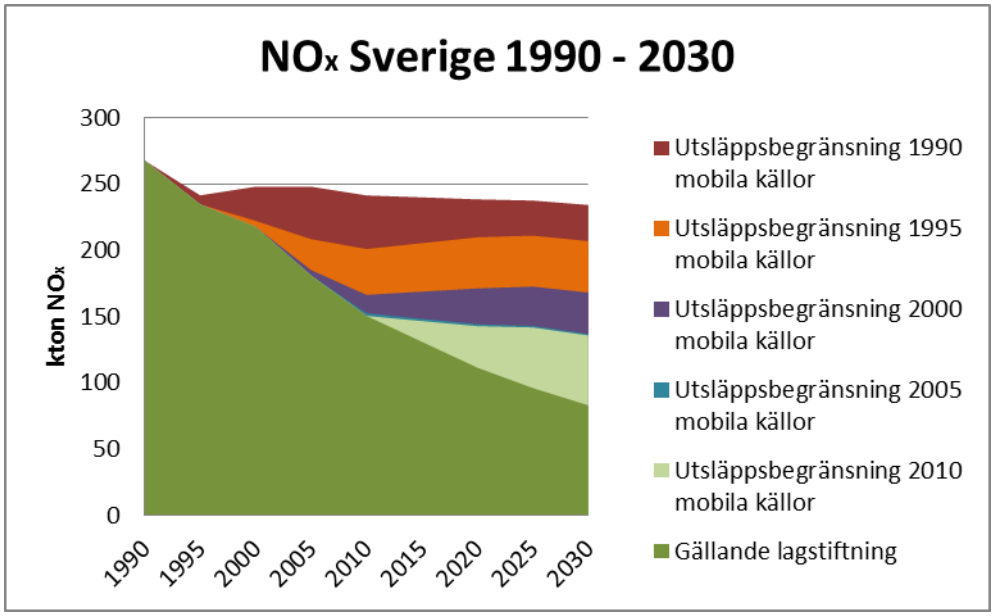


Figur 21: Svenska SO_2-utsläpp från industriella processer följd av olika års ambitionsnivå gällande utsläppsbegränsning

Till skillnad från energi-relaterade utsläpp (Figur 19) så är det för de processrelaterade utsläppen lagstiftningsperioden mellan 1995-2000 som haft störst effekt på SO_2-utsläppen för perioden. Totalt minskade utsläppen från industriella processer med 62 % för hela perioden.

Utsläpp av NO_x om vi slutat begränsa tillåtna utsläpp från mobila källor?

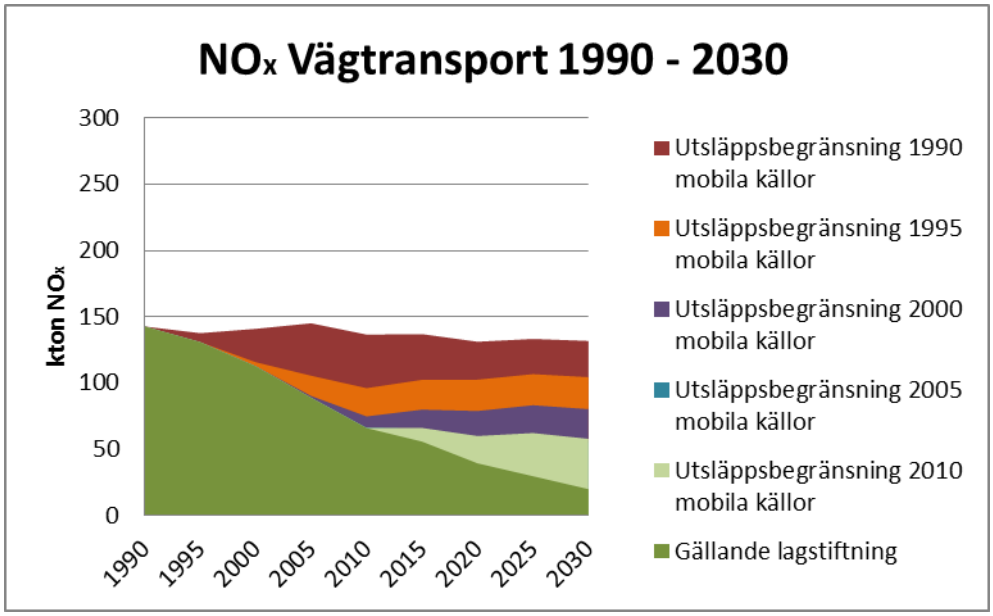
Införandet av NO_x-avgaskrav har haft en central roll för minskningen av NO_x-utsläpp från mobila källor i Sverige.



Figur 22: Svenska NO_x-utsläpp som följd av avgaskrav på mobila utsläppskällor

Utan dessa krav skulle utsläppen från mobila källor ha legat nästan konstant istället för att minska under perioden. För Sverige som helhet, och för perioden framåt till 2030 så prognosticeras transportsektorn fortfarande vara av mycket stor betydelse för minskade nationella utsläpp. Utsläppskurvorna i Figur 22 visar tydligt hur viktiga utsläppskrav på mobila källor är för de observerade och förväntade utsläppsminskningarna av NO_x i Sverige. Utan dessa skulle utsläppen av NO_x ligga mer eller mindre konstant över tid.

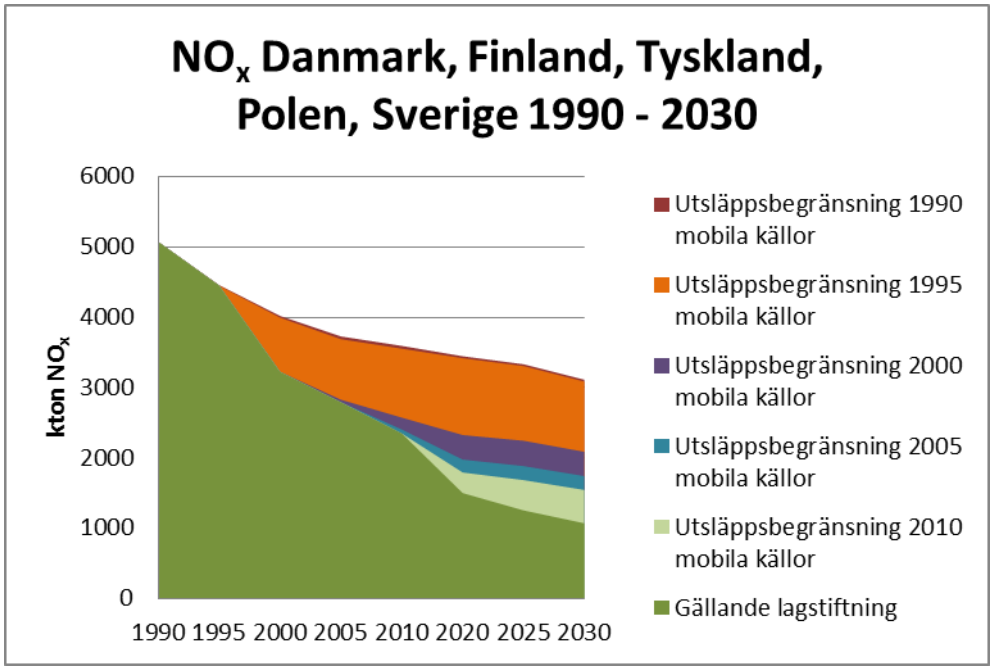
Figur 23 visar mer detaljerade resultat för vägtransportsektorn, som har stått för en betydande del av den totala utsläppsminskningen från mobila källor.



Figur 23: Svenska vägtransporters NO_x-utsläpp som följd av avgaskrav på mobila utsläppskällor

Som Figur 23 visar skulle utsläppen från vägtransporter legat nästan konstant om inte utsläppkrav på fordon börjat träda i kraft från 1990. Resultaten visar dessutom hur viktigt det är för framtida utsläppsminskningar att faktiska utsläpp från transporter är i linje med de som anges i utsläppskraven, d.v.s. att utsläppsminskningen såsom den beräknas ske i *Utsläppsbegränsning 2010 mobila källor* verkligen blir av.

För de analyserade europeiska länderna ser däremot läget lite annorlunda ut som syns i Figur 24.



Figur 24: NO_x-utsläpp i Danmark, Finland, Tyskland, Polen och Sverige som funktion av avgaskrav på mobila utsläppskällor

Det intressanta med NO_x-utsläppskraven är att Sverige är det enda av de analyserade länderna vars nationella NO_x-utsläpp skulle ligga i stort sett stilla fram till år 2030 ifall inga utsläppskrav på mobila källor skulle införas efter 1990. Se jämförelse mellan Figur 22 och Figur 24. Detta är rimligtvis på grund av skillnader i hur energisystemet är uppbyggt. Sverige sticker ut som ett land med över 90 % av elen producerad från vattenkraft och kärnkraft (utan utsläpp av NO_x), medan övriga länder har en elproduktion till mycket större del baserad på förbränning.

Under denna period sjunker Europas samlade utsläpp av NO_x från 26500 kton år 1990 till ~9100 kton år 2030 (14900 kton år 2010).

I utsläppsbanan *Utsläppsbegränsning 1990 mobila källor* skulle Europas utsläpp ha varit ca 16 000 kton år 2010 och ca 11 000 kton år 2030 på grund av utsläppsbegränsningar för mobila källor i de utvalda länderna.

Vilken effekt skulle detta ha på försurande deposition över Sverige?

Som förtydligande till läsaren vill vi först säga att alla resultat avseende deposition av svavel och oxiderat kväve är baserat på utsläppsbanor inkluderandes länders totala utsläpp, även om vi ovan har redovisat resultat endast för utvalda sektorer.

Depositionen av försurande ämnen över Sverige påverkas i stor utsträckning av utsläpp i andra länder. Då Sverige redan innan 1990 hade genomfört en betydande andel av sin utsläppsminskning av SO_2 blir därför nettoeffekten av enbart de svenska åtgärderna inte stor.

Tabell 5: Svaveldeposition år 2010 enligt analyserade utsläppsbanor för Sverige

Utsläppsbana	Svenska SO_2 utsläpp	Beräknad svaveldeposition i Sverige 2010		
		Medel	Min	Max
	kton	mgS/m^2		
Ingen utsläppskontroll	157	180	44	1053
Utsläppsbegränsning 1990	87	153	41	655
Utsläppsbegränsning 1995	59	140	39	469
Utsläppsbegränsning 2000	40	132	37	373
Gällande lagstiftning	32	128	36	350

I ett hypotetiskt Europa där endast Sverige år 1990 skulle avstannat sitt arbete med att minska utsläpp av SO_2 så skulle depositionen av svavel ha varit 20 % högre än vad som varit fallet enligt *Gällande lagstiftning*. Och som en bekräftelse av hur viktigt internationellt samarbete är för Sverige ges att en 63 % minskning av SO_2-utsläpp endast gett en 16 % minskning av svaveldeposition i Sverige år 2010.

En annan intressant jämförelse är hur viktigt utsläppsminskningar i Europa varit i jämförelse utsläppsminskningar i Sverige. För att möjliggöra en sådan jämförelse skapade vi två utsläppsbanor. I det första beräknade vi med GAINS-modellen ut medeldeposition av svavel år 2000 enligt utsläppsbanan *Gällande lagstiftning*. I det andra ersatte vi svenska utsläppsnivån år 2000 med utsläppsnivån år 2010. Vi studerade alltså endast effekten av minskade svenska utsläpp. Resultaten visas i Tabell 6.

Tabell 6: Svaveldeposition år 2000 som följd av hypotetiska utsläppsbanor för Sverige och Europa

Utsläppsbana	Svenska SO_2 utsläpp	Beräknad svaveldeposition i Sverige 2000		
		Medel	Min	Max
	kton	mgS/m^2		
Svenska och europeiska utsläpp år 2000	*42*	*184*	*42*	*575*
Svenska utsläpp som år 2010, Europas utsläpp som år 2000	*32*	*181*	*41*	*570*

Dessa utsläppsbanor visar att Sveriges minskade utsläpp med 24 % under 10 års tid endast skulle gett en minskad deposition motsvarande 2 %.

Ytterligare jämförelser kan göras. Om man jämför den utsläppsbana i vilken vi antagit ingen specificerad utsläppsrening eller användning av lågsvavliga bränslen i Sverige (*Ingen utsläppskontroll*) och den utsläppsbana där vi flyttat Sveriges utsläpp år 2010 till år Europa år 2000 (*Svenska utsläpp som år 2010, Europas utsläpp som år 2000*) så ses att effekten på svensk medeldeposition är i stort sett lika stor. D.v.s. effekten av Europas arbete med att minska sina SO_2-utsläpp under perioden 2000-2010 påverkade deposition av svavel över Sverige lika mycket som Sveriges hela åtgärdspaket inklusive det som var installerat 1990. Jämförelsen är osäker då utsläppsbanan *Ingen utsläppskontroll* använder utsläppsfaktorer som rimligtvis inte bör vara jämförbara med de utsläppsfaktorer som gällde i Sverige år 1970 då de svenska utsläppen började sjunka.

Reglering av svavelhalt i bränsle för transportsektorn har även analyserats för Danmark, Finland, Tyskland, Polen och Sverige som grupp.

Tabell 7: Påverkan på depositionen av svavel över Sverige som följd av krav på svavelhalt i bränsle till mobila källor i Danmark, Finland, Tyskland, Polen och Sverige år 2010

Utsläppsbana	Medeldeposition Sverige 2010
	mgS/m^2
Utsläppsbegränsning 1990 mobila källor	154
Utsläppsbegränsning 1995 mobila källor	149
Utsläppsbegränsning 2000 mobila källor	147
Utsläppsbegränsning 2005 mobila källor	147
Gällande lagstiftning	128

Utsläppsbanorna visar att effekten på deposition av svavel över Sverige som följd av reglering av svavelhalt i fordonsbränslen i Danmark, Finland, Tyskland, Polen och Sverige blev lika stor som effekten av hela Sveriges utsläppsbegränsning från år 1990 (medeldeposition S 2010 i *Utsläppsbegränsning 1990 mobila källor* ~ medeldeposition i *Utsläppsbegränsning 1990*).

För NO_x har utsläppskrav på mobila källor också lett till minskad deposition av oxiderat kväve över Sverige. Effekten är relativt sett mindre än de

effekter vi sett för svavelutsläppsbanorna. Detta antagligen för att NO_x-utsläppen från övriga Europa fortsätter vara betydande. Däremot så börjar utsläppskraven på mobila källor i de studerade länderna få större effekt framåt i tiden.

Tabell 8: Påverkan på nedfall av oxiderat kväve över Sverige av utsläppskrav på mobila källor i Danmark, Finland, Tyskland, Polen och Sverige år 1990-2030 [mg oxiderat kväve/m^2]

[mg oxN/m^2]		1990	1995	1995	2000	2005	2010	2020	2025	2030
Utsläpps-begränsning 1990 mobila källor	Min	38	34	30	32	31	30	27	26	25
	Max	860	807	641	713	689	641	603	592	593
	Median	196	174	148	159	156	148	136	132	130
	Medel	**274**	**248**	**205**	**224**	**218**	**205**	**188**	**183**	**180**
Utsläpps-begränsning 1995 mobila källor	Min	38	34	29	31	30	29	27	26	25
	Max	860	806	636	710	684	636	600	589	590
	Median	196	173	145	157	152	145	133	130	128
	Medel	**274**	**248**	**201**	**222**	**214**	**201**	**186**	**180**	**178**
Utsläpps-begränsning 2000 mobila källor	Min	38	34	28	30	29	28	25	24	23
	Max	860	806	565	653	619	565	525	518	523
	Median	196	173	131	148	140	131	118	115	113
	Medel	**274**	**248**	**180**	**207**	**195**	**180**	**162**	**158**	**156**
Utsläpps-begränsning 2005 mobila källor	Min	38	34	27	30	29	27	24	23	22
	Max	860	806	553	653	615	553	499	491	498
	Median	196	173	128	148	140	128	112	108	107
	Medel	**274**	**248**	**176**	**207**	**194**	**176**	**154**	**149**	**147**
Utsläpps-begränsning 2010 mobila källor	Min	38	34	27	30	29	27	24	22	22
	Max	860	806	547	653	615	547	484	476	482
	Median	196	173	127	148	140	127	110	105	104
	Medel	**274**	**248**	**174**	**207**	**194**	**174**	**150**	**144**	**143**
Gällande lagstiftning	Min	38	34	27	30	29	27	23	21	21
	Max	860	806	547	653	615	547	464	444	448
	Median	196	173	127	148	140	127	104	97	95
	Medel	**274**	**248**	**174**	**207**	**194**	**174**	**142**	**133**	**130**

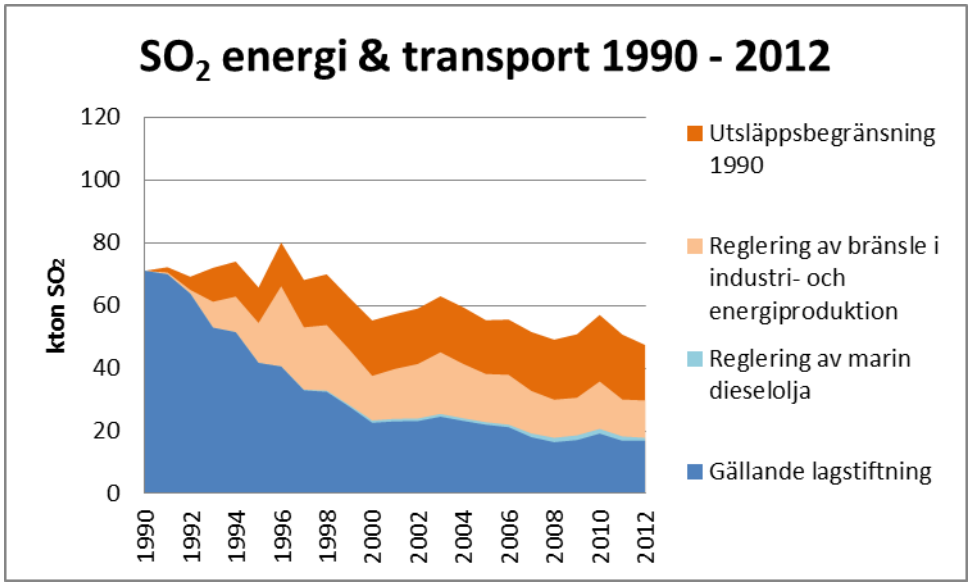
Rimligtvis är det den förväntade europeiska utsläppsminskningen av NO_x fram till år 2030 som gör effekten av transportåtgärder i de studerade länderna mer märkbara år 2030 än år 2010. Sammantaget syns i Tabell 8 att medeldepositionen av oxiderat kväve över Sverige beräknas bli ca 28 % lägre år 2030 enligt *Gällande lagstiftning* än om de aktuella länderna skulle haft en utsläppsbegränsning motsvarande 1990 års nivåer för mobila källor (medeldeposition 130 istället för 180 mg oxN/m^2).

Specifika resultat för SO_2

Effekter av specifika skärpningar i lagstiftning

Det underlag vi haft tillgång till, och de beräkningar vi genomfört har även gjort det möjligt att analysera vissa sektorsspecifika situationer. Vid en genomgång av Svavellagen och Lagen om tillståndsgivning såg vi att vi kunde plocka ut tre specifika skärpningar av Svavellagen för analys av dess konsekvenser på energi- och transportsektorns utsläpp av SO_2. I denna analys studerade vi effekterna av:

1) Reglering av bränsle i industri- och energiproduktionssektorn från 1990
2) Reglering av dieselbrännolja från 1995
3) Reglering av marin dieselolja för nationell sjöfart från 1995

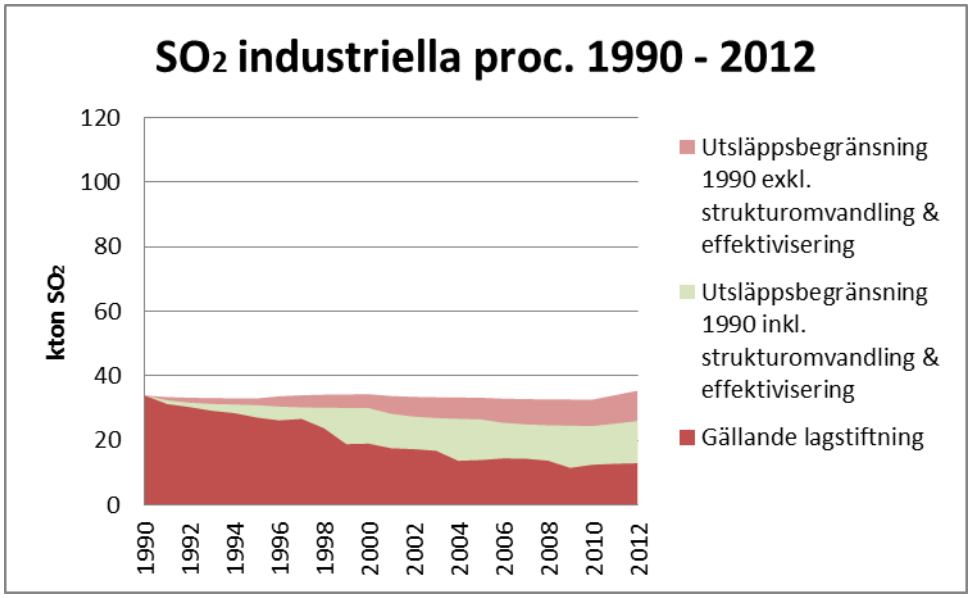


Figur 25: Svenska lagstiftningsspecifika SO_2-utsläpp från energi- och transportsektorn 1990-2010

Som syns i Figur 25 utgjorde skärpningen av svavelhalt i bränsle för industri- och energiproduktion mellan 1990 och 1995 en stor del av den totala utsläppsminskningen genom utsläppsbegränsning under perioden. Intressant är också att effekterna av regleringen av dieselbrännolja var så små att det inte ens var lönt att ta med dem i figuren. De utsläpp som kontrollerades var för små. Med andra ord verkar denna skärpning av lagstiftningen varit onödig.

Påverkan på utsläpp av effektivare processer i industrin

Med hjälp av data från industrins miljörapporter har vi dessutom kunnat simulera en effekt på utsläpp av effektivare resursanvändning inom processindustrin. Resultaten av denna analys visade en betydande påverkan på utsläpp till följd av effektivare processer. Figur 26 inkluderar påverkan av strukturomvandling och resurseffektivisering inom processindustrin på SO_2-utsläpp för processindustrin. Denna effekt står rimligtvis för något mer än en tredjedel av processindustrins utsläppsminskningar för perioden.



Figur 26: Svenska SO_2-utsläpp från industriella processer 1990-2012 till följd av strukturomvandling & resurseffektivisering och utsläppsrening

Strukturomvandlingen och resurseffektiviseringen i Figur 26 kommer främst från järn- och stålindustrin, och motsvarar ~9,5 kton utsläppsminskning. Den totala utsläppsminskningen i sektorn industriella processer var 21,5 kton för perioden. Dessutom visar Figur 26 att utsläppen från industriella processer skulle ökat under den analyserade perioden om inte strukturomvandling och resurseffektivisering skett.

Även om motsvarande siffror inte finns för perioden 1970-1990 så är det intressant att strukturomvandlingen och den trend mot ökad resurseffektivisering vi kunnat se inom järn- och stålindustrin för 1990-2012 även fanns för pappers- och massaindustrin för perioden 1970-1990 (se tidigare i detta kapitel).

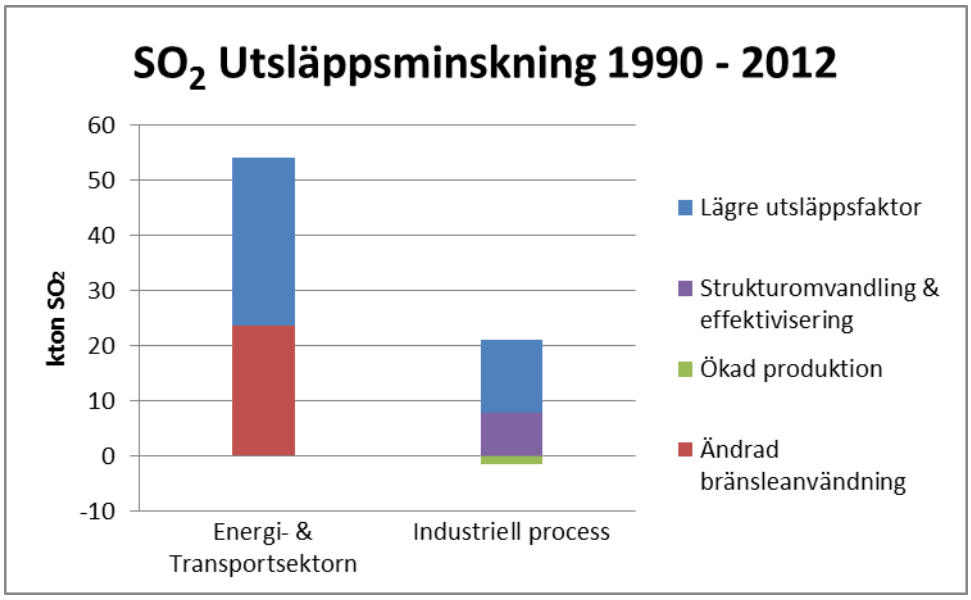
I dagsläget är inte påverkan från strukturomvandling och resurseffektivisering inom processindustrin på SO_2-utsläpp direkt kvantitativt beaktad vid framtagande av utsläppsprognoser. Hur man skulle

kunna göra för att inkludera dessa effekter tydligt i framtida utsläppsprognoser, och om det finns vidareutvecklingsbehov, är ämnen som kräver fortsatta analyser.

Dessutom, om 1990 års lagstiftning skulle ha gällt år 2010 och effektivisering inom processindustrin inte ha genomförts, så skulle de nationella utsläppen varit ca 83 kton år 2012, en minskning på 22 kton, varav 23 kton från energisektorn och -1 kton från processer. De nationella utsläppen skulle dessutom ha börjat öka från och med år 2000.

De viktigaste parametrarna för minskade utsläpp av SO_2

Sammantaget för SO_2 visar data att utsläpp minskat mest i energi- och transportsektorn. Som procent av utsläpp år 1990 har däremot utsläppen från industriella processer minskat nästan lika mycket.

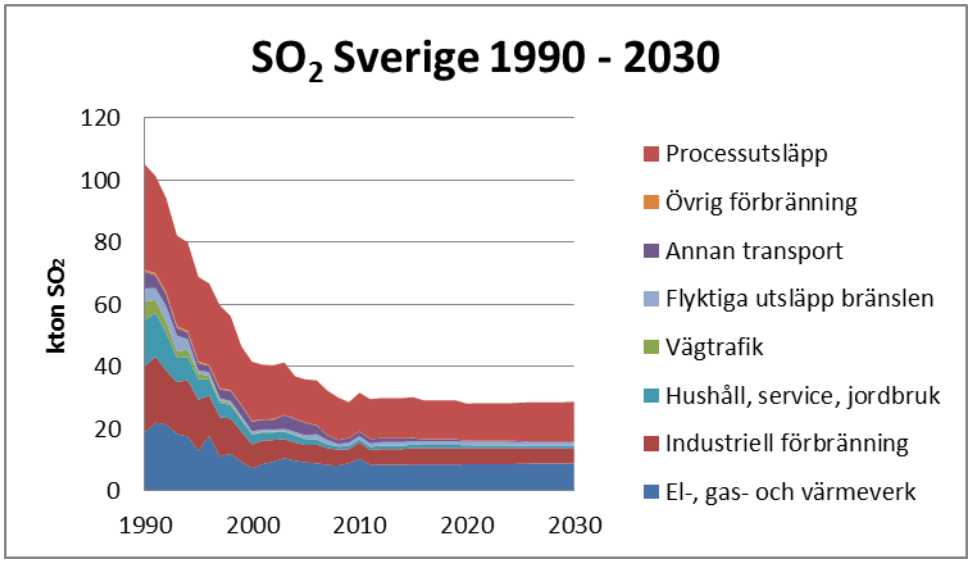


Figur 27: Utsläppsminskning av SO_2 mellan 1990-2012 uppdelat på de viktigaste faktorerna för sektorerna Energi- & Transport och Industriella processer

Våra analyser har gjort det möjligt att särskilja hur stor andel av den totala utsläppsminskningen som orsakats av utsläppsbegränsningar. Och totalt i Sverige har utsläppsbegränsningars i form av sänkta utsläppsfaktorer utgjort 57 % av de totala utsläppsminskningarna under perioden (blå stapel i Figur 27).

Framåtblickande utsläppsbanor för SO_2 till 2030

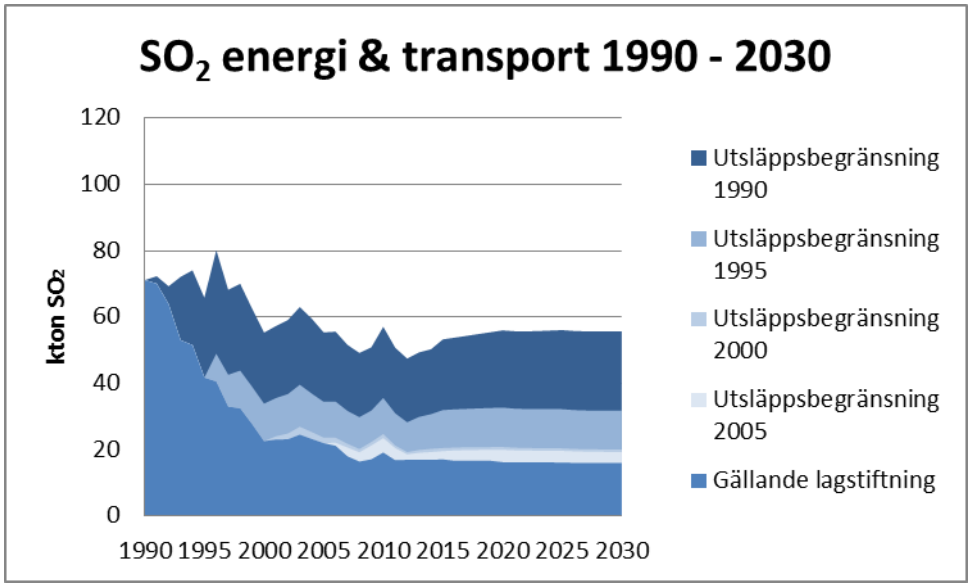
Sverige har enligt gällande prognos i stort sett redan nått ner till den lägsta nivån av utsläpp som prognosticeras för perioden 1970-2030. För ytterligare utsläppsminskningar skulle det krävas kraftigare styrmedel. Den stora skillnaden mellan då och nu ligger snarast i vilken sektor som är den viktigaste för svenska utsläpp av SO_2.



Figur 28: Sveriges SO_2-utsläpp uppdelat per sektor enligt senaste svenska prognos (*Gällande lagstiftning*). Utsläpp från processindustrin blir dominant från 2010 och framåt.

Från att ha varit en av flera viktiga sektorer är industriella processer den enskilt viktigaste sektorn för svenska SO_2-utsläpp från 2010 och framåt. Det är även för denna sektor som utsläppen beräknas öka något på grund av ökad produktion från 2025 och framåt om inte ytterligare åtgärder införs.

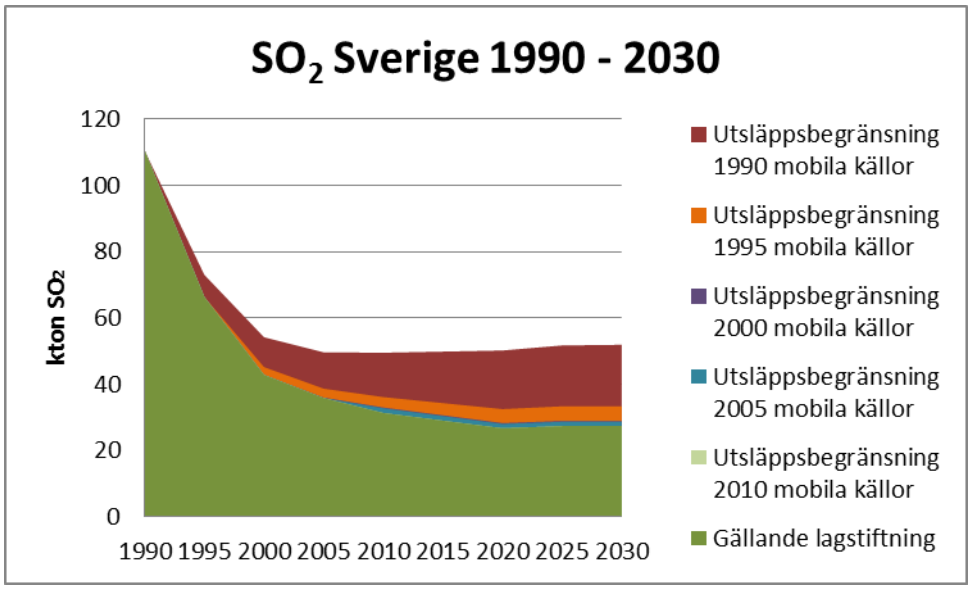
Våra data har tyvärr inte möjliggjort alternativa beräkningar för framtida år för industriella processer, men för energi- & transportsektorn visar beräkningarna att oavsett vilket utsläppsbegränsningsår vi analyserat så skulle utsläppen plana ut från ca 2015 och framåt. Prognosticerade omställningar i energisystement skulle alltså inte haft effekt på SO_2-utsläpp även med 1990 års utsläppsbegränsning.



Figur 29: SO_2-utsläpp från energi- & transportsektorn. För alla utsläppsbanor når utsläppen ett minimum runt 2012, varefter utsläppen ökar eller ligger relativt still.

För alla utsläppsbanor (förutom *Gällande lagstiftning*) gäller att Sveriges SO_2-utsläpp så småningom skulle börjat öka om inte ytterligare lagstiftning kommit till.

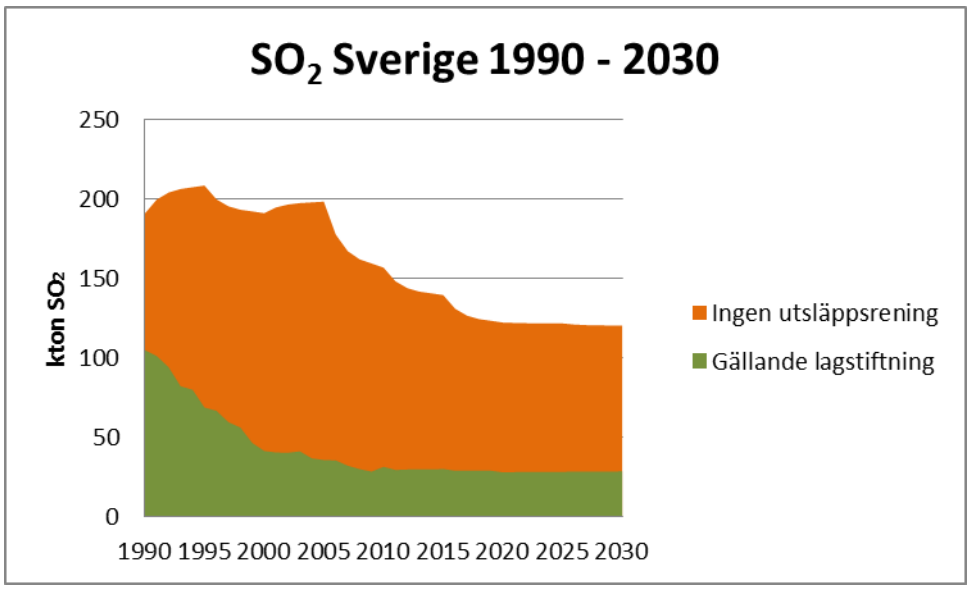
En stor del av dessa utsläppsökningar skulle ha kommit från mobila källor, för här visar våra analyser på relativt betydande ökningar av SO_2 som en konsekvens av de förväntade ökade mängderna transporter till 2030.



Figur 30: Svenska utsläpp av SO_2 med fokus på mobila källors bidrag. Åtgärder för att minska utsläpp från mobila källor ökar i betydelse från 2010 och framåt.

Kopplingen mellan SO_2 och klimatpolitik?

Att utsläpp av luftföroreningar är starkt kopplade till energianvändning och därmed utsläpp av växthusgaser är känt sedan tidigare. I denna studie har vi haft möjlighet att analysera närmare hur stark denna koppling faktiskt är idag. För att göra denna analys jämförde vi SO_2-utsläpp för Sverige i utsläppsbanorna *Ingen utsläppsrening* och *Gällande lagstiftning*.

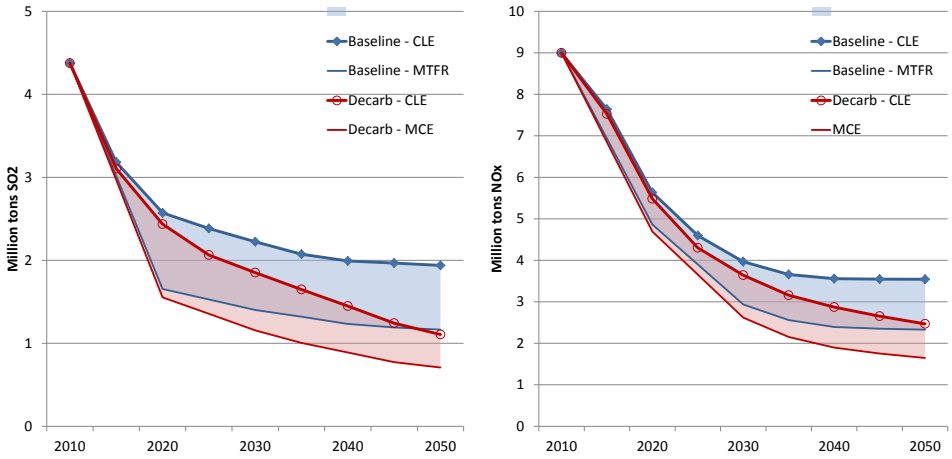


Figur 31: Svenska utsläpp av SO_2 i två ytterligheter. Med hjälp av ambitiösa utsläppsbegränsningar har svenska utsläppsnivåer av SO_2 blivit mindre beroende av omställning av energisystemet och ändrad industriell produktion.

Om Sverige inte haft några specifika utsläppsbegränsningar av SO_2 skulle svenska utsläpp kunnat minska med ca 80 kton SO_2 under perioden 2005-2020. Detta på grund av ändrad nationell energibalans och industriell produktion. Men tack vare befintliga utsläppsbegränsningar blir denna påverkan näst intill omärklig. Dessa 80 kton utsläppsminskning skulle nämligen skett från väldigt höga utsläppsnivåer på ~200 kton SO_2 år 2005, och de årliga utsläppen av SO_2 skulle legat på ungefär 120 kton SO_2 från 2015 och framåt. Dagens utsläpp av SO_2 är som tidigare nämnts ~30 kton.

I anslutning till dessa siffror måste nämnas att den prognosticerade omställningen av energisystemet i Sverige till stor del bygger på ökad användning av biobränslen. Om omställningen av energisystement till större del skulle fokusera på förbränningsfri energi och effektivisering skulle det mycket väl kunna finnas en fortsatt stark koppling mellan utsläpp av SO_2, energianvändning och växthusgaser. Detta gäller även för kopplingen mellan NO_x, energianvändning och växthusgaser.

Denna situation gäller däremot inte i EU som helhet. Analyser gjorda som underlag till revideringen av utsläppstaksdirektivet visar att en kraftigare klimatpolitik inom EU kommer påverka utsläpp av SO_2 och NO_x.



Figur 32: Utsläpp av SO_2 (vänster) och NOx (höger) i EU 28 med (röd zon) eller utan (blå zon) en skärpt klimatpolitisk ambition i EU (Amann, presentation 2014).

Diskussion

Den kvantitativa delen av denna analys har varit kontrafaktisk och endast studerat direkta effekter av styrmedel, dvs. effekter på utsläppsfaktorer. Detta gör att skarpa slutsatser är svåra att dra, men några iakttagelser är värda att nämna.

Utsläppsminskning av SO_2 i Sverige från 1990 har till övervägande del drivits av utsläppsbegränsningar

Energieffektivisering, strukturella omställningar och bränsleskiften är som tidigare nämnt faktorer som påverkar utsläpp av luftföroreningar. Men som vi visat skulle inte dessa faktorer på egen hand minskat de svenska utsläppen av SO_2 med mer än 9-18 kton beroende på om man räknar med strukturomvandling och resurseffektivisering inom processindustrin eller inte. Utsläppsbegränsningar däremot har minskat utsläppen med 55 kton för samma period.

Industrins processutsläpp kommer utgöra en mycket stor andel av framtida svenska svavelutsläpp, och de prognosticeras öka något från 2020

Från 1990 har vi tillgång till mer sektorsspecifika uppskattningar. Dessa visar bland annat hur utsläppen av SO_2 från mobila källor minskat till nära noll till 2010. Däremot så beräknas Sveriges utsläpp av SO_2 domineras av utsläpp från förbränning inom energisektorn och industrisektorn samt industrins processer. Det är också så att utsläppen beräknas gå upp något från och med 2020 om inte ytterligare styrmedel implementeras. Ytterligare styrmedel kan därmed vara motiverade med tanke på de utsläppsnivåer som Sverige åtagit sig att nå till 2020 under Göteborgsprotokollet.

De största utsläppsminskningarna av svavel skedde innan Sverige fick en klimatpolitik

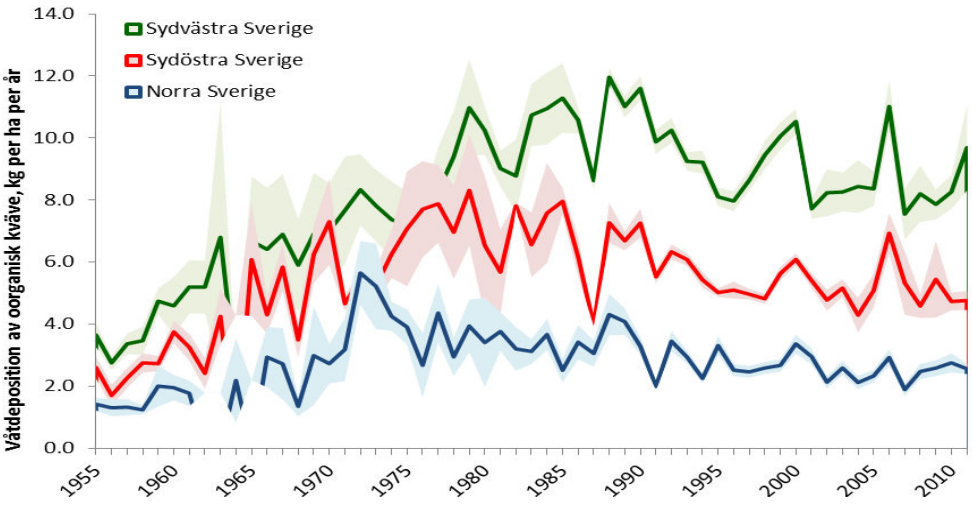
Det är viktigt att notera denna rapports fokus på utsläpp under perioden 1990-2010. Som tidigare nämnts var det innan 1990 som de stora minskningarna av Sveriges SO_2-utsläpp skedde (~800 kton minskning). År 2030 prognosticeras till exempel Sveriges totala utsläpp av SO_2 vara i samma storleksordning som från Stenungsunds värmekraftverk år 1970. Historien antyder alltså att försurningspolitik varit framgångsrik även utan klimatpolitik.

Det är viktigt att kommande reningstekniker inom den mobila sektorn ger samma utsläpp i verklig körning som vid tester

Fordon som uppfyller de senaste Euro-standarderna (Euro 4-5) har visat sig inte ha samma utsläpp i verklig trafik som vid motortestning med körcykler. För Sveriges del är det mycket viktigt att kommande Euro-standarder ger samma utsläpp i verklig körning som vid tester, och bytet till en ny körcykel är antagligen ett viktigt steg i detta. Men om inte kraven uppnås kommer Sveriges planerade utsläppsminskning av NO_x inte förverkligas, för det är i stort sett endast från mobila källor som ytterligare utsläppsminskningar kan förväntas framöver utifrån implementering av kommande lagkrav.

Jämförelse med deposition av oorganiskt kväve

Data presenterade ovan för deposition av svavel, oxiderat kväve och reducerat kväve är baserat på beräkningar med EMEP:s spridningsmodell. De visar en något nedåtgående trend för perioden fram till 2011 för oxiderat kväve. Denna trend syns dessvärre inte i mätdata för Sverige när man mäter deposition av både oxiderat och reducerat kväve.



Figur 33: Deposition av oorganiskt kväve i Sverige 1955-2010 (Pihl Karlsson, Hellsten et al. 2012)

Figur 33 visar inte någon signifikant trend i nedfallet av oorganiskt kväve (orsakat av NO_x och NH_3-utsläpp) över Sverige. Hur detta förhåller sig till resultat från beräkningar med EMEP:s spridningsmodell är en kvarvarande viktig fråga.

Utsläppsbegränsningar kan även ha indirekta effekter

I denna studie har vi endast studerat direkta effekter av utsläppsbegränsningar. Det känns rimligt, och det finns exempel på, att sådana utsläppsbegränsningar även kan ha mer indirekta effekter på utsläpp. I så fall är de effekter på utsläpp och deposition som vi uppskattat i denna studie underskattade. Exempel på sådana effekter kan vara energieffektivisering och bränsleskiften, även om dessa allmänt anses som icke troliga konsekvenser av utsläppsbegränsningar.

En mycket viktig indirekt effekt är påverkan på andra länder

Att Sverige skulle ha fortsatt att på egen hand minska sina utsläpp under hela 80- och 90-talet i den omfattning som varit är inte troligt. Inte heller är det troligt att övriga Europa skulle ha ställt så ambitiösa utsläppskrav om inte bl.a. Sverige visat att sådana var genomförbara. Därför kan en av de viktigaste indirekta effekterna av svenska utsläppsbegränsningar vara effekten på andra länder via internationella förhandlingar. Denna effekt kommer antagligen aldrig att kunna kvantifieras, vilket inte betyder att effekten är liten.

Ett stort antal regler och lagar gör det svårt att analysera effekter av enskilda styrmedel

Som vi har visat i denna rapport så har perioden 1970-2012 varit en intensiv period för kontroll av försurande utsläpp i Europa och Sverige. Denna intensitet, tillsammans med påverkan från indirekta effekter och oklarhet kring när ett styrmedel har effekt på utsläpp, har gjort det svårt att med säkerhet koppla en given skärpning av lagstiftning till en given utsläppsbegränsning. Det råder i denna analys oklarhet kring hur mycket av utsläppsminskningarna som kan hänföras till Svavellagen eller Svavelskatten. Men vår förståelse är att Svavellagen och Lagen om tillståndsgivning varit långt mer ambitiös än svavelskatten. Därför bör den absolut största delen av den beräknade effekten av utsläppsbegränsning tillskrivas dessa bägge lagar.

Hur påverkar den avreglerade energisektorn?

En fråga vi inte har kunnat analysera i denna studie är effekten av att man i Sverige och Europa under åren från 1990 avreglerat stora delar av energimarknaden. Vilken effekt detta kan tänkas ha haft och ha på historiska respektive framtida utsläppsminskningar är ett intressant fortsatt forskningsområde.

Slutsatser

Givet de metoder och de data vi har använt i denna studie vill vi dra följande sammanfattande slutsatser:

Tack vare utsläppsbegränsningar har utsläppen av SO_2 och NO_x minskat mycket kraftigare än vad annars skulle varit fallet under perioden 1990-2012.

Utsläppen av SO_2 i Sverige har minskat till 32 kton istället för 73 kton år 2012 tack vare nationella utsläppsbegränsningar (105 kton år 1990).

Utsläppen av NO_x i Sverige har minskat från 268 kton år 1990 till 153 kton år 2010, till största delen tack vare utsläppsbegränsningar av utsläpp från mobila källor. Om inte dessa begränsningar trätt i kraft efter 1990 skulle de svenska utsläppen istället ha varit 242 kton år 2010. Det skulle även kunna ha inneburit att utsläppen år 2030 hamnat på 234 kton istället för de idag prognosticerade 83 kton.

Medeldepositionen av svavel över Sverige skulle ha varit ca 20 % högre år 2010 om Sverige inte begränsat sina utsläpp av SO_2 efter 1990. Depositionen skulle dessutom kunna ha varit ännu högre då andra länder antagligen skulle haft lägre motivation att minska sina utsläpp om inte Sverige och andra föregångsländer minskat sina utsläpp.

Medeldepositionen av oxiderat kväve över Sverige skulle ha varit ca 18 % högre år 2010 om Danmark, Finland, Polen, Sverige och Tyskland inte infört ytterligare krav på utsläppsrening på mobila källor efter 1990. Det skulle i så fall kunna ha inneburit att medeldepositionen kunnat bli 38 % högre år 2030 än vad den nu beräknas bli. På samma sätt som för svavel gäller att även andra länder rimligtvis skulle känt sig mindre motiverade att minska sina utsläpp om inte dessa länder gjort det, med följd att nedfallet av oxiderat kväve över Sverige skulle ha blivit ännu högre.

Förutom utsläppsrening är det under en period från 1970 även ett flertal andra faktorer som påverkat utsläppsminskningen av framförallt SO_2 i Sverige. Följande faktorer bedömer vi ha varit de viktigaste (ingen inbördes ordning):

- Omställning av industriell produktion,
- Effektivisering av processer,
- Ökad storskalighet i produktion,
- Ökad användning av återvunnet material, samt
- Bränsleskifte.

Utifrån denna studies resultat drar vi följande utsläppsspecifika slutsatser:

Slutsatser av relevans för SO_2

- Utsläppsbegränsningar har utgjort 57 % av Sveriges utsläppsminskningar under perioden 1990-2012. Resterande har åstadkommits genom samhällsomställningar, förbättrad energieffektivitet och bränsleskiften
- Riktade åtgärder inom processindustrin har lett till utsläppsminskningar under perioden 1990-2012 (och förstås även tidigare). För att uppnå fortsatta utsläppsminskningar kan resurseffektivisering i processindustrin vara fortsatt värt att uppmärksamma, både internationellt och nationellt. Men metoder måste utvecklas för att kunna särskilja denna typ av effektivisering från strukturomvandling inom industrin.
- De kraftigaste utsläppsminskningarna skedde långt innan Sverige fick en aktiv klimatpolitik.
- Tack vare framgångsrika riktade styrmedel för att minska utsläpp av SO_2 så styrs inte dagens Svenska SO_2-utsläpp av en framgångsrik klimatpolitik.
- Däremot, om en framtida klimatpolitik skulle bli mer inriktad på minskad förbränning, genom satsning på energieffektivisering och alternativa energikällor, skulle detta kunna öka möjligheten till synergieffekter avseende utsläppsminskningar mellan SO_2 och växthusgaser.
- För EU kommer däremot en högre ambitionsnivå på klimatpolitiken ha en påverkan på utsläpp av SO_2.

Slutsatser av relevans för NO_x

- För NO_x har utsläppsrening av utsläpp från mobila källor varit mycket viktigt för utsläpp och deposition i Sverige. 77 % av utsläppsminskningen mellan 1990-2010 var på grund av utsläppsbegränsning av utsläpp från mobila källor.
- Utsläppsrening av utsläpp från mobila källor fortsätter att vara mycket viktigt (82 % av den prognosticerade minskningen 1990-2030). Detta höjer ytterligare vikten av att utsläpp under verklig körning i framtiden kommer att motsvara de utsläppsnivåer som bör förväntas utifrån de nya avgaslagkraven.

Referenser

Litteratur

Amann, M., I. Bertok, J. Borken-Kleefeld, J. Cofala, C. Heyes, L. Höglund-Isaksson, Z. Klimont, B. Nguyen, M. Posch, P. Rafaj, R. Sandler, W. Schöpp, F. Wagner and W. Winiwarter (2011). "Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications." Environmental Modelling & Software **26**: 1489-1501.

Andersen, T. B., O. B. Nilsen and R. Tveretas (2011). "How is demand for natural gas determined across European industrial sectors." Energy Policy **39**: 5499-5508.

Arnberg, E. and G. Lövblad (1985). Minskade Svavelutsläpp 1970 - 1983. Kartläggning av orsaker, IVL B-rapport 799. Stockholm, IVL Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning**:** 1-24.

Bell, M. L., D. L. Davids and T. Fletcher (2004). "A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution." Environmental Health Perspectives **112**(11).

Benedictow, A., H. Berge, H. Fagerli, M. Gauss, J. E. Jonson, A. Nyiri, D. Simpson, S. Tsyro, À. Valdebenito, S. Valiyaveetil Shamsudheen, P. Wind, W. Aas, A.-G. Hjellbrekke, K. Mareckova, R. Wankmüller, T. Iversen, A. Kirkevåg, Ö. Seland, J. E. Haugen and G. Mills (2010). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2008, EMEP Status Report 2010. **6109**.

Benedictow, A., H. Fagerli, M. Gauss, J. E. Jonson, A. Nyiri, D. Simpson, S. Tsyro, À. Valdebenito, S. Valiyaveetil Shamsudheen, P. Wind, W. Aas, A.-G. Hjellbrekke, K. Mareckova, R. Wankmüller, H. Harmens, D. Cooper, D. Norris, W. Schröder, R. Pesch and M. Holy (2009). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2007, EMEP Status Report 2009. **6109**.

Borken-kleefeld, J. and L. Ntziachristos (2012). The potential for further controls of emissions from mobile sources in Europe, TSAP report #4.

Broström, C.-Å., P. Grennfelt, M. Johansson and G. Lövblad (1994). Det svenska energisystemets utsläpp till luft 1970-1990. IVL rapport Stockholm, IVL Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning**:** 1-25.

Burtraw, D. and K. Palmer (2004). SO2 Cap-and-Trade Program in the United States: A "Living-Legend" of Market Effectiveness. Choosing Environmental Policy - Comparing Instruments and Outcomes in the United States and Europe. W. Harrington, R. Morgenstern and T. Sterner. Washington, RFF Press.

Campling, P., L. Janssen, K. Vanherle, J. Cofala, C. Heyes and R. Sander (2013). Specific evaluation of emissions from shipping including

assessment for the establishment of possible new emission control areas in European Seas.

Campling, P., L. Janssen, K. Vanherle, J. Cofala, C. Heyes and R. Sander (2013). Specific evaluation of emissions from shipping including assessment for the establishment of possible new emission control areas in European Seas - Annexes.

Commonwealth of Australia (2008). Australia's low pollution future - The economics of Climate Change Mitigation.

Duissenov, D. (2013). Production and processing of sour crude and natural gas - challenges due to increasing stringent regulations, Norwegian University of Science and Technology.

EMEP (2004). EMEP Status report 1/2004, part 4.

EMEP, ccc and MSC-W (2002). Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe, EMEP report 1&2 2002.

EMEP MSC-W (1998). Transboundary Acidifying Air Pollution in Europe, MSC-W Status report 1998.

EMEP MSC-W (2003). Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe, Part III Source-receptor relationships.

EMEP MSC-W (2011). EMEP Status Report 1/2013, Supplementary material - Source-receptor tables for 2011.

European Commission (2013). Impact Assessment accompanying the documents {COM(2013)917}{COM(2013)918}{COM(2013)919}{COM(2013)920}{COM(2013)532}.

European Environment Agency (2012). Evaluation of progress under the EU National Emission Ceilings Directive - Progress towards EU air quality objectives. Technical report.

Fagerli, H., M. Gauss, A. Benedictow, J. E. Jonson, Á. Nyíri, M. Schulz, D. Simpson, B. M. Steensen, S. Tsyro, À. Valdebenito, P. Wind, S. Valiyaveetil Shamsudheen, W. Aas, A.-G. Hjellbrekke, K. Mareckova, R. Wankmüller, S. Solberg, T. Svendby, M. Vieno, P. Thunis, K. Cuvelier, B. Koffi and R. Bergström (2012). Transboundary Acidification , Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2010, EMEP Status report 2012. **6109**.

Fagerli, H., M. Gauss, J. E. Jonson, Á. Nyíri, D. Simpson, L. Tarrasón, S. Tsyro, P. Wind, W. Aas, A.-G. Hjelbrekke, K. Mareckova and R. Wankmüller (2008). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2006, EMEP report 1/2008. **6109**.

Gustafsson, T., Å. Sjödin, H. Stripple, E. Fridell, A. Gerner, J. Bergström and M. Lundblad (2013). Greenhouse gas and air pollutant emission projections for Sweden, SMED.

Hammar, H. and Å. Löfgren (2007). Explaining adoption of end of pipe solutions and clean technologies Determinants of firms' investments for reducing emissions to air in four sectors in Sweden. NIER Working paper, National Institute for Economic Resarch. **102**.

Hoekstra, R. and J. J. C. J. M. van der Bergh (2003). "Comparing structural and index decomposition analysis." Energy Economics **25**: 39-64.

Jordbruksdepartementet (1985). Pressmeddelande Nr3.

Kindbom, K., K. Sjöberg and G. Lövblad (1993). Beräkning av ackumulerad syrabelastning från atmosfären till de svenska ekosystemen. Delrapport 1: Emissioner av svavel, kväve och alkaliskt stoft 1900 - 1990. IVL B-rapport. Stockholm, IVL Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning**:** 1-31.

Lindmark, M. (1998). Towards environmental historical national accounts for Sweden - Methodological Considerations and Estimates for the 19th and 20th centuries. Ph.D. Ph.D., Umeå University.

Miljödepartementet (2005). Sveriges fjärde nationalrapport om klimatförändringar, Ds 2005:55

National Expert Group on Transboundary Air Pollution (2001). Transboundary Air Pollution: Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone in the UK.

Naturvårdsverket (2012). Utvärdering av 2008 års höjning av kväveoxidavgiften.

Naturvårdsverket (2014). Informative Inventory Report 2014 - Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.

Nyíri, Á., S. Valiyaveetil Shamsudheen and H. Klein (2013). Source-receptor tables for 2011, Supplementary material to EMEP Status Report 1/2013.

OECD (1977). The OECD Programme on Long Range Transport of Air Pollutants. Measurements and findings. OECD. Pars.

Pihl Karlsson, G., S. Hellsten, P. E. Karlsson, C. Akselsson and M. Ferm (2012). Kvävedepositionen till Sverige - Jämförelse av depositionsdata för Krondroppsnätet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP, IVL report B 2030.

Pock, M. (2010). "Gasoline demand in Europe: New insights." Energy Economics **32**: 54-62.

Rafaj, P., M. Amann, J. Cofala and R. Sander (2012). Factors determining recent changes of emissions of air pollutants in Europe, TSAP report #2**:** 1-38.

Rafaj, P., M. Amann, J. Siri and H. Wuester (2014). "Changes in European greenhouse gas and air pollutant emissions 1960–2010: decomposition of determining factors." Climatic Change **124**(3): 477-504.

Rafaj, P., M. Amann and J. G. Siri (2014). "Factorization of air pollutant emissions: Projections versus observed trends in Europe." Sci Total Environ **494-495**: 272-282.

Smith, S. J. and T. C. Bond (2014). "Two hundred fifty years of aerosols and climate: the end of the age of aerosols." Atmospheric Chemistry and Physics **14**(2): 537-549.

Statens Naturvårdsverk (1969). Skogsindustrins luftvårdsproblem. Stockholm, Statens Naturvårdsverk,**:** 1-246.

Swedish Environmental Protection Agency (2012). Utvärdering av 2008 års höjning av kväveoxidavgiften.

Swedish Environmental Protection Agency (2014). Informative Inventory Report 2014 - Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.

Tarrasón, L., A. Benedictow, H. Fagerli, J. E. Jonson, H. Klein, M. van Loon, D. Simpson, S. Tsyro, V. Vestreng, P. Wind, C. Forster, A. Stohl, M. Amann, J. Cofala, J. Langner, C. Andersson and R. Bergström (2005). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2003, EMEP Status Report 2005.

Tarrasón, L., H. Fagerli, A. C. Benedictow, V. Vestreng, E. Rigler, L. Emberson, M. Posch and T. Spranger (2006). Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe since 1990 to 2004, EMEP Status Report 1/2006.

Tarrasón, L., H. Fagerli, J. E. Jonson, D. Simpson, A. Benedictow, H. Klein, V. Vestreng, W. Aas and A.-G. Hjelbrekke (2007). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2005, EMEP Status Report 2007. **6109**.

Tarrasón, L. and J. Schaug (1999). Transboundary acid deposition in Europe - EMEP Summary report 1999.

Umweltbundesamt (2001). Daten zur Umwelt 2000. Berlin.

Weiss, M., P. Bonnel, J. Kühlwein, A. Provenza, U. Lambrecht, S. Alessandrini, M. Carriero, R. Colombo, F. Forni, G. Lanappe, P. Le Lijour, U. Manfredi, F. Montigny and M. Sculati (2012). "Will Euro 6 reduce the NOx emissions of new diesel cars? – Insights from on-road tests with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS)." Atmospheric Environment **62**: 657-665.

Vestreng, V. (2001). Emission data reported to UNECE/EMEP: Evaluation of the spatial distribution of emissions, EMEP MSC-W Note 1/01. MSC-W Status report 2001.

Vestreng, V. and E. Stören (2000). Analysis of UNECE/EMEP Emission data - MSC-W Status Report 2000.

Ågren, C. (1984). Nine countries' experts agree on vehicle emissions. Acid News. Stockholm, The Swedish and Norwegian NGO Secretariat on Acid Rain.

Personlig Kommunikation:

Simpson, David, 2014

Amann, Markus, presentation på TFIAM 43, Helsingfors, Maj 2014

Websidor och databaser m.m.

http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?page=6, åtkomst 2014-10-03

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_crude_oil_products, åtkomst 2014-08-31

www.smed.se, kontinuerlig åtkomst under projektet

http://www.foe.co.uk/blog/air-pollution-impact-1956-clean-air-act, åtkomst 2014-09-19

http://www.nytimes.com/2008/11/02/us/02smog.html?_r=0, åtkomst 2014-10-15

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/english/pdf/application/pdf/bimschg_en_bf.pdf, åtkomst 2014-09-19

Web presentation - Introduction to Large Combustion Plant (LCP) Directive and Compliance Issues., ECENA Training Workshop, March 2008, (http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fweb.rec.org%2Fdocuments%2FECENA%2Ftraining_programmes%2F2008_03_bristol%2Flcp_training_presentations%2F01_lcp_session_1.ppt&ei=7FsuVLOnCei8ygOByIDoDA&usg=AFQjCNGK4NECFDdhZ2mS3xQLY2hkm7GatA&bvm=bv.76802529,d.bGQ&cad=rja), åtkomst 2014-09-18

http://www.epa.gov/apti/video/CAAModules/Mod2/CleanAir101Module2MobileSourcesFINAL_OTAQ_OGC_8-26-10.pdf, åtkomst 2014-09-19

http://www.ceip.at/, åtkomst 2014-09-29

http://www.emep.int/mscw/mscw_publications.html, åtkomst 2014-01-30

http://www.epa.gov/AIRMARKET/progsregs/arp/basic.html, åtkomst 2014-10-22

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/documents/directives/motor-vehicles/index_en.htm, åtkomst 2014-10-22

Appendix 1

CRF / NFR Code	*Longname*
1 A 1	**1 A 1 Energy industries** (Combustion in power plants & Energy Production)
1 A 2	**1 A 2 Manufacturing Industries and Construction** (Combustion in industry including Mobile)÷
1 A 3 b	**1 A 3 b Road Transport**;
1 A 3 b i	1 A 3 b i R.T., Passenger cars
1 A 3 b ii	1 A 3 b ii R.T., Light duty vehicles
1 A 3 b iii	1 A 3 b iii R.T., Heavy duty vehicles
1 A 3 b iv	1 A 3 b iv R.T., Mopeds & Motorcycles
1 A 3 b v	1 A 3 b v R.T., Gasoline evaporation
1 A 3 b vi	1 A 3 b vi R.T., Automobile tyre and brake wear
1 A 3 b vii	1 A 3 b vii R.T., Automobile road abrasion
1 A 3 a,c,d,e	**1 A 3 a,c,d,e Non-road transport**
1 A 4	**1 A 4 Other sectors** (Commercial, residential , agriculture and fishing stationary and mobile combustion)
1 A 5	**1 A 5 Other**
1 B	**1 B Fugitive emissions** (Fugitive emissions from fuels);
2	**2 Industrial Processes**;
3	**3 Solvent and other product use;**
4	**4 Agriculture;**
4 B	**4 B Animal husbandry and manure management**
4 B 1 a	4 B 1 a Cattle Dairy
4 B 1 b	4 B 1 b Cattle Non-Dairy
4 B 2	4 B 2 Buffalo
4 B 3	4 B 3 Sheep
4 B 4	4 B 4 Goats
4 B 5	4 B 5 Camels and lamas
4 B 6	4 B 6 Horses
4 B 7	4 B 7 Mules and asses
4 B 8	4 B 8 Swine
4 B 9	4 B 9 Poultry
4 B 13	4 B 13 Other
4 D	**4 D Plant production and agricultural soils**
4 F,G	**4 F,G Field burning and other agriculture**
6	**6 Waste;**
7 A	**7 A Other (included in National Total for Entire Territory)**

Appendix 2

Den Svenska Svavellagen (vissa införandedatum är osäkra)

År	Bränsle	Innehåll	Lag/ Förordning	Källa
1968	Eldningsolja	Max 2,5 viktprocent svavel i eldningsolja.	1968:551	Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning, NV, 1984
1976	Tjock eldningsolja	Max 1 viktprocent svavel i tjock eldningsolja städer med höga halter av SO_2 i luft.	Lag 1976:1054 om svavelhaltigt bränsle	
01-okt-77	Eldningsolja 1/Diesel	Max 0,5 viktprocent svavel i eldningsolja 1.	Förordning (1976:1055) om svavelhaltigt bränsle	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
01-okt-80	Eldningsolja 1/Diesel	Max 0,3 viktprocent svavel i tunn eldningsolja.		Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning, NV, 1984
01-okt-84	Tjock eldningsolja	Max 1 viktprocent svavel i tjock eldningsolja i hela landet (motsvarande 0,24 g svavel/MJ).		Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning, NV, 1984
1984?	Alla bränslen	För industri- eller energiproduktionsanläggningar: max 0,10-0,17 gram svavel/MJ bränsle eller för anläggningar med mer än 400 ton svavelutsläpp per år, max 0,05-0,10 gram svavel/MJ bränsle.		Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning, NV, 1984
1984?	Alla bränslen	För industri- eller energiproduktionsanläggningar: max 0,10-0,17 gram svavel/MJ bränsle eller för anläggningar med mer än 400 ton svavelutsläpp per år, max 0,05-0,10 gram svavel/MJ bränsle.		Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning, NV, 1984
01-okt-87	Eldningsolja 1/Diesel	Max 0,2 viktprocent svavel i eldningsolja 1 räknat som årsmedelvärde.		http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
1982-1989 (1986)	Kol	I koleldade förbränningsanläggningar som första gången tagits i bruk efter utgången av juni 1988 får kol inte förbrännas, om förbränningen medför att svavelföreningar släpps ut i luften i en mängd som motsvarar mer än 0,05 gram svavel per megajoule bränsle, räknat som årsmedelvärde.	Senaste ändring 1988:1084 till 1976:1055	
1977-1993 (1990)	Alla bränslen	Eldningsolja med högre svavelhalt än 0,8 viktprocent eller annat bränsle som innehåller svavel får inte förbrännas, om förbränningen medför att svavelföreningar släpps ut i luften i en mängd som motsvarar mer än 0,19 gram svavel per megajoule	Senaste ändring 1992:1047 till 1976:1055	

		bränsle.		
01-jan-91	Eldningsolja 1	Svavelskatt på vissa bränslen med mer än 0,1 % svavel.	Lagen om svavelskatt 1990:587	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
01-jan-91	Tjockolja	Svavelskatt på vissa bränslen med mer än 0,1 % svavel.	Lagen om svavelskatt 1990:587	
01-jan-91	Övriga flytande och gasformiga bränslen	Svavelskatt på vissa bränslen med mer än 0,1 % svavel.	Lagen om svavelskatt 1990:587	
01-jan-91	Kolbränsle	Svavelskatt	Lagen om svavelskatt 1990:587	
01-jan-91	Torvbränsle	Svavelskatt	Lagen om svavelskatt 1990:587	
01-jan-91	Diesel	Miljöklasser på diesel införs: MK1: 0,001 % svavel, MK2: 0,005 % svavel.		
01-jan-93	Alla bränslen	Vid förbränning av svavelhaltigt bränsle i en industrianläggning eller en energiproduktionsanläggning får utsläppen i luften av svavelföreningar motsvara högst 0,10 gram svavel per megajoule bränsle eller, om de totala årliga utsläppen från anläggningen överstiger 400 ton svavel, högst 0,05 gram svavel per megajoule bränsle, allt räknat som årsmedelvärde.	1992:1047 Ändring till 1976:1055	
02-jan-93	Alla bränslen	Vid förbränning av svavelhaltigt bränsle i en industrianläggning eller en energiproduktionsanläggning får utsläppen i luften av svavelföreningar motsvara högst 0,10 gram svavel per megajoule bränsle eller, om de totala årliga utsläppen från anläggningen överstiger 400 ton svavel, högst 0,05 gram svavel per megajoule bränsle, allt räknat som årsmedelvärde.	1992:1047 Ändring till 1976:1056	
01-dec-94	Bensin	Miljöklasser för bensin: MK2 med katalysator: 0,01 % svavel, MK2 utan katalysator: 0,03 %	prop. 1994/95:4	
01-jan-95	Eldningsolja 1	Max 0,2 viktprocent svavel i eldningsolja 1.		http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
1995?	Eldningsolja 1 /Diesel-brännolja	Eldningolja 1 eller dieselbrännolja som ger minst 85 volymprocent destillat vid 350° C och som är avsedd att användas som bränsle till annat än motorfordon, får saluföras, överlåtas eller användas för sådana ändamål endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,2 viktprocent.	Senaste ändring 1996:1099 till 1976:1055	

1976-1997	Diesel-brännolja	Dieselbrännolja som ger minst 85 volymprocent destillat vid 350° C som är avsedd att användas som bränsle till motorfordon, får saluföras, överlåtas eller användas för sådana ändamål endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,05 viktprocent.	Senaste ändring 1996:1099 till 1976:1055	
01-jan-98	Bensin	Miljöklasser för bensin: MK1: 100ppm		
01-jul-00	Marin diesel-brännolja/ Diesel-brännolja	Marin dieselbrännolja eller dieselbrännolja (gasolja) som är avsedd att användas som bränsle till annat än motorfordon får saluföras, överlåtas eller användas för sådana ändamål endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,20 viktprocent.	2000:372 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-jan-02	Eldningsolja 1	Svavelskatt på eldningsolja 1 med mer än 0,05 % svavel.	Lag (1994:1776) om skatt på energi	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
01-jan-02	Tjock eldningsolja	Svavelskatt på tjockolja med mer än 0,05 % svavel.	Lag (1994:1776) om skatt på energi	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
01-jan-02	Övriga flytande och gasformiga bränslen	Svavelskatt på flytande och gasformiga bränslen med mer än 0,05 % svavel.	Lag (1994:1776) om skatt på energi	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/eldningsoljor/
01-jan-02	Bensin	Miljöklasser för bensin: MK1: 50 mg/kg, MK2: 150 mg/kg	2001:1080 Lag om motorfordons avgasrening och motorbränslen	
01-jan-02	Diesel	Miljöklasser för diesel: MK1: 10 mg/kg, MK2: 50 mg/kg, MK3: 350 mg/kg	2001:1080 Lag om motorfordons avgasrening och motorbränslen	
01-jan-05	Bensin	Miljöklasser för bensin: MK1: 10 mg/kg	Ändring 2004:1079 till 2001:1080	
01-jan-07	Marint bränsle	Ett marint bränsle vars svavelhalt överstiger 1,5 viktprocent får: 1) inte användas i svenska passagerarfartyg som går i reguljär trafik till eller från en hamn i Europeiska gemenskapen eller i utländska passagerarfartyg som går i reguljär trafik till eller från en svensk hamn, eller 2) i Östersjöområdet inte användas på svenskt sjöterritorium, i svensk ekonomisk zon eller i svenska fartyg	2006:1198 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	

01-jan-07	Marin dieselolja	Marin dieselolja får saluföras eller överlåtas endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 1,5 viktprocent.	2006:1198 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-jan-08	Diesel-brännolja (Eldningsolja 1)	Dieselbrännolja (gasolja) får saluföras, överlåtas eller användas endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,10 viktprocent.	2006:1198 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-jan-08	Marin diesel-brännolja/ Dieselbrännolja	Marin dieselbrännolja (gasolja) och dieselbrännolja (gasolja) får saluföras, överlåtas eller användas endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,10 viktprocent.	2006:1198 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-jan-09	Bensin	Miljöklasser för bensin: MK2: 10 mg/kg	Ändring 2004:1079 till 2001:1080	
01-jan-09	Diesel	Miljöklasser för diesel: MK2: 10 mg/kg, MK3: 10 mg/kg	Ändring 2004:1079 till 2001:1080	
01-jan-10	Marint bränsle	Ett marint bränsle vars svavelhalt överstiger 0,1 viktprocent får inte användas i fartyg i hamn.	2006:1198 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-aug-10	Marint bränsle	Max 1,00 viktprocent svavel i ett marint bränsle som användas på svenskt sjöterritorium, i Sveriges ekonomiska zon, i svenska fartyg som utanför svenskt sjöterritorium trafikerar inre vattenvägar eller i svenska fartyg i de delar av nordsjöområdet och östersjöområdet som inte är svenskt sjöterritorium.	2010:743 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-aug-10	Marint bränsle	På andra platser än de som anges ovan får svenska passagerarfartyg i reguljär trafik till eller från en hamn inom EU använda ett marint bränsle med max 1,5 viktprocent.	2010:743 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-aug-10	Marint bränsle	Andra svenska fartyg än de som avses ovan får använda ett marint bränsle med max 4,50 viktprocent.	2010:743 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	

01-jan-12	Marint bränsle	Andra svenska fartyg än de som avses ovan får använda ett marint bränsle med max 3,50 viktprocent.	2011:1588 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-feb-12	Marint bränsle	Max 1,00 viktprocent svavel i bränsle som användas 1. på svenskt sjöterritorium, 2. i Sveriges ekonomiska zon, 3. i svenska fartyg som utanför svenskt sjöterritorium trafikerar inre vattenvägar, eller 4. i svenska fartyg i de delar av östersjöområdet och nordsjöområdet som inte är svenskt sjöterritorium och nordamerikaområdena.	2011:1588 ändring av Förordning (1998:946) om svavelhaltigt bränsle	
01-jan-15	Marint bränsle	Max 0,1 viktprocent svavel i bränsle som används av fartyg i Emission control areas.	Tillägg till 1999/32	http://www.svensktnaringsliv.se/multimedia/archive/00033/Consequences_of_the__33781a.pdf
01-jan-20	Marint bränsle	Max 0,5 viktprocent svavel i bränsle som används av fartyg på övriga ställen än Emission control areas.	Tillägg till 1999/32	http://www.svensktnaringsliv.se/multimedia/archive/00033/Consequences_of_the__33781a.pdf

Appendix 3

Den Svenska Tillståndsgivningen

År	Krav	Vad
1969	Regeringen medges att meddela föreskrifter om tillståndsplikt för vissa anläggningar. Naturvårdsverket kan ge dispens från skyldigheten att söka tillstånd (utnyttjades i mycket stor utsträckning och försvann i och med ändring 1981). Koncessionsnämnden för miljöskydd sköter tillståndsprövningen.	Miljöskyddslag 1969:387
1981	Naturvårdsverket kan inte längre ge dispens för tillståndspliktiga anläggningar. Även länsstyrelserna kan utföra en del tillståndsprövning.	
1989	Översyn av förprövningssystemet, leder till att tillståndsplikten för ett stort antal verksamheter ersätts med anmälningsplikt, och länstyrelserna tar över en del av Koncessionsnämndens tillståndsprövning. Viss miljöpåverkande verksamheter delas in i A-, B- och C-verksamheter. A och B är tillståndspliktiga medan C är anmälningspliktiga. Tillståndsplikt för att anlägga eller ändra verksamhet. Koncessionsnämnden prövar i första hand A-verksamheter och länstyrelsen prövar B-verksamheter. Överklagan hos regeringen respektive Koncessionsnämnden. Ofta endast verksamhetens storlek (produktionsmängd) som avgör om A eller B-klassad. Koncessionsnämndens ledamöter utses av regeringen och länstyrelsens av landstinget.	Miljöskyddsförordning 1989:364
1994	Tillståndsplikt ersätts med anmälningsplikt för ytterligare ett antal verksamheter.	
1999-01-01	Miljödomstolar ersätter Koncessionsnämnden för miljöskydd och vattendomstolarna. Regionala miljödomstolar prövar A-verksamheter (tidigare Koncessionsnämnden), de överklagningar som tidigare prövades av Koncessionsnämnden eller regeringen. Länstyrelsernas tillståndsprövning behandlar B-ärenden och sker vid speciella miljöprövningsdelegationer för att göra tillståndsprövningen mer uniform och rättssäker. den kommunala nämnden behandlar ärenden med C-beteckning. Tillståndsplikten numera knuten till driften av en anläggning och inte som tidigare till uppförandet. Då omprövning görs vid ändring i verksamheten ska det omfatta hela verksamheten och inte som tidigare bara delen som ändrades. Beslut om tillstånd kan lättare tidsbegränsas och förenas med villkor. Ett system med nya miljöavgifter införs.	

Appendix 4

EU-direktiv för kontroll av utsläpp från stationära källor och luftkvalitet

Vad	Tid för införande
Direktiv om gränsvärden för luftkvalitet och svavelhalter	Augusti 1980
Industrial plants direktivet	Juni 1984
Large Combustion Plants (LCP) Direktivet (senare uppdaterat)	**November 1988**
Avfallsförbränning (stående anläggningar)	Juni 1989
Avfallsförbränning (nya anläggningar)	Juni 1989
- Tillägg till Direktiv om gränsvärden för luftkvalitet och svavelhalter	Juni 1989
Direktiv om svavel i bränsle (senare ersatt)	December 1993
IPPC-direktivet	**September 1996**
Försurningsstrategin	Maj 1998
Luftkvalitetsdirektivets första dotterdirektiv	April 1999
Direktiv om svavel i bränsle	April 1999
Avfallsförbränning	December 2000
Ozonstrategin	Oktober 2001
Takdirektivet	**Oktober 2001**
- Uppdatering: Large Combustion Plants Direktivet (senare ersatt)	Oktober 2001
- Tillägg till direktiv om svavel i bränsle	Maj 2005
EU:s tematiska strategi för luftkvalitet	Juni 2006
Industrial Emissions Direktivet (IED)	November 2010
- Tillägg till direktiv om svavel i bränsle (marina bränslen)	November 2012

Appendix 5

UNECE:s Luftvårdskonvention

Försurningsrelaterade protokoll under UNECEs Luftvårdskonvention

Vad	Tid för införande
1979 års Genevekonvention om långväga gränsöverskridande luftföroreningar	1979
1984 års protokoll om finansiering av EMEP	Januari 1988
1985 års protokoll om kontroll av svavelutsläpp	September 1987
1988 års protokoll om kontroll av kväveoxidutsläpp	Februari 1997
1994 års protokoll om ytterligare kontroll av svavelutsläpp	Augusti 1998
1999 års protokoll om kontroll av försurning, övergödning, och marknära ozon	Maj 2005

Appendix 6

Utsläppskrav passagerarfordon och Lätta lastbilar

Införandeår enligt New Type Approval, dvs registreringsdatum.

EU Utsläppskrav för passagerarfordon (kategori M_1*)							
Steg	**Datum**	**CO**	**HC**	**HC+NO_x**	**NO_x**	**PM**	**PN**
		g/km					#/km
Dieselmotor							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	-
Euro 5b	2011.09c	0.50	-	0.23	0.18	0.005f	6.0×1011
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005f	6.0×1011
Bensinmotor							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09b	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10d	-	0.06	0.005e,f	6.0×1011 e,g

*För Euro 1-4, så fick fordon med vikt > 2,500 kg typgodkännande som kategori N_1-fordon
† Värden inom parantes är "conformity of production" (COP) gränser
a. fram tills 1999.09.30 (efter detta datum måste DirektInsprutning (DI)-motorer klara IDI-gränser)
b. 2011.01 för alla modeller
c. 2013.01 för alla modeller
d. och NMHC = 0.068 g/km
e. Tillämpas endast på fordon som använder DI-motorer
f. 0.0045 g/km när man använder PMP-mätmetod
g. 6.0×10^{12} 1/km de tre första åren av Euro 6:s införande

EU Utsläppskrav för lätta lastbilar								
Kategori†	**Steg**	**Datum**	**CO**	**HC**	**HC+NO_x**	**NO_x**	**PM**	**PN**
			g/km					#/km
Dieselmotor								
N_1, Klass I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08	-
	Euro 2 DI	1998.01[a]	1.0	-	0.90	-	0.10	-
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
	Euro 5a	2009.09[b]	0.50	-	0.23	0.18	0.005[f]	-
	Euro 5b	2011.09[d]	0.50	-	0.23	0.18	0.005[f]	6.0×10^{11}
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005[f]	6.0×10^{11}
N_1, Klass II	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-

EU Utsläppskrav för lätta lastbilar								
Kategori†	**Steg**	**Datum**	**CO**	**HC**	**HC+NO_x**	**NO_x**	**PM**	**PN**
			g/km					#/km
1305-1760 kg	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI	1998.01[a]	1.25	-	1.30	-	0.14	-
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07	-
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04	-
	Euro 5a	2010.09[c]	0.63	-	0.295	0.235	0.005[f]	-
	Euro 5b	2011.09[d]	0.63	-	0.295	0.235	0.005[f]	6.0×10^{11}
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005[f]	6.0×10^{11}
N_1, Klass III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17	-
	Euro 2 DI	1998.01[a]	1.5	-	1.60	-	0.20	-
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10	-
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06	-
	Euro 5a	2010.09[c]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	-
	Euro 5b	2011.09[d]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	6.0×10^{11}
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005[f]	6.0×10^{11}
N_2	Euro 5a	2010.09[c]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	-
	Euro 5b	2011.09[d]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	6.0×10^{11}
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005[f]	6.0×10^{11}
† För Euro 1/2 och Kategori N_1 var referensviktensklassificeringen: Klass I ≤ 1250 kg, Klass II 1250-1700 kg, Klass III > 1700 kg a. Fram tills 1999.09.30 (efter detta datum måste DI-motorer möta IDI krav) b. 2011.01 för alla modeller c. 2012.01 för alla modeller d. 2013.01 för alla modeller e. Tillämpas endast på fordon som använder DI-motorer f. 0.0045 g/km när man använder reviderad (PMP) mätmetod g. och NMHC = 0.068 g/km h. och NMHC = 0.090 g/km i. och NMHC = 0.108 g/km j. 6.0×10^{12} 1/km de tre första åren av Euro 6:s införande								
Bensinmotor								
N_1, Klass I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
	Euro 5	2009.09[b]	1.0	0.10[g]	-	0.06	0.005[e,f]	-
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10[g]	-	0.06	0.005[e,f]	6.0×10^{11} [e,j]
N_1, Klass II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-	-

EU Utsläppskrav för lätta lastbilar								
Kategori†	**Steg**	**Datum**	**CO**	**HC**	**HC+NO_x**	**NO_x**	**PM**	**PN**
			g/km					#/km
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-	-
	Euro 5	2010.09[c]	1.81	0.13[h]	-	0.075	0.005[e,f]	-
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13[h]	-	0.075	0.005[e,f]	6.0×10^{11} [e,j]
N_1, Klass III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-	-
	Euro 5	2010.09[c]	2.27	0.16[i]	-	0.082	0.005[e,f]	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16[i]	-	0.082	0.005[e,f]	6.0×10^{11} [e,j]
N_2	Euro 5	2010.09[c]	2.27	0.16[i]	-	0.082	0.005[e,f]	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16[i]	-	0.082	0.005[e,f]	6.0×10^{11} [e,j]

† För Euro 1/2 och Kategori N_1 var referensviktensklassificeringen: Klass I ≤ 1250 kg, Klass II 1250-1700 kg, Klass III > 1700 kg
a. Fram tills 1999.09.30 (efter detta datum måste DI-motorer möta IDI krav)
b. 2011.01 för alla modeller
c. 2012.01 för alla modeller
d. 2013.01 för alla modeller
e. Tillämpas endast på fordon som använder DI-motorer
f. 0.0045 g/km när man använder reviderad (PMP)-mätmetod
g. och NMHC = 0.068 g/km
h. och NMHC = 0.090 g/km
i. och NMHC = 0.108 g/km
j. 6.0×10^{12} 1/km de tre första åren av Euro 6:s införande

Ytterligare krav på Euro 5 och 6

- Euro 5a— Exkluderar PMP-mätmetod för PM, krav på partikelantal, och test av utsläpp vid låga temperaturer för biobränslefordon;
- Euro 5b— Kompletta Euro 5-krav. Inkluderar PMP-mätmetod för PM, krav på partikelantal, och test av utsläpp vid låga temperaturer för biobränslefordon;
- Euro 6a— Exkluderar PMP-mätmetod för PM, krav på partikelantal, och test av utsläpp vid låga temperaturer för biobränslefordon; (detta steg är tillämpbart på fordon som möter Euro 6-krav innan införandedatum);
- Euro 6b—Euro 6 utsläppskrav inkluderande PMP-mätmetod för PM, krav på partikelantal (preliminära värden för gas (PI)-fordon), och test av utsläpp vid låga temperaturer för biobränslefordon;
- Euro 6c— Kompletta Euro 6 utsläppskrav, d.v.s. Euro 6b utsläppskrav och slutgiltiga PN-krav för PI-fordon.

Bränslekvalitet

Utsläppskraven för perioden 2000-2005 åtföljdes av strängare krav på bränslekvalitet. Maximal svavelhalt i bränsle sattes till 350 ppm år 2000,

och 50 ppm år 2005. “Svavelfritt” bränsle (≤ 10 ppm S) skulle vara tillgängligt från 2005 och blev obligatoriskt från och med 2009.

https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php, 2014-09-18

Utsläppskrav tunga Fordon

För tunga fordon redovisas i denna tabell utsläppskraven i enlighet med Steady State Testing som endast gäller för diesefordon, samt Transient Testing som gäller diesel- och gasdrivna fordon fr.o.m. Euro III. Införandeår enligt New Type Approval, dvs det datum då fordon får börja registreras.

EU Utsläppskrav för tunga lastbilar: Steady-State Testing								
Steg	**Datum**	**Test**	**CO**	**HC**	**NO_x**	**PM**	**PN**	**Rök**
			g/kWh				1/kWh	1/m
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	*1999.10 (endast EEV)*	ESC & ELR	*1.5*	*0.25*	*2.0*	*0.02*		*0.15*
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10[a]		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0×10^{11}	

a - PM = 0.13 g/kWh för motorer < 0.75 dm^3 i cylindervolym och en klassad power speed på > 3000 min^{-1}

EU Utsläppskrav för tunga lastbilar: Transient Testing								
Steg	**Datum**	**Test**	**CO**	**NMHC**	**CH_4[a]**	**NO_x**	**PM[b]**	**PN[e]**
			g/kWh					1/kWh
Euro III	*1999.10 (endast EEV)*	ETC	*3.0*	*0.40*	*0.65*	*2.0*	*0.02*	
	2000.10		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16[c]	
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	
Euro VI	2013.01	WHTC	4.0	0.16[d]	0.5	0.46	0.01	6.0×10^{11}

a – Endast för gasfordon (Euro III-V: endast gas; Euro VI: gas + LPG)
b – inte tillämpbart för gasdrivna motorer för Euro III-IV
c - PM = 0.21 g/kWh för motorer < 0.75 dm^3 i cylindervolym och en klassad power speed på > 3000 min^{-1}
e – för dieselmotorer; PN-gräns för gasmotorer inte bestämt än.

Övriga krav:

- Gränsvärden för ammoniak-koncentration (NH_3) på 10 ppm gäller för dieselmotorer (WHSC + WHTC) och gasmotorer (WHTC).
- En högsta gräns för andelen NO_2 av totala NO_x-utsläpp kan komma att beslutas.

https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php

Utsläppskrav arbetsmaskiner

Steg I & II:

Införandeår enligt Market placement, dvs det datum då alla fordon på marknaden skall möte krav.

Steg III & IV

Införandeår enligt New Type Approval, dvs det datum då fordon får börja registreras.

EU Utsläppskrav för dieseldrivna arbetsmaskiner, Steg I & II						
Kategori	**Effekt**	**Datum***	**CO**	**HC**	**NO_x**	**PM**

	kW		g/kWh			
Steg I						
A	130 ≤ P ≤ 560	januari 1999	5.0	1.3	9.2	0.54
B	75 ≤ P < 130	januari 1999	5.0	1.3	9.2	0.70
C	37 ≤ P < 75	april 1999	6.5	1.3	9.2	0.85
Steg II						
E	130 ≤ P ≤ 560	januari 2002	3.5	1.0	6.0	0.2
F	75 ≤ P < 130	januari 2003	5.0	1.0	6.0	0.3
G	37 ≤ P < 75	januari 2004	5.0	1.3	7.0	0.4
D	18 ≤ P < 37	januari 2001	5.5	1.5	8.0	0.8
* Steg II tillämpas även på motorer med konstant varvtal från och med januari 2007						

EU Utsläppskrav för dieseldrivna arbetsmaskiner, Steg III					
Kategori	**Effekt**	**Datum†**	**CO**	**NO_x+HC**	**PM**
	kW		g/kWh		
H	130 ≤ P ≤ 560	2006.01	3.5	4.0	0.2
I	75 ≤ P < 130	2007.01	5.0	4.0	0.3
J	37 ≤ P < 75	2008.01	5.0	4.7	0.4
K	19 ≤ P < 37	2007.01	5.5	7.5	0.6
† Införandedatum för motorer med konstant varvtal är: 2011.01 för kategori H, I, K; 2012.01 för kategori J.					

EU Utsläppskrav för dieseldrivna arbetsmaskiner, Steg III B						
Kategori	**Effekt**	**Datum**	**CO**	**HC**	**NO_x**	**PM**
	kW		g/kWh			
L	130 ≤ P ≤ 560	2011.01	3.5	0.19	2.0	0.025
M	75 ≤ P < 130	2012.01	5.0	0.19	3.3	0.025
N	56 ≤ P < 75	2012.01	5.0	0.19	3.3	0.025
P	37 ≤ P < 56	2013.01	5.0	4.7†		0.025
† NO_x+HC						

EU Utsläppskrav för dieseldrivna arbetsmaskiner, Steg IV						
Kategori	**Effekt**	**Datum**	**CO**	**HC**	**NO_x**	**PM**
	kW		g/kWh			
Q	130 ≤ P ≤ 560	2014.01	3.5	0.19	0.4	0.025
R	56 ≤ P < 130	2014.10	5.0	0.19	0.4	0.025

Övriga krav:

- Steg III/IV inkluderar gräns för ammoniakutsläpp, som inte för överstiga 25 ppm för en testcykel.

Bränslekvalitet:

Referensbränsle till Steg III-motorer får inte ha en svavelhalt på över 300 ppm.

Referensbränsle till Steg III B & IV-motorer får inte ha svavelhalt på över 10 ppm.

http://transportpolicy.net/index.php?title=EU:_Nonroad:_Emissions#Technical_Standards , 2014-09-18

Appendix 7

Svavellagspecifika utsläppsbanor

1. **Svavellag - Reglering av bränsle i industri- och energiproduktionssektorn.**

Bas-utsläppsbanan fryst vid 1990 för att visa effekt av de skärpta värdena som kom under perioden 1991-1995. De sektorer som fryses är 1A1 och 1A2 förutom 1A2fii (se tabell för specifika bränslen och sektorer).

Bränsle	Sektor	CRF/NFR
Brännolja (raffinaderier och kemisk industri)	All användning	1A1, 1A2
Dieselbrännolja för annat än transport	All användning	1A1, 1A2
Fotogen	All användning	1A1, 1A2
Naturgas	All användning	1A1, 1A2, 1A4
Petroleumkoks	All användning	1A2
Tall- och beckolja	All användning	1A1, 1A2
Torv och torvbriketter	All användning	1A1, 1A2
Karbidugnsgas	All användning	1A2
Övriga biomassa	All användning	1A1, 1A2
Övriga fasta fossila	All användning	1A1, 1A2
Övriga icke specificerade	All användning	1A1, 1A2
Övriga petroleum	All användning	1A1, 1A2
Eldningsolja 2-5	All förbränning utom gasturbin och kalkproduktion	1A1, 1A2, 1A4
Eldningsolja 1	El- och fjärrvärmeprod. Gasturbin	1A1a
Eldningsolja 2-5	El- och fjärrvärmeprod. Gasturbin	1A1a
Stenkol,stenkolsbriketter	El- och fjärrvärmeprod. samt industri utom gruvor och kalkprod.	1A1, 1A2
Avfall*	El- och fjärrvärmeproduktion	1A1a
Koks	El- och fjärrvärmeproduktion samt industri	1A1, 1A2
Träbränsle	El- och fjärrvärmeproduktion samt industri	1A1, 1A2
Stenkol,stenkolsbriketter	Gruvindustri	part of 1A2f
Avfall*	Industri	1A1b,

		1A1c, 1A2
Metan- och bränngas	Industri	1A1b, 1A1c, 1A2
Raffinaderigas	Industri	1A1b, 1A1c, 1A2
Stenkol,stenkolsbriketter	Kalkproduktion	part of 1A2f
Eldningsolja 1	Övrig el- och fjärrvämeprod. och industri	1A1, 1A2
Eldningsolja 2-5	Kalkproduktion	part of 1A2f
Deponi-/Rötgas	All användning	1A1, 1A2

2. Svavellag - Reglering av dieselbrännolja

Här definierat som dieselbrännolja för annat än transport. Bas-utsläppsbanans utsläppsfaktorer frysta vid 1995 för att visa effekt av regleringen på svavel i dieselbrännolja som kom under perioden 1996-2000. Sektorer som fryses är 1A1 och 1A2 (se tabell för specifika bränslen och sektorer).

Bränsle	Sektor	CRF/NFR
Dieselbrännolja för annat än transport	All användning	1A1, 1A2

3. Svavellag – Reglering av marin dieselolja

Bas-utsläppsbanans utsläppsfaktorer fryst vid 1995 för att visa effekt av regleringen på svavel i marin dieselolja som kom under perioden 1996-2000. Sektorer som fryses är 1A4ciii (Fiske), 1A3dii (Inrikes sjöfart) och 1A5b (Militär sjöfart) (se tabell för specifika bränslen och sektorer).

Bränsle	Sektor	CRF/NFR
Diesel	Fiske	1A4c / iii National Fishing
Diesel	Inrikes sjöfart	1A3d / ii National Navigation
Diesel	Militär sjöfart	1A5b / Other, Mobile (Including military)