

# Kan Sverige uppfylla miljömålspreciseringar för försurning och övergödning

Indikationer från ambitiösa utsläppsscenarier i utvalda Europeiska länder

---

*Stefan Åström, Maria Lindblad*

**Författare:** Stefan Åström, Maria Lindblad

**Medel från:** Naturvårdsverket

**Rapportnummer:** B 2143

**Upplaga:** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2014

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

[www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

# Förord

Denna studie har genomförts som en del av forskningsprogrammet Climate Change and Environmental Objectives (CLEO), finansierat av Naturvårdsverket.

Vi vill tacka Robert Sander, Janusz Cofala, och Chris Heyes på IIASA samt Max Posch, RIVM och Filip Moldan och Peringe Grennfelt, IVL för hjälp med analyser och tolkning av resultat. Vi vill även tacka Ulla Bertills på Naturvårdsverket för granskning av rapport och resultat. Ansvaret för analys och tolkning av resultat vilar dock enbart på författarna.

## Innehållsförteckning

Förord.....	3
Sammanfattning .....	5
Summary .....	7
Introduktion.....	9
Syfte.....	9
Scenariodefinitioner i rapporten.....	10
DELSTUDIE 1 – UPPFYLLA MILJÖMÅLSSPECIFIKATION FÖR FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING GENOM EUROPEISKA UTSLÄPPSMINSKNINGAR?.....	11
Avgränsningar och antaganden.....	11
Material och Metod.....	12
Resultat .....	14
Diskussion.....	22
DELSTUDIE 2: VIKTIGASTE SEKTORER OCH UTSLÄPPSKÄLLOR .....	24
Avgränsningar och antaganden.....	24
Material och Metod.....	24
Resultat .....	25
SO <sub>2</sub> .....	25
NO <sub>x</sub> .....	28
NH <sub>3</sub> .....	33
Referenser .....	37
Appendix 1.....	39

# Sammanfattning

I denna rapport presenteras resultat från en studie över vägar framåt för att Sverige skall kunna närma sig miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Studien har haft två syften:

1. Analysera vilka Europeiska utsläppsminskningar som skulle leda till att miljömålen nås till senast 2030
  - a. För målet *Bara naturlig försurning* beaktade studien miljömålsspecificeringen: "Påverkan genom atmosfäriskt nedfall"
  - b. För målet *Ingen övergödning* beaktade studien endast deposition av övergödande kväve över skogsmark. Detta kopplar främst till miljömålsspecificeringen: "Påverkan på landmiljön"
2. Analysera i vilka länder och i vilka sektorer åtgärder för att minska utsläpp av försurande och övergödande ämnen skulle ge störst effekt.

Med bas i det mest ambitiösa tillgängliga utsläppsscenarioet för EU:s länder beräknades ytterligare utsläppsminskningar i de m.a.p. utsläpp av svavel och kväve viktigaste sektorerna. Dessa minskningar genomfördes i de Europeiska länder som år 2010 var de viktigaste för försurande och övergödande deposition över Sverige. Utsläppsminskningarna simulerades för år 2020 och 2030 som konsekvenser av mycket kraftiga ändringar i energisystemet, i transportsystemet och i jordbrukssektorn. Därefter beräknades och diskuterades åtföljande påverkan på försurning och övergödning i Sverige.

För att identifiera de sektorer i vilka utsläppsminskningar skulle kunna ge mest nytta för de svenska miljömålen analyserades scenarierna i underlagsrapporter framtagna till den pågående revideringen av EU:s tematiska strategi för luftföroreningar. Analysen fokuserade på de länder som kan anses viktigast för försurande och övergödande deposition över Sverige, och identifierade sektorer med störst beräknade framtida utsläpp och störst potential för utsläppsrening.

Det samlade intrycket från denna studie är att det svenska miljömålet *Bara naturlig försurning* inte kommer kunna nås genom Europeiska utsläppsminskningar av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), kväveoxid (NO<sub>x</sub>), och ammoniak (NH<sub>3</sub>) till år 2030, givet dagens ekonomiska utvecklingstrender. Detta mycket på grund av att de idag försurade avrinningsområdena till relativt stor andel utgörs av områden med mycket hög känslighet för svaveldeposition, och att kriteriet för återhämtning i sjöar som används vid beräkning av kritisk belastning är relativt strikt, i jämförelse med alternativa beräkningssätt. Det kan vara befogat att vidare analysera vilka mått och indikatorer som bör användas vid analyser av försurning i framtiden.

Resultaten från denna studie tyder på att det svenska miljömålet *Ingen övergödning* har potential att kunna nås genom Europeiska utsläppsminskningar. Men detta kommer kräva mycket kraftiga omställningar av den Europeiska jordbrukssektorn, både vad avser användning av reningstekniker och faktisk produktion inom jordbrukssektorn.

Av de länder som har stor påverkan på svensk deposition av svavel beräknas högst utsläppsreningspotential finnas i sektorerna Industriell förbränning, Energi, och Hushåll & Service år 2020 och 2030. Energisektorn beräknas ha högst utsläpp. För utsläppsminskning av NO<sub>x</sub> är det utsläppsrening i sektorerna Energi och Industriell förbränning som har störst teknisk utsläppsreningspotential om man bortser från

den internationella sjöfarten. För utsläpp av NH<sub>3</sub> är det utsläpp från jordbrukssektorn som fortsätter dominera totalt i Europa.

### Huvudbudskap från studien

Genom revideringen av Göteborgsprotokollet och Kommissionens nyligen framlagda förslag till fortsatta åtgärder för att begränsa utsläppen i Europa kommer belastningen av försurande och övergödande ämnen i Sverige att minska. Dessa minskningar kommer dock inte att vara tillräckliga för att nå de mål som sätts i nedfalls-specificeringarna av miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*, även om målet ligger nära för *Ingen övergödning*.

I denna studie visar vi att det även med omfattande ytterligare åtgärder i Europa kommer vara mycket svårt att nå ett icke-överskridande av kritisk belastning för försurning av skogsmark i Sverige till år 2030. Även i våra mest ambitiösa utsläppsscenarier utsätts ca 1 % av den svenska skogsarealen för försurande deposition överskridande kritisk belastning för försurning. I vårt minst ambitiösa scenario är det 2 % av arealen som utsätts för deposition överskridande kritisk belastning

För överskridande av kritisk belastning för övergödning visar våra analyser att fortsatta åtgärder i Europa kommer att kunna drastiskt minska överskridandet av kritisk belastning av skogsmark i Sverige. Fortsatta utsläppsminskningar av såväl NO<sub>x</sub> som NH<sub>3</sub> är betydelsefulla även om åtgärder i jordbrukssektorn (NH<sub>3</sub>) är de som har störst effekt. Även utsläppsminskningar från sjöfarten kan ge påtaglig minskning av svenska skogsmarkens övergödning. Allt som allt visar de analyserade scenarierna att den skogsareal som utsätts för deposition överskridande kritisk belastning för övergödning skulle kunna minska från prognosticerade 20 % år 2030 till 3 % år 2030 om mycket kraftiga internationella åtgärder sätts in.

Även med omfattande ytterligare åtgärder i Europa kommer det vara omöjligt att nå ett icke-överskridande av kritisk belastning för försurning av sjöar och avrinningsområden i Sverige till år 2030. Det är framförallt svenska avrinningsområdets känslighet för svaveldeposition som förhindrar detta, 13 procent av de svenska avrinningsområdena som analyserats har extremt låga kritiska belastningsgränser för svavel. Överskridandet av kritisk belastning för försurning i sjöar och avrinningsområden kan minska, men ett icke-överskridande kommer inte nås genom internationella utsläppsminskningar

## Summary

This report presents the results from a study focusing on the paths forward for Sweden in order to achieve the Swedish Environmental Quality Objectives *Natural acidification only* and *No eutrophication*. The study had two main purposes:

1. To analyse the level of European emission reductions needed in order to achieve the environmental quality objectives by year 2030, at the latest.
  - a. With regards to the objective *Natural acidification only*, the study considered the specification: "Impact through atmospheric deposition"
  - b. With regards to the objective *No eutrophication*, the study only considered the deposition of eutrophying nitrogen over forest areas. This consideration is most closely linked to the specification "Impact on land areas"
2. To analyse in which countries and in what sectors measures to reduce emissions of acidifying and eutrophying compounds would have the largest impact.

Based on the most ambitious emission scenario available for EU countries, continued emission reduction scenarios were calculated for the most important sectors with regards to emissions of sulphur and nitrogen. These emission reductions were implemented in the European countries which in 2010 were most significant for acidifying and eutrophying deposition over Sweden. The emission reductions simulated for the years 2020 and 2030 were the results of hypothetical large changes in the energy system, in the transport system and in the agricultural sector. The impact on acidification and eutrophication in Sweden was thereafter calculated and discussed.

Emissions scenarios available in reports supporting the ongoing revision of the EU thematic strategy on air pollution was analysed in order to identify in which sectors emission reductions would give the largest benefit for the Swedish environmental objectives. The analysis focused on the countries that can be considered as most important for the acidifying and eutrophying deposition over Sweden, and identified the sectors with the anticipated largest future potential for emission reductions.

The overall impression from this study's results is that it will not be possible to achieve the Swedish environmental objective *Natural acidification only* by reducing emissions of sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and ammonia (NH<sub>3</sub>) by the year 2030, given current economic development trends. This is largely due to the fact that the catchment areas currently receiving acid deposition above critical loads are, to a relatively large share, consisting of areas with very high sensitivity to sulphur deposition. Also the criteria for estimating recovery in lakes from acidification, which are used when calculating levels for critical loads, are relatively strict compared to alternative ways to calculate acidification impacts. It can be motivated to further analyse which measures and indicators that should be used for analysis of acidification in the future.

The results from this study indicate that it is potentially possible to achieve the Swedish environmental objective *No Eutrophication* by reducing European emissions, but this requires very large transitions of the European agricultural sector, both in terms of using emission reduction technologies and in terms of production within the agricultural sector.

In the countries with large impact on sulphur deposition over Sweden the sectors with highest emission reduction potentials by the year 2020 and 2030 are Industrial combustion, Energy, and Household & Services. The Energy sector is anticipated to have the highest total emissions. The largest potential for emission reduction concerning emission reductions of NO<sub>x</sub> is found in the sectors Energy and Industrial combustion, if one disregards international shipping. Concerning NH<sub>3</sub> it is emissions from the agricultural sector that continue to dominate in Europe.

### **Main message from this study**

Through the revision of the Gothenburg Protocol, and the recent European Commission proposal for continued measures to reduce EU emissions, the deposition of acidifying and eutrophying compounds over Sweden will be reduced. These reductions will however not be sufficient to achieve the objectives in the deposition-related specifications of the environmental objectives *Natural acidification only* and *No eutrophication*, even if the objective is close for *No eutrophication*.

In this study we show that, even with very extensive further measures in Europe, it will be very difficult to reach a non-exceedance of critical loads for acidification of forest areas in Sweden by the year 2030. Even in our most ambitious emission scenarios ~1% of Swedish forest area will be exposed to acid deposition exceeding critical loads for acidification. In our least ambitious scenario 2% of the area is exposed to deposition exceeding critical loads.

Concerning exceedance of critical loads for eutrophication our analyses show that further European measures will drastically reduce the exceedance of critical loads in Swedish forest areas. Continued emission reductions of both NO<sub>x</sub> and NH<sub>3</sub> are important, even if measures in the agricultural sector (NH<sub>3</sub>) are having the largest impact. Emission reductions from international shipping would also provide a sizeable reduction of the eutrophication of forest areas in Sweden. All in all the analysed scenarios show that the forest area exposed to deposition exceeding critical loads for eutrophication would be reduced from the projected 20% year 2030 to 3% 2030 if very ambitious international measures were to be implemented.

Even with extensive further measures in Europe it will be impossible to reach a non-exceedance of critical loads for acidification of catchment areas in Sweden by 2030. It is foremost the Swedish catchment areas sensitivity to sulphur deposition that inhibits this. 13% of the Swedish catchment areas included in our analysis have extremely low critical load values for sulphur deposition. Exceedance of critical loads for acidification of in lakes and catchment areas can be reduced, but a non-exceedance will not be reached by international emission reductions.



## Introduktion

År 2013 är EU:s ”luftår”. I slutet av året publicerade Kommissionen en ny strategi för hur man fortsatt skall minska föroreningsbelastningen. Strategin som benämns Clean Air Policy Package innehåller ett förslag till revision av utsläppstaksdirektivet (NEC) inom vilket nationella utsläppstak föreslås för kväveoxider (NO<sub>x</sub>), svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>), flyktiga organsiska ämnen (NMVOC), fina partiklar (PM<sub>2.5</sub>) och eventuellt metan (CH<sub>4</sub>). Utsläppen av framförallt NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, och NH<sub>3</sub> påverkar uppfyllandet av de svenska miljömålen Bara naturlig försurning och Ingen övergödning. Varken miljömålet Bara naturlig försurning eller Ingen övergödning beräknas bli uppfyllda till 2020 (Swedish Environmental Protection Agency, 2012). Därmed är det intressant att studera hur låga utsläpp av NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, och NH<sub>3</sub> skulle behöva vara för att Sverige skall nå sina miljömål år 2020, och hur långt vi kan nå år 2030. Det är också viktigt att identifiera de sektorer som i framtiden kommer att vara mest effektiva att reglera för att uppnå de svenska miljömålen för försurning och övergödning.

## Syfte

Arbetet i denna studie har varit tvådelat, varför även rapporten är tvådelad. För den första delen av studien har syftet och den huvudsakliga forskningsfrågan varit att analysera vilka europeiska utsläppsminskningar SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, och NH<sub>3</sub> som skulle krävas (år 2020 och 2030) för att Sverige skall nå miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. För miljömålet *Bara naturlig försurning* finns det ett antal specificeringar, och det var specificeringen ”Påverkan genom atmosfäriskt nedfall” som berörs av denna studies resultat. Denna specificering anger att:

*”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.”*<sup>1</sup>

För miljömålet *Ingen övergödning* finns det en liknande specificering, ”Påverkan på landmiljön”. Men denna innehåller även mål för markanvändning:

*”Atmfäriskt nedfall och brukande av mark inte leder till att ekosystemen uppvisar några väsentliga långsiktiga skadliga effekter av övergödande ämnen i någon del av Sverige”*<sup>2</sup>

Denna studies resultat gäller deposition av övergödande ämnen över skogsmark i Sverige.

I den andra delen av studien var syftet att klargöra i vilka länder och i vilka sektorer som det skulle göra störst nytta att sätta in åtgärder för att minska utsläpp av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, och NH<sub>3</sub>.

---

<sup>1</sup> <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/3-Bara-naturlig-forsurning/Preciseringar-av-Bara-naturlig-forsurning/, 2014-06-15>

<sup>2</sup> <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/Preciseringar-av-Ingen-overgodning/, 2014-10-21>

## Scenariodefinitioner i rapporten

IIASA TSAP#10 CLE-scenario	IIASAs huvud-scenario för analyser kring måläret 2025 (Scenario: TSAP_PRIMES2012_REF (ID: TSAP_PRIMES2012_REF))*
IIASA TSAP#10 A5-scenario	IIASAs EU ambitionsscenario för analyser kring måläret 2025. Utsläppen i detta scenario förväntas ligga nära det förslag som EU-kommissionen kommer med kring ett reviderat Utsläppstaksdirektiv (Scenario: TSAP_Mar13_a05 (ID: TSAP_Mar13_a05))
IIASA TSAP#10 MTFR-scenario	IIASAs maxambitionsscenario för analyser kring måläret 2025 (Scenario: TSAPMar13_MFR_2025 (ID: TSAPMar13_MFR_2025))
IIASA TSAP#1 BL-scenario	IIASAs huvud-scenario i TSAP-rapport nummer 1 för analyser kring måläret 2020 och 2030. Dessa scenarier är nödvändiga då de scenarier som rapporteras i TSAP rapport #10 inte är beräknade för år 2020 (Scenario: TSAP_REF2050 (ID: PRIMES_REF2050_052012))
IIASA TSAP#1 MTFR-scenario	IIASAs maxambitions-scenario för analyser kring måläret 2020 och 2030 (Scenario TSAP_REF_MTFR (ID: TSAP_REF_MFR))
<b>CLEO_SWE-BASE</b>	<b>Denna studies huvudscenario</b> baserat på utsläpp från landbaserade källor som i TSAP #1 MTFR-scenariot, men med utsläpp från sjöfart motsvarande TSAP #10 CLE-scenariot.
CLEO_SEQO1, 2, 3, ... 34*	En egen grupp av scenarier inriktade mot att minska utsläpp av NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> från el- och värmeproduktion, vägtransporter, och djurhållning i Europa. Scenarierna är baserade på (utgår ifrån) IIASA TSAP#1 MTFR-scenariot
CLEO_SEQO1-34	Ett samlingsscenario som sammanfattar alla enskilda länders åtgärder i ett gemensamt scenario för att analysera samlade effekter på försurning och övergödning
CLEO_SEQO35, 36, 37, 38	En egen grupp av scenarier inriktade mot att minska utsläpp av NO <sub>x</sub> och SO <sub>2</sub> från sjöfart i Östersjön och Nordsjön utöver de utsläppsminskningar som prognosticeras i (Campling et al., 2013a).
CLEO_SEQO1-38	Ett samlingsscenario som innefattar kraftiga utsläppsminskningar från el- och värmeproduktion, vägtransporter, djurhållning i Europa, samt utsläpp från Östersjön och Nordsjön.
CLEO_SEQO_NO_MTFR	Ett eget jämförande scenario baserat på utsläpp från landbaserade källor som i TSAP #1 BL-scenariot, men med utsläpp från sjöfart motsvarande TSAP #10 CLE-scenariot.
CLEO_SEQO_LowS	Ett scenario baserat på CLEO_SEQO1-38 men där även ekonomisk aktivitet inom industrin i de utvalda länderna minskades med 80 % för 2020 och 2030

\* Informationen inom parentes identifierar scenariot såsom det definieras i GAINS-modellen.

# DELSTUDIE 1 – UPPFYLLA MILJÖMÅLSSPECIFIKATION FÖR FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING GENOM EUROPEISKA UTSLÄPPSMINSKNINGAR?

## Avgränsningar och antaganden

I delstudie 1 analyserades miljömålsåret 2020 samt måläret för EU:s reviderade Clean Air Policy Package för luftföroreningar 2030.

Europeiska utsläppsminskningar av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, och NH<sub>3</sub> analyserades med fokus på utsläppsminskningar i de länder som tillsammans bidrar med den största andelen av depositionen av försurande och övergödande ämnen i Sverige år 2010.

Effekter på den svenska försurnings- och övergödningssproblematiken analyserades genom användande av indikatorsmåttet kritisk belastning. För försurning användes indikatorn kritisk belastning av skogsmark (CL forest areas), som i GAINS-modellens online-version beräknas som överskridandareal (km<sup>2</sup>) (Amann et al., 2011). Denna indikator används av IASA för att beskriva påverkan på försurning av internationella utsläpp (Amann et al., 2013). Indikatorn anger hur många km<sup>2</sup> av den totala skogsarealen som utsätts för deposition av försurande ämnen överskridande arealens kritiska belastningsgränser. För övergödning gällde samma indikator.

De stora problemen med svensk försurning finns främst i Svenska vattendrag. Därför beräknades även resultat för indikatorn kritisk belastning för sjöars avrinningsområden (CL catchment areas). Dessa resultat var tyvärr inte representativa för dagens svenska förhållanden, på grund av att GAINS-modellens databas inte var komplett för denna indikator.

Miljömålsspecifikationen för både försurning och övergödning definierades i denna analys som uppfyllt då scenario-resultaten visade på inget överskridande av kritisk belastning. I realiteten innebär inte detta med automatik att det försurnings- och övergödningssproblem kommer vara lösta om de använda kriterierna uppfylls, för att andra påverkansfaktorer (så som skogs- eller jordbruk) kan förvärra situationen. Det säger inte heller något om NÄR en tillräckligt god miljösituation kommer uppnås. Denna studie hanterar ju som tidigare nämnts bara de delar av den svenska försurnings- och övergödningssproblematiken som berör atmosfäriskt nedfall.

I de utsläppsscenarioer som analyserades användes de spridningsberäkningar som finns tillgängliga i GAINS-modellen. Dessa spridningsberäkningar redovisas i modellen genom en "source-receptor" matris där utsläpp från ett givet land förbinds med depositionen över ett rutnät som omfattar Europa med omgivande havsområden. Då utsläppen i beräkningarna summeras ihop för ett helt land fanns det inte möjlighet att analysera miljöpåverkan från utsläppsminskningar i enskilda sektorer. I denna studie antas att den linjära spridningsmatris som GAINS-modellen använder sig av för att beräkna sambanden mellan emission och nedfall är tillräcklig för att analysera så låga utsläpp som är aktuella i denna studie, och för att ge relevanta resultat. Denna linjaritet är en förenkling och kan visa sig problematisk främst när man studerar utsläppsminskningar av svavel utan åtföljande minskningar av ammoniakutsläpp, men det kan även vara problematiskt vid mycket låga utsläppsnivåer (Andersson, Andersson, Lagner, & Segerström, 2011). I denna studie har vi analyserat utsläppsminskningar av både svavel och ammoniak, så åtminstone en av komplikationerna med det linjära antagandet är hanterbart.

Vidare har antagits att 'ekonomiska spridningseffekter' av åtgärderna i scenarierna är försumbara. De teoretiska ändringar i aktiviteter inom el- och värmesektorn, transportsektorn, samt jordbrukssektorn som räknats på, antas alltså ha försumbara effekter på utsläpp från andra källor eller sektorer.

## Material och Metod

Analysen i delstudie 1 genomfördes med hjälp av egna scenario-körningar i GAINS-modellen. Denna modell valdes då den använts för de scenarier som EU-kommissionen använt sig av för sitt förslag till ett reviderat utsläppstaksdirektiv. I delstudie 1 användes GAINS-modellen för att beräkna scenario-specifika minskningar av utsläpp, spridning av utsläpp, samt effekter på försurning och övergödning. En bra sammanställning över hur GAINS-modellen genomför dessa beräkningar finns i (Amann, 2012). Mer detaljerade underlag för hur GAINS-modellen beräknar påverkan på försurning finns i sammanställningarna från ICP Modelling & Mapping, samt från UNECE CLRTAP Coordination Centre for Effects (CCE) (Hall, 2007; Posch, 2010a, 2010b, 2010c; Posch, Slootweg, & Hettelingh, 2011, 2012; Spranger, 2010). De data över ekosystemkänslighet som användes i analyserna rapporterades från Sverige till CCE till IIASA år 2012.

### Val av scenarier för analys

De scenarier som analyserades utgick från de befintliga scenarier som finns i GAINS-modellens onlineversion ([www.gains.iiasa.ac.at](http://www.gains.iiasa.ac.at)) och som rapporterats i samband med IIASAs underlagsrapporter till EU-kommissionen och EU:s medlemsländer. Dessa scenarier justerades sedan i analyserna med avseende på minskade utsläpp och därmed försurnings- och övergödningsförhållanden i Sverige. De scenarier som i delstudie 1 betraktades som IIASAs bas- respektive MFR-scenario togs från IIASAs TSAP-rapport nummer 1 (Amann et al., 2012). Dessa scenarier uppdaterades i denna analys med avseende på utsläpp från internationell sjöfart. Detta med avseende på sjöfart uppdaterade huvud-scenario från IIASA benämns i denna rapport CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR. Det med avseende på sjöfart uppdaterade MFR-scenariot från IIASA benämns CLEO\_SWE-BASE i denna rapport. CLEO\_SWE\_BASE är denna rapportens huvud-scenario, i vilket bästa tekniska potential för att minska utsläpp från stationära källor är utnyttjad. För jämförelse beaktades även nyare resultat framtagna av IIASA i TSAP-rapport nummer 10 (Amann et al., 2013). Det ska komma ihåg att den hypotetiska maximala användningen av reningstekniker i CLEO\_SWE\_BASE ligger långt över den nivå som anges som max-nivå i det senaste prognosarbetet från IIASA (Amann et al., 2013; Amann et al., 2014). Analyser av utsläppsminskningar av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> från fartygstrafik i Östersjön och Nordsjön baserades på utsläppscenarier presenterade i (Campling et al., 2013a, 2013b).

För att få en gripbar mängd scenarier att analysera utgick vi ifrån de regioner som bidrog mest till deposition av försurnande och övergödande utsläpp till Sverige år 2010. Information kring detta hämtades från (Fagerli et al., 2012). Baserat på denna information valdes viktiga regioner ut, se Tabell 1

Tabell 1: Länder vars utsläpp år 2010 tillhör de viktigaste för svensk försurning och övergödning

Land	Aktuella för utsläppsminskningar av:		
Belarus			NH <sub>3</sub>
Belgien		NO <sub>x</sub>	
Danmark	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Tyskland	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Finland	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Frankrike	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Storbritannien	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Nederländerna		NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Norge	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Polen	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Ryssland	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Sverige	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Ukraina	SO <sub>2</sub>		
Estland	SO <sub>2</sub>		
Tjeckien	SO <sub>2</sub>		
Östersjön	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	

För att få en indikation om huruvida de för Sveriges del viktigaste länderna år 2010 kommer vara bland de viktigaste även år 2020 och 2030 korrigerades depositionsdata för år 2010 med avseende på den i (Amann et al., 2013) uppskattade maximala utsläppsminskningen mellan år 2010, 2020, och 2030 för de länder som rapporteras i (Fagerli et al., 2012). Denna jämförelse indikerade att de länder som utgjorde de största källorna för deposition av försurnande och övergödande ämnen i Sverige år 2010 skulle vara de största källorna även år 2020 och 2030.

I denna studies scenarioanalyser sänktes utsläpp ytterligare genom att för varje aktuell förorening minskades de aktiviteter som orsakar utsläppet i fråga. För NH<sub>3</sub> minskades ett lands djurhållning med 50 % av det i CLEO\_SWE\_BASE -scenariot specificerade värdet. För SO<sub>2</sub> minskades mängden kol, olja och gas till el och värmeproduktion med 50 % av det i CLEO\_SWE\_BASE -scenariot specificerade värdet. För NO<sub>x</sub> (som också påverkas av ändring i el- och värmeproduktion) minskades bränsleförbrukning i vägtrafiken med 50 % av det i CLEO\_SWE\_BASE -scenariot specificerade värdet. Dessa ändringar baseras på de förväntade största utsläppssektorerna i Europa av respektive förorening år 2020 i IIASA TSAP#1 MTR-scenariot (Amann et al., 2012), dock med undantag för industri-sektorn. Orsaken till att utsläppsminskningar från industriella källor exkluderades i huvudanalysen var att den pågående ekonomiska krisen i Europa, som bland annat medfört hög arbetslöshet, enligt vår bedömning riskerar göra det extra svårt att politiskt driva igenom ytterligare utsläppsminskningar i industri-sektorn. Denna bedömning kan bestridas, men det är återigen viktigt att påminna om att industrin i studiens CLEO\_SWE-BASE använder alla tekniskt tillgängliga utsläppsrenande tekniker. Dessutom analyserades utsläppsminskningar från industriella källor i en känslighetsanalys.

Förutom minskade utsläpp från landbaserade källor analyserades ytterligare utsläppsminskningar av SO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub> i Östersjön och Nordsjön. De i (Campling et al., 2013a) beräknade utsläppsnivåerna 2020 och 2030 sänktes med 50 %.

Dessa scenario-specifika ändringar motsvarar stora samhällsomställningar. För NH<sub>3</sub> krävs i detta scenario en betydande ändring i europeérs kost. I denna rapport togs inte hänsyn till ökad produktion av andra födoämnen som i sig kan leda till viss ökad miljöbelastning. För SO<sub>2</sub> motsvaras ändringen av en kraftig satsning på icke-förbränningsbaserad energi och kraftiga energieffektiviseringar. För NO<sub>x</sub> motsvaras ändringen liksom för svaveldioxid av en kraftig satsning på icke-förbränningsbaserad energi och kraftiga energieffektiviseringar, men också av en kraftig satsning på alternativa färd- och drivmedel och ändringar i transportbeteenden. För minskade utsläpp i sjöfarten krävs ytterligare energieffektivisering och användning av reningstekniker. Alla de ovan nämnda åtgärderna har rimligtvis ett antal sidoeffekter, men dessa analyseras inte i denna studie.

Allt som allt beräknades 38 enskilda scenarier för år 2020, ett scenario för varje utsläppsminskande sektor och land/havsregion. Dessutom räknade vi tre sammansatta scenarier, där i det första scenariot alla utsläppsminskningar i Östersjön och Nordsjön analyserades samtidigt. I det andra sammansatta scenariot analyserades den samlade effekten av de 34 landsscenerierna. I det tredje analyserades den samlade effekten av samtliga 38 scenarier. Utöver dessa scenarier beräknades ett antal scenarier i syfte att nå utökad förståelse av resultat, bland annat ett scenario där mesta möjliga NO<sub>x</sub>-rening används i Östersjön år 2020 och 2030, enligt uppskattning i (Campling et al., 2013a), samt en känslighetsanalys där även ekonomisk aktivitet inom industrin i de utvalda länderna minskades med 80 % för 2020 och 2030 (Scenario CLEO\_SEQO\_Lows). Detaljerad information om de 38 huvudscenerierna, inklusive påverkan på utsläpp, försurning och övergödning finns i Appendix 1

## Resultat

I Appendix 1 visar vi sammanfattande tabeller över hur de olika scenarierna minskar utsläpp av NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> i de länder som studerats, samt vilken påverkan detta hade på övergödning och försurning. Vi vill påminna om att det som i denna rapport benämns som rapportens huvud-scenario är ett scenario där samtliga tillgängliga utsläppsrenade tekniska lösningar är implementerade så långt som har ansetts tekniskt möjligt till år 2020 och 2030 för de landbaserade källorna. Däremot har inte scenariot tagit hänsyn till beteendeförändringar. I detta kapitel redovisar vi först nuvarande och förväntad påverkan på försurning och övergödning i Sverige. Därefter presenterar vi scenariospecifika utsläpp och påverkan på överskridande deposition för försurning och övergödning av skogsmark. Sist följer en redovisning av samma resultat för försurning av avrinningsområden.

### Nuvarande och förväntade problem med försurning och övergödning

För år 2010 beräknades i det uppdaterade CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR-scenariot att arealen skogsmark som utsattes för depositionsnivåer överskridande den kritiska belastningsgränsen för försurning av skogsmark i Sverige motsvarade 6 900 km<sup>2</sup> av de i GAINS-modellen beaktade 233 300 km<sup>2</sup> skogsareal, motsvarande 3 % överskridande.

För övergödning utsattes 66 700 km<sup>2</sup> av totalt 233 300 km<sup>2</sup> (29 %) skogsareal för deposition överskridande kritisk belastning år 2010 enligt samma scenario.

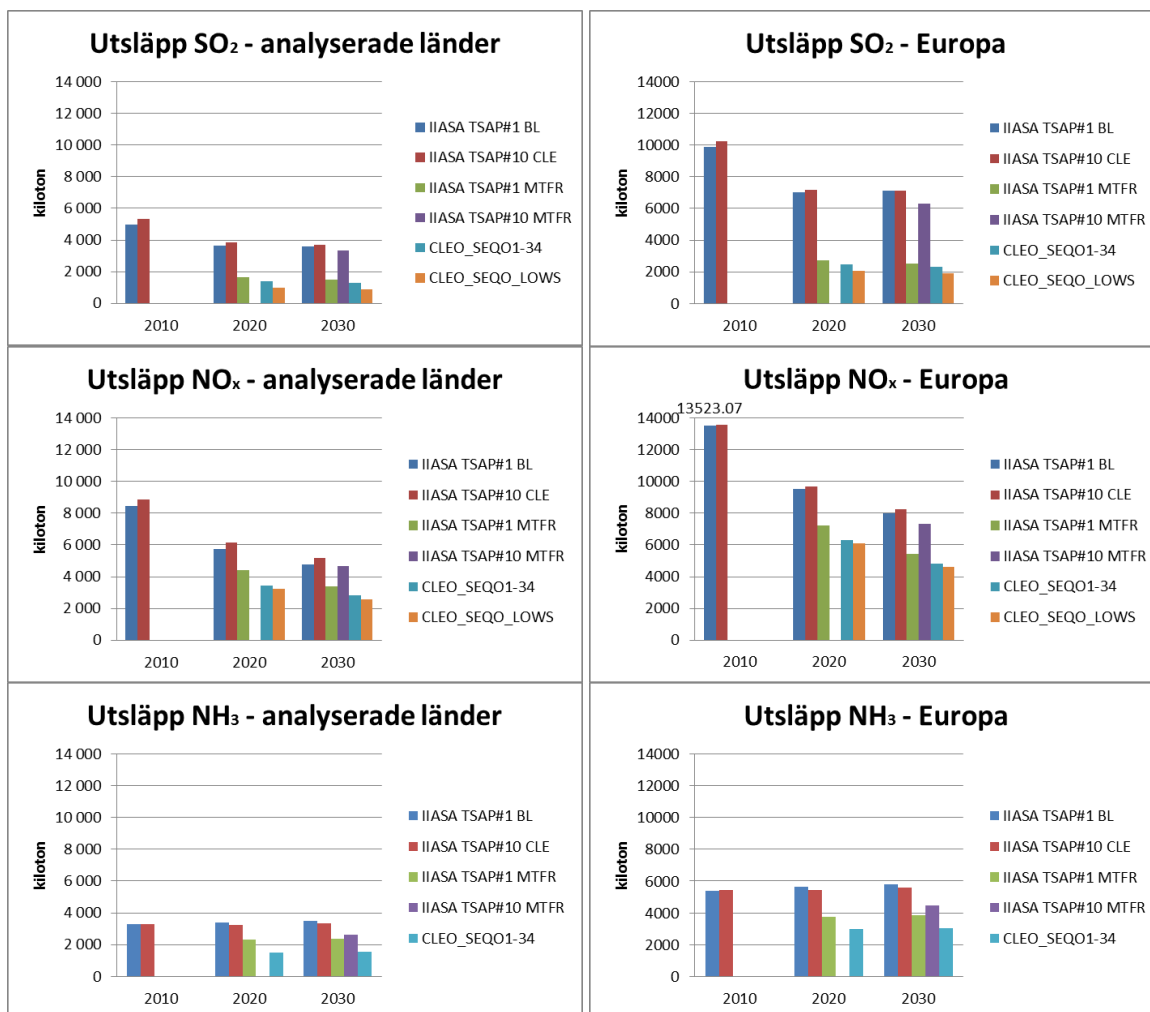
År 2020 beräknas situationen i Sverige vara att deposition överskridande kritisk belastning för försurning sker på 5 400 km<sup>2</sup> skogsmark (2,3 % av arealen). År 2030 är motsvarande siffra 4 900 km<sup>2</sup> (2,1 %). För övergödning beräknas Sveriges överskridande av kritiskt belastning motsvara 51 200 km<sup>2</sup> (22 %) år 2020. År 2030 blir motsvarande siffra 47 000 km<sup>2</sup> (20 %) (Amann et al., 2012, samt egna beräkningar). I scenariot CLEO\_SWE-BASE skulle överskridandet avseende försurning av skogsmark bli 1,4 % år 2020 och 1,3 % 2030. För övergödning blev motsvarande siffror 13 % år 2020 och 11 % år 2030.

För år 2010 beräknades i det uppdaterade CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR-scenariot att arealen avrinningsområde som utsattes för depositionsnivåer överskridande den kritiska belastningsgränsen för försurning i Sverige motsvarade 13 300 km<sup>2</sup> av de i GAINS-modellen beaktade 52 500 km<sup>2</sup> avrinningsområde, motsvarande 25 % överskridande. Dessa 52 500 km<sup>2</sup> utgör endast en liten del av Sveriges avrinningsområden. Att endast en liten del av Sveriges avrinningsområden inkluderats beror på att GAINS-modellens senaste uppdatering av kritisk belastning för avrinningsområden endast inkluderar arean för de ytor (rutceller) i vilka det finns mät och modelleringsdata för Sverige. Dessa ytor är inte jämnt fördelade geografiskt över Sverige, utan är överrepresenterade i södra Sverige. Det är även i södra Sverige som deposition av försurande ämnen är störst. Detta är en orsak till att överskridandet blir relativt högt i GAINS-modellens resultat.

Svenska beräkningar av överskridande av kritisk belastning för avrinningsområden visar på 17 % överskridande 2010 och cirka 10 % 2030 enligt prognos (Fölster, Valinia, Sandin, & Futter, 2014)

### **Scenarioreultat avseende utsläpp**

Figureerna nedan ger en total uppskattning av hur utsläppstrenderna utvecklas i IIASAs TSAP #1 BL och MTFR-scenarier (Amann et al., 2012), IIASAs TSAP#10 CLE och MTFR-scenarier (Amann et al., 2013), samt det i denna studie framtagna CLEO\_SEQO1-34. Det sista scenariot innehåller de sammanlagda utsläppsminskningarna från länderna som presenteras i Figur 1. Utsläpp presenteras dels för de länder som analyserats i denna studie, dels för alla de 40 länder för vilka Europa-versionen av GAINS-modellen kan räkna utsläppscenarier (mindre länder som San Marino är inte specifikt inkluderade).



**Figur 1: Utsläppscenarier för SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och NH<sub>3</sub> uppdelade på dels de särskilt analyserade länderna samt alla Europas länder i GAINS-modellen**

De länder där ytterligare utsläppsminskningar analyserats i denna studie utgör för alla tre luftföroreningar mer än hälften av Europas nuvarande utsläpp. Detsamma gäller för åren 2020 och 2030 i IIASAs utsläppscenarier. Utsläppen i grundprognoserna (BL & CLE) beräknas minska för SO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub>, medan de ligger stabilt för NH<sub>3</sub>. Det bör dessutom påminnas om att den bedömda tekniska maxpotentialen för tekniska utsläppsminskande åtgärder är mycket mindre i IIASAs senare bedömning (TSAP#10 MTFR - lila kolumn) än i den tidigare (TSAP#1 MTFR - grön kolumn). Intressant är också att de aktivitetsändringar som analyserades i denna studie (-50 % i el- och värmeproduktion, vägtransporter, samt djurstocken) inte hade ett stort genomslag på utsläppen för SO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub> år 2020 och 2030 (skillnad mellan grön och turkos stapel). Detta tyder på att SO<sub>2</sub>- och NO<sub>x</sub>-intensiteten i energisystemet och transportsystemen i de studerade länderna beräknas bli relativt sett mindre i framtiden (50 % aktivitetsförändring år 2010 har större effekt på kton utsläpp än 50 % aktivitetsförändring 2030). För NH<sub>3</sub> är däremot effekten större. Detta är rimligtvis på grund av att utsläpp av NH<sub>3</sub> är och förväntas bli koncentrerade till jordbrukssektorn. NO<sub>x</sub>- och SO<sub>2</sub>-utsläpp är spridda över flera sektorer. De ändringarna i energisystemet, transportsystemet, och djurhållning (50 % minskning i bränsleanvändning/antal djur) som analyserats innebar utsläpp som var 16 % resp. 12 % lägre än i TSAP#1 MTFR år 2020 och 2030 för SO<sub>2</sub>, 22 % resp. 17 % år 2020 och 2030 för



NO<sub>x</sub>, men 34 % år 2020 och 2030 för NH<sub>3</sub> i de analyserade länderna. Samma ändringar innebar att de totala utsläppen för alla GAINS-länder minskade med 10 % resp. 7 % år 2020 och 2030 för SO<sub>2</sub>, 13 % resp. 11 % år 2020 och 2030 för NO<sub>x</sub>, och 21 % år 2020 och 2030 för NH<sub>3</sub>. Med andra ord kan man säga att de samhällsförändringar som simulerades till år 2020 och 2030 rimligtvis skulle ha en mindre effekt på nationella och regionala utsläpp, givet att alla tillgängliga tekniska utsläppsminskande åtgärder redan skulle vara genomförda. Detta gäller framförallt för SO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub>. Detta var också orsaken till känslighetsanalysen CLEO\_SEQO\_LowS, ett scenario i vilket vi minskade den ekonomiska aktiviteten inom industrin med 80 % för de studerade länderna.

Sjöfartens utsläpp i Östersjön och Nordsjön beräknas minska mycket snabbt för SO<sub>2</sub> under den studerade tidsperioden (ca 95 % minskning från år 2005 års utsläppsnivåer). För NO<sub>x</sub> är minskning blygsammare (13 – 17 % minskning från 2005 år 2020, 3 – 13 % från 2005 år 2030).

**Tabell 2: SO<sub>2</sub>-utsläppsprognos för Östersjön och Nordsjön (Campling et al., 2013a)**

SO <sub>2</sub> [kton]	2005	2020	2030
Östersjön CLE	130	6	7
Östersjön MFR		6	7
Nordsjön + Engelska Kanalen CLE	309	15	17
Nordsjön + Engelska Kanalen MFR		15	17

**Tabell 3: NO<sub>x</sub>-utsläppsprognos för Östersjön och Nordsjön (Campling et al., 2013a)**

NO <sub>x</sub> [kton]	2005	2020	2030
Östersjön CLE	220	183	202
Östersjön MFR		113	63
Nordsjön + Engelska Kanalen CLE	518	449	503
Nordsjön + Engelska Kanalen MFR		277	156

Däremot så beräknas ytterligare minskningspotential genom införande av reningsteknik vara relativt stor för NO<sub>x</sub>, medan SO<sub>2</sub> i huvud-scenariot inte beräknas ha någon ytterligare minskningspotential genom användande av reningsteknik (0 % för SO<sub>2</sub>, 47 – 49 % minskning av NO<sub>x</sub> år 2020, 47 – 70 % till 2030).

## Resultat avseende effekter på övergödning och försurning

### Försurning

Resultaten från scenarioanalyserna CLEO\_SEQO 1 till 34 visade att ifall ytterligare utsläppsminskningar skulle ske endast i ett land så skulle det för försurningsproblematiken i Sverige år 2020 vara viktigast med utsläppsminskningar i Danmark, Tyskland, Polen, och Sverige. Det var inget enskilt land som genom ytterligare utsläppsminskningar år 2020 och 2030 skulle förbättra den svenska försurningssituationen nämnvärt. Mest anmärkningsvärt var att det framförallt var åtgärden inom djurhållning (NH<sub>3</sub>) som för enskilda scenarier minskade överskridandet av kritisk belastning år 2020 (Danmark, Tyskland, och Sverige). För 2030 däremot bidrog även åtgärden inom el- och värmesektorn och åtgärden inom transportsektorn till minskat överskridande. Dessa oregelbundenheter i resultat orsakades av de tröskeeffekter som är associerad med den indikatorn kritisk belastningsgräns som använts i denna studie. I de sammanvägda scenarierna var det framförallt utsläppsminskning av SO<sub>2</sub> som hade effekt på överskridandet av kritisk belastning för försurning.

Om alla aktivitetsändringar skulle ske i alla länder samtidigt skulle Sverige kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för försurning från ~3 400 km<sup>2</sup> skogsmark (CLEO\_SWE\_BASE) till ~2

700 km<sup>2</sup> skogsmark år 2020 (CLEO\_SEQO1-34), motsvarande från 1,4 % av aktuell areal till 1,2 %. För 2030 kunde överskridandet minska från ~3 100 till ~2 500 km<sup>2</sup>.

Om alla utsläppsminskningar skulle ske i alla länder samtidigt och i Östersjön och Nordsjön skulle Sverige år 2020 kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för försurning av skogsmark något ytterligare, men förbättringen blev mycket liten (~2 600 km<sup>2</sup>). För år 2030 däremot blev påverkan från minskade sjöfartsutsläpp något litet större men fortfarande inte signifikant. Inte heller de utsläppsminskningar från Östersjön och Nordsjön som anses tekniskt möjliga i (Campling et al., 2013a) skulle ge signifikant förbättring av mängden areal utsatt för överskridande deposition. Ytterligare åtgärder för att minska utsläpp i form av 80 % minskad aktivitet i industrin i de analyserade länderna (CLEO\_SEQO\_LowS) skulle kunna minska överskridandet till 0,8 % av skogsarealen år 2030. Om man endast skulle genomföra utsläppsminskningar i Östersjön och Nordsjön och hålla utsläppen från landkällor som i CLEO\_NO\_MTFR så skulle de minska utsläppen från sjöfarten leda till att arealen vars deposition överskrider minskar från ~5 400 till ~5 200 km<sup>2</sup> år 2020. År 2030 skulle arealen minska från ~5 400 km<sup>2</sup> till ~5 200 km<sup>2</sup>.

### *Övergödning*

Resultaten visade att för övergödningens problematiken i Sverige år 2020 och 2030 kommer det vara viktigast med utsläppsminskningar av NH<sub>3</sub> i Sverige, Danmark, Tyskland, och Polen, givet att alla tillgängliga tekniska utsläppsminskande åtgärder redan är genomförda i de studerade länderna. Det var inte bara åtgärder inom djurhållning som påverkade, även åtgärderna inom transportsystemet och energisystemet påverkade något.

Om alla utsläppsminskningar skulle ske i alla studerade länder samtidigt visade modellresultaten att Sverige skulle kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för övergödning från ~30 300 km<sup>2</sup> (13 %) skogsareal i CLEO\_SWE\_BASE-scenariot till ~12 500 km<sup>2</sup> (5 %) skogsareal år 2020. Som tidigare nämnts beräknades överskridandet av kritisk belastning för övergödning motsvara ~51 200 km<sup>2</sup> (22 %) år 2020 i CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR – scenariot. Detta visar att aktivitetsändringar inom djurhållning skulle vara nästan lika viktiga för Sveriges övergödningens problematik (överskridande minskar med ~17 800 km<sup>2</sup> även då utsläppsrenande åtgärder redan är genomförda) som tekniska utsläppsrenande åtgärder (överskridande minskar med ~20 900 km<sup>2</sup>). För 2030 skulle överskridandet kunna minska från ~24 800 km<sup>2</sup> (11 %) till ~9 900 km<sup>2</sup> (4 %) genom samma aktivitetsändrande åtgärder. Däremot nåddes inte det svenska miljömålet för övergödning till något av åren, men det var nära.

Om utsläppsminskningar sker i alla länder och i Östersjön och Nordsjön visar modellresultaten att Sverige skulle kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för övergödning från ~30 300 km<sup>2</sup> (13 %) skogsareal till ~10 000 km<sup>2</sup> (4 %) skogsareal år 2020. För 2030 skulle ytterligare utsläppsminskningar i de aktuella länderna och havsregionerna leda till att överskridandet av kritisk belastning för övergödning minskar från ~24 800 km<sup>2</sup> (11 %) till ~7 800 km<sup>2</sup> (3 %). För övergödning skulle alltså utsläppsminskningar av NO<sub>x</sub> i Östersjön och Nordsjön ha en märkbar effekt på övergödningens problematiken i Sverige. Om man jämför med mesta möjliga rening av NO<sub>x</sub> enligt (Campling et al., 2013a) så blir motsvarande areal ~10 700 km<sup>2</sup> (5 %) år 2020 och ~7 100 km<sup>2</sup> (3 %) år 2030.

### *Sammanfattande resultat*

Med hjälp av de individuella scenarierna kunde de viktigaste länderna identifieras, om än baserat på mycket små skillnader i totala miljöeffekter. Sammantaget visar däremot analyserna att de scenarier som analyserats visade mycket större möjlighet att närma sig miljömål för övergödning av skogsmark än miljömålet för försurning.

Tabell 4: Överskridande av kritisk belastning 2020 [% av areal]

Scenario	Försurning skogsmark	Övergödning skogsmark
CLEO_SEQO_NO_MTFR	2,5 % (2,3)	22 % (21,9)
TSAP #10 CLE	2,5 % (2,5)	21 % (20,8)
TSAP #10 MTFR	-	-
CLEO_SWE_BASE	1,5 % (1,4)	13 % (13,0)
CLEO_SEQO35-38	1,5 % (1,4)	12 % (11,5)
CLEO_SEQO1-34	1 % (1,2)	5 % (5,3)
CLEO_SEQO1-38	1 % (1,1)	4 % (4,3)
CLEO_SEQO1-34+VITO MFR	1 % (1,1)	5 % (4,6)
CLEO_SEQO_LowS	1 % (0,9)	-

Tabell 5: Överskridande av kritisk belastning 2030 [% av areal]

Scenario	Försurning skogsmark	Övergödning skogsmark
CLEO_SEQO_NO_MTFR	2 % (2,1)	20 % (20,1)
TSAP #10 CLE	2 % (2,1)	18 % (18,3)
TSAP #10 MTFR	1,5 % (1,6)	11 % (11,0)
CLEO_SWE_BASE	1,5 % (1,3)	11 % (10,7)
CLEO_SEQO35-38	1,5 % (1,3)	9 % (9,1)
CLEO_SEQO1-34	1 % (1,1)	4 % (4,2)
CLEO_SEQO1-38	1 % (1,0)	3 % (3,3)
CLEO_SEQO1-34+VITO MFR	1 % (1,0)	3 % (3,0)
CLEO_SEQO_LowS	1 % (0,8)	-

Givet de samlade utsläppsminskningar som analyserats i scenarierna kunde överskridandet av kritisk belastning för övergödning av skogsmark minska till endast 3 % av den aktuella arealen. Däremot var effekten på försurning av skogsmarksareal liten och från redan mycket låga nivåer. Liknande resultat om än mindre långtgående visas även i (Amann et al., 2013). Som påminnelse kan nämnas att dessa effekter på övergödningens problematiken nåddes genom utsläppsminskningar av främst NH<sub>3</sub> i endast 11 länder. Den studerade övergödningens problematiken för skogsmark verkar därmed tekniskt sett i stort sett vara nåbar genom kraftigt ändrade livsstilsval som minskar nationella och internationella utsläpp av NH<sub>3</sub> och NO<sub>x</sub>.

### Påverkan på avrinningsområden

De resultat som visas i nedanstående kapitel anger relativt sett höga överskridanden av kritisk belastning för försurning av avrinningsområden i Sverige om man jämför med nationella officiella uppskattningar. Som tidigare nämnts beror detta på de data över försurningskänslighet som finns i den nuvarande versionen av GAINS-modellen. I den nuvarande versionen av GAINS-modellen inkluderas endast 52 500 km<sup>2</sup> avrinningsområde i Sverige, och den södra delen av Sverige är geografiskt överrepresenterad. Det är också i den södra delen av Sverige som den högsta depositionen av försurande luftföroreningar sker. Detta medför att överskridandet överskattas. Vid beräkning av kritisk belastning för sjöar i Sverige görs detta för hela Sveriges yta minus de nio största sjöarna, ca 437 000 km<sup>2</sup> avrinningsområden (Moldan, Stadmark, Jutterström, Fölster, & Futter, Kommande).

Om alla aktivitetsändringar skulle ske i alla länder samtidigt skulle Sverige kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för försurning i avrinningsområden från ~10 700 km<sup>2</sup> avrinningsområde till ~10 300 km<sup>2</sup> avrinningsområde år 2020 (av totalt 52 500 km<sup>2</sup>), motsvarande från 20,2 % av aktuell areal till 19,4 %. I CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR-scenariot var överskridandet ~12 100 km<sup>2</sup> år 2020 (23,1 %). För 2030 kunde överskridandet minska från ~10 600 till ~10 200 km<sup>2</sup> (~11 900 km<sup>2</sup> (22,6 %) i CLEO\_SEQO\_NO\_MTFR).

Om alla utsläppsminskningar skulle ske i alla länder samtidigt och i Östersjön och Nordsjön skulle Sverige år 2020 kunna minska sitt överskridande av kritisk belastning för försurning något ytterligare, men förbättringen blev inte signifikant. För år 2030 däremot blev påverkan från minskade sjöfartsutsläpp något litet större men fortfarande inte signifikant. Inte heller de utsläppsminskningar från Östersjön och Nordsjön som anses tekniskt möjliga i (Campling et al., 2013a) skulle ge signifikant förbättring av mängden areal utsatt för överskridande deposition. Ytterligare åtgärder för att minska utsläpp i form av 80 % minskad aktivitet i industrin i de analyserade länderna (scenario CLEO\_SEQO\_LowS) skulle kunna minska överskridandet till 18,3 % för de beräknade avrinningsområdena år 2030. Om man endast skulle genomföra utsläppsminskningar i Östersjön och Nordsjön och hålla utsläppen från landkällor som i CLEO\_NO\_MTFR så skulle de minskade utsläppen från sjöfarten leda till att arealen vars deposition överskrids minskar från ~11 900 till ~11 700 km<sup>2</sup> (från 22,6 % till 22,4 %).

#### Sammanfattande resultat för avrinningsområden

Sammanfattningsvis visar scenarioanalyserna mycket lite påverkan på svenskt överskridande av kritisk belastning över avrinningsområden.

**Tabell 6: Överskridande av kritisk belastning för försurning av avrinningsområden 2020 och 2030 [% av areal]**

Scenario	2020 Försurning avrinningsområde	2030 Försurning avrinningsområde
CLEO_SEQO_NO_MTFR	23 % (23,1)	23 % (22,6)
TSAP #10 CLE	24 % (24,0)	23 % (22,8)
TSAP #10 MTFR	-	21 % (20,9)
CLEO_SWE_BASE	20 % (20,3)	20 % (20,2)
CLEO_SEQO35-38	20 % (20,3)	20 % (19,9)
CLEO_SEQO1-34	20 % (19,7)	19 % (19,4)
CLEO_SEQO1-38	20 % (19,7)	19 % (19,4)
CLEO_SEQO1-34+VITO MFR	20 % (19,7)	19 % (19,4)
CLEO_SEQO_LowS	19 % (18,6)	18 % (18,3)

Givet de samlade utsläppsminskningar som analyserats i scenarierna var effekten på försurning i avrinningsområden i stort sett försumbar. Liknande resultat om än mindre långtgående visas även i (Amann et al., 2013).

För att ytterligare studera vad som skulle krävas för att nå målet för försurande deposition över avrinningsområden genomfördes ett antal känslighetsanalyser och analys av indata till analysen. Dessa känslighetsanalyser genomfördes på utsläppsnivåer så låga att den verkliga spridningen av luftföroreningar kanske inte kan beräknas bete sig så som de beskrivs med GAINS-modellens linjära spridningsmatris. Därför skall dessa resultat endast betraktas som indikationer. I känslighetsanalysen studerades försurningseffekter på avrinningsområden om de enda utsläppen var från:

- Sverige och internationell sjöfart
- Endast internationell sjöfart
- Endast naturliga källor.

**Tabell 7: Indikationer på % av avrinningsareal vars deposition överskrider kritisk belastning för försurning**

Scenario	2020	2030
CLEO SWE BASE	20 %	20 %
CLEO SEQO1-38	20 %	19 %
Endast Svenska utsläpp + sjöfart	17 %	17 %
Endast sjöfartsutsläpp	16 %	16 %
Noll utsläpp i Europa	16 %	16 %

Som syns i Tabell 7 beräknar GAINS-modellen ett överskridande av kritisk belastning för försurning i avrinningsområden även utan antropogena försurande utsläpp i Europa. Detta överskridande beror framförallt på svavelemissioner från regioner utanför Europa, emissioner av dimetylsulfid från havsområden, SO<sub>2</sub>-emissioner från vulkaner, och SO<sub>2</sub> från skogsbränder samt visst statistiskt brus. Det statistiska bruset orsakas av den linjära utsläppsspridning som GAINS-modellen bygger på. Den inbördes rankingen av dessa källor går tyvärr inte att fastställa. Dessutom är det så att hela 13 % av den aktuella arealen har en kritisk belastningsgräns för svavel som understiger 1 försurningsekvivalent svavel per hektar och år, vilket är ett mycket lågt värde. Medelvärde för svaveldeposition för scenariot Noll utsläpp i Europa var 19,7 försurningsekvivalenter av svavel per hektar och år. Med andra ord, för åtminstone 13 % av den avrinningsareal som beaktas i dessa analyser är det orimligt att nå miljömålspreciseringen för försurning genom endast utsläppsminskningar.

I en annan känslighetsanalys byttes måttstocken för beräkning av försurningseffekter från areal med överskridande till Accumulated Average Exceedance (AAE) (Posch, 2010a). AAE är ackumulerad mängd försurande nedfall som överskrider kritisk belastning inom en viss area. AAE visar både var överskridandet finns geografiskt och hur stor överskridandet är i genomsnitt för ett område. Fördelen med att använda AAE är att det minskar, och därmed visar förbättring, vid minskande nedfall även om nedfallet fortfarande överskrider kritisk belastning. I jämförelse med depositionsnivåerna i CLEO SWE\_BASE visades en tydligare förbättring av försurningssituationen.

**Tabell 8: Indikativa procent av areal med försurningsproblem (AAE) och areal med deposition överskridande kritisk belastning för försurning av avrinningsområden. Beräknat med AAE-metoden och med standardmetod för beräkning av kritisk belastning. Procent är baserat på den areal avrinningsområden som finns i GAINS-modellen i oktober 2014, och spridningsberäkningen är kraftigt förenklad.**

Scenario	2020	2020	2030	2030
	AAE	Areal med överskridande	AAE	Area med överskridande
CLEO SWE BASE	26 %	20 %	24 %	20 %
Endast Svenska utsläpp + sjöfart	10 %	17 %	10 %	17 %
Endast sjöfart	8 %	16 %	8 %	16 %
Noll utsläpp i Europa	7 %	16 %	7 %	16 %

Även om inte heller AAE-metoden visade en 100 % förbättring i scenariot Noll utsläpp i Europa, visade åtminstone en tydligare förbättring av försurningssituationen. Som jämförelse kan nämnas att motsvarande förbättring när försurningseffekter beräknades på avrinningsområdesarealer med deposition överskridande kritisk belastning var <8 % år 2020 och <9 % år 2030.

## Diskussion

En viktig påminnelse till läsaren innan diskussion av resultaten är att analyserna utgick från scenarier där redan alla tillgängliga utsläppsrenande tekniker skulle vara genomförda i EUs medlemsländer. Däremot var inga beteendeförändrande åtgärder antagna. Modellresultaten tyder på att det målet för försurningspåverkan från utsläpp kommer vara mycket svårt att klara av ens till år 2030. År 2020 ses i scenarierna endast mycket små resultat på försurningssituationen, och i enskilda scenarier mest när utsläpp av  $\text{NH}_3$  minskas. Sammantaget är det dock utsläppsminskning av  $\text{SO}_2$  som är viktigast. Skillnaderna i försurningssituation mellan de analyserade scenarierna är mycket små och borde egentligen betraktas som icke signifikanta när försurningspåverkan beräknas som total areal med deposition överskridande av kritisk belastning. När försurningsindikatorn AAE används är effekten av utsläppsminskningar tydligare. Men även när AAE används så är det lika stor areal med deposition överskridande kritisk belastning för försurning i avrinningsområden som i areal-baserade uppskattningar. Den stora nyttan med AAE är att den visar när försurningsproblemet minskar för arealer som fortfarande har deposition överskridande kritisk belastning för försurning.

Ytterligare kraftiga internationella minskningar av aktiviteter som orsakar utsläpp av  $\text{NO}_x$  och  $\text{NH}_3$  kan leda till märkbara resultat på Sveriges övergödningssituation i skogsmark. Däremot så kommer inte övergödningssituationen i skogsmark orsakat av luftföroreningar helt undanröjas med hjälp av enbart dessa åtgärder till 2020 eller 2030, även om det kan anses nära.

Idag och i framtiden är Europeiska utsläpp av  $\text{SO}_2$  och  $\text{NO}_x$  mycket låga om man jämför med 70-, 80-, och 90-talets nivåer. Sveriges utsläpp av  $\text{SO}_2$  har minskat från 70-talets ~900 kton till dagens ~32 kton. Svenska utsläpp av  $\text{NO}_x$  har minskat från ~270 kton 1990 till ~130 kton idag. Utsläpp av  $\text{NH}_3$  har minskat mindre, från 55 kton 1990 till ~52 kton idag. Konceptet kritisk belastningsgräns togs fram som ett relativt enkelt mått för att uppskatta försurnings- och övergödningssituation under en period då utsläpp och deposition av dessa luftföroreningar var höga. Sedan dess har utsläpp av främst  $\text{SO}_2$  och  $\text{NO}_x$  minskat kraftigt i Europa. Deposition av svavel över Sverige har minskat kraftigt, medan det råder mindre självklarhet kring om deposition av kväve har minskat. Modelleringsresultat antyder depositionsminskningar men detta kan inte bekräftas med depositionsmätningar (Hansen et al., 2013) Men det kan vara värt att fundera på om måttet behöver kompletteras med andra mått och perspektiv nu när Europas utsläpp är såpass låga, och den ackumulerade försurningspåverkan i ekosystemen är såpass hög.

De åtgärder som studerats i denna rapport är oerhört ambitiösa och skulle innebära stora samhällsomställningar. Åtgärderna är så stora att de flesta skulle anse dem vara alltför orealistiska.

Försurning och övergödning i Sverige orsakas till stor del av utsläpp i andra länder, och dessa miljöproblem är idag internationella frågor. Därför är det viktigt att påminna läsaren om att även då resultaten i denna studie visar resultat för Sverige, så har de analyserade utsläppsminskningarna positiv miljöpåverkan i många andra länder också. Det är fortsatt viktigt, och kanske till och med mer viktigt, med internationellt samarbete i frågan. Man kan även betrakta denna studies resultat ur denna utgångspunkt. Utsläppsminskningar i ett enskilt land kan inte anses ha någon nämnvärd effekt på vare sig svensk försurning eller övergödning (med undantag för vissa utsläppsminskningar av  $\text{NH}_3$ ), däremot kan viss förbättring nås om flera länder minskar sina utsläpp. Fortsatt ambitiöst internationellt samarbete fortsätter alltså att vara viktigt för Sveriges miljömål kring försurning och övergödning.

Försurning påverkas också av skogsbruk. I dagsläget, givet de historiskt sett låga Europeiska utsläppen  $\text{SO}_2$ , kan skogsbruk och uttag av biomassa från skogen påverka försurningsstatus av avrinningsområden mer än den påverkan från luftföroreningar som räknats fram i denna studie. I en studie av (Moldan et al., Kommande) visar modellberäkningar hur överskridande av kritisk belastning för försurning av

avrinningsområden för ett och samma depositionsscenario kan variera mellan 5–15 % beroende på skogsbruksmetod och mängd biomassauttag som antas vid beräkning av kritisk belastning. I praktiken blir inte intervallet så stort eftersom ovan nämnda variation jämför ett scenario nästan helt utan skogsbruk med ett scenario med mycket intensivt skogsbruk där i stort sett all biomassa tas ut vid. På vissa platser visar modellkänslighetsanalyser liten påverkan på försurningsindikatorer från varierande uttag av biomassa från skog (Zetterberg, Köhler, & Löfgren, 2014). Det är svårt att göra direkta jämförelser mellan olika studier som använt olika metoder och modeller, och att dra slutsatser från sådana jämförelser. Denna rapportens resultat för försurning av avrinningsområden är dessutom inte representativa för hela Sverige utan överrepresenterade i södra Sverige. Men om man för diskussionssyfte jämför påverkan från skogsbruksmetoder med denna rapportens resultat där utsläppsminskningar kan minska andelen avrinningsareal med deposition överskridande kritisk belastning för försurning från 23 % till 18 % år 2030, så motiverar detta en ökad uppmärksamhet kring skogsbruksmetoders påverkan på försurning.

## DELSTUDIE 2: VIKTIGASTE SEKTORER OCH UTSLÄPPSKÄLLOR

Delstudie 2 sammanfattar resultaten från en genomgång av scenarierna som presenteras i (Amann et al., 2013). Denna genomgång syftade till att belysa vilka sektorer som rimligtvis kan betraktas som viktigast för ytterligare utsläppsminskande åtgärder för att minska den svenska försurnings och övergödningensproblematiken.

### Avgränsningar och antaganden

Till skillnad från Delstudie 1 har i denna Delstudie inte genomförts några scenarioräkningar. Detta därför att GAINS-modellen beräknar spridning av utsläpp som en funktion av de totala utsläppen i ett land. Detta gör att utsläppsminskningar i en sektor inte kan skiljas från utsläppsminskningar i en annan sektor.

I denna analys måste även hänsyn tas till att i de scenarier som analyserats finns det inga åtgärder beaktade för transporter på väg eller för arbetsmaskiner (IIASA TSAP#10 CLE & IIASA TSAP#10 MTRF). Det är dessutom endast utsläppsminskningar i EU-länder som analyserats för ytterligare åtgärder i MTRF-scenariot. Den typ av utsläppsminskningar som beräknats är de som kan följa av utsläppsrenande tekniker.

I Delstudie 2 diskuteras samma gruppering av länder som i Delstudie 1.

### Material och Metod

Resultat från (Amann et al., 2013) togs fram enligt klassificeringssystemet SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) som är ett sektorsindelningssystem som bland annat används av vissa länder vid utsläppsinventeringar av luftföroreningar och vid beräkningar av utsläppsspridning. Denna klassificering består av 11 sektorer, se Tabell 9.

Tabell 9: Förklaring av SNAP-sektorer

SNAP-nummer	Förklaring
01	Energi
02	Hushåll & Service
03	Industriell förbränning
04	Industriella processer
05	Raffinaderi
06	Lösningsmedelanvändning
07	Vägtransporter
08	Annan transport
09	Avfall
10	Jordbruk
11	Övrigt

För att försöka identifiera vilka sektorer vars utsläpp kommer vara i störst behov av ytterligare åtgärder analyserades tre faktorer.

1. Vilken sektor beräknas ha störst utsläpp år 2020, 2025, och 2030?



2. Vilken sektor beräknas ha störst teknisk utsläppsreningspotential 2025 och 2030?
3. Vilka sektorer har ökande utsläpp i CLE-scenariot?
  - a. Mellan 2010 och 2030,
  - b. Mellan 2025 och 2030.

En sektor blev topprankad som viktigast för ytterligare åtgärder om den var viktigast i alla tre aspekter.

## Resultat

Resultaten redovisas separat för föroreningarna SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, och NH<sub>3</sub> samt i uppdelningen Europa och Analyserade länder. Resultaten bör endast betraktas som en indikation på vilka sektorer som ur ett rent tekniskt perspektiv har störst potential att minska utsläpp. Åtgärdskostnadsanalyser har inte genomförts i denna studie.

## SO<sub>2</sub>

### Europa – Samlad bedömning SO<sub>2</sub>

Industriell förbränning beräknas bli den största utsläppskällan till år 2030. Det är också den sektorn med störst teknisk utsläppsminskningspotential (271 kton mindre än utsläpp i CLE år 2030), och även den sektor vars utsläpp från år 2010 och 2025 beräknas öka enligt CLE. Så för alla Europas länder kommer åtgärder riktad mot industriell förbränning vara viktigast.

Tabell 10: Europeiska SO<sub>2</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	10744	5745	2653	2388	2214
02: Hushåll & Service	1276	920	752	700	652
03: Industriell förbränning	2621	2145	2547	2696	3001
04: Industriella processer	1352	1172	1034	1044	1077
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	318	38	12	12	12
08: Annan transport	374	214	156	120	125
varav:					
Flyg	4	5	6	6	6
Arbetsmaskiner	148	64	55	59	62
09: Avfall	6	6	7	7	7
10: Jordbruk	18	16	18	18	17
11: Övrigt	0	0	0	0	0
TOTALT	16 710	10 255	7 179	6 985	7 107

Tabell 11: Europeiska SO<sub>2</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	10744	5745	2653	2187	2042
02: Hushåll & Service	1276	920	752	549	528
03: Industriell förbränning	2621	2145	2547	2437	2730
04: Industriella processer	1352	1172	1034	819	847
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	318	38	12	12	12
08: Annan transport	374	214	156	113	117
varav:					
Flyg	4	5	6	6	6
Arbetsmaskiner	148	64	55	58	62
09: Avfall	6	6	7	6	6
10: Jordbruk	18	16	18	9	8
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>16 710</b>	<b>10 255</b>	<b>7 179</b>	<b>6 130</b>	<b>6 290</b>

Tabell 12: Ranking av sektorer m.a.p. SO<sub>2</sub>-utsläppsreningspotential i Europa (topp 3 markerat med fet text)

TSAP-sektor	2025	2030
01: Energi	<b>3</b>	<b>3</b>
02: Hushåll & Service	4	4
03: Industriell förbränning	<b>1</b>	<b>1</b>
04: Industriella processer	<b>2</b>	<b>2</b>
05: Raffinaderi	8	8
06: Lösningemedelsanv.	8	8
07: Vägtransport	11	11
08: Annan transport	6	6
09: Avfall	7	7
10: Jordbruk	5	5
11: Övrigt	8	8

## Analyserade regioner – Samlad bedömning SO<sub>2</sub>

### Utsläpp från utvalda länder

I analysen av SO<sub>2</sub>-utsläpp i de 15 analyserade länderna är bilden något mer oklar. Energisektorn kommer fortfarande år 2030 vara den sektorn med störst utsläpp. Men däremot så är det främst Industriell förbränning som beräknas öka sina utsläpp mellan år 2025 och 2030 samt 2010 och 2030. Vad gäller teknisk utsläppsreningspotential så beräknas energisektorn ha störst utsläppsreningspotential år 2025 (130 kton mindre utsläpp än i CLE), medan Industriell förbränning har störst teknisk utsläppsreningspotential år 2030 (116 kton mindre än i CLE). En intressant observation är också att hushållssektorn kommer ha nästan lika stor teknisk reningspotential år 2025 och 2030 som Energisektorn och Industriell förbränning (124 kton 2025, och 100 kton 2030).

Tabell 13: Analyserade länders SO<sub>2</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	4546	2750	1489	1382	1280
02: Hushåll & Service	893	656	544	504	468
03: Industriell förbränning	1187	1068	1027	1008	1110
04: Industriella processer	805	706	616	616	634
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	201	21	7	7	7
08: Annan transport	191	103	57	58	59
varav:					
Flyg	3	3	3	3	4
Arbetsmaskiner	97	40	31	31	32
09: Avfall	2	2	4	4	4
10: Jordbruk	9	8	8	8	8
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>7 834</b>	<b>5 315</b>	<b>3 750</b>	<b>3 587</b>	<b>3 570</b>

Tabell 14: Analyserade länders SO<sub>2</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	4546	2750	1489	1252	1182
02: Hushåll & Service	893	656	544	381	367
03: Industriell förbränning	1187	1068	1027	898	995
04: Industriella processer	805	706	616	538	556
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	201	21	7	7	7
08: Annan transport	191	103	57	54	55
varav:					
Flyg	3	3	3	3	4
Arbetsmaskiner	97	40	31	31	32
09: Avfall	2	2	4	3	3
10: Jordbruk	9	8	8	7	7
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>7 834</b>	<b>5 315</b>	<b>3 750</b>	<b>3 140</b>	<b>3 171</b>

**Tabell 15: Ranking av sektorer m.a.p. SO<sub>2</sub>-utsläppsreningspotential i Analyserade länder (topp 3 markerat med fet text)**

TSAP-sektor	2025	2030
01: Energi	<b>1</b>	<b>3</b>
02: Hushåll & Service	<b>2</b>	<b>2</b>
03: Industriell förbränning	<b>3</b>	<b>1</b>
04: Industriella processer	4	4
05: Raffinaderi	8	8
06: Lösningssmedelsanv.	8	8
07: Vägtransport	11	8
08: Annan transport	5	5
09: Avfall	7	7
10: Jordbruk	6	6
11: Övrigt	8	8

### Internationell sjöfart

Den internationella sjöfartens bidrag till utsläppen beräknas vara mycket liten år 2025 och 2030, utgörande endast 1 % av de utvalda ländernas utsläpp i både CLE- och MFR-scenariot. Därmed kan inte ytterligare åtgärder riktade mot SO<sub>2</sub>-utsläpp från den internationella sjöfarten räknas som viktiga åtgärder för att nå försurningsmålet.

**Tabell 16: SO<sub>2</sub>-utsläpp från Internationell sjöfart i Östersjön och Nordsjön [kton]**

SO <sub>2</sub> [kton]	2005	2020	2030
Östersjön CLE	130	6	7
Östersjön MFR		6	7
Nordsjön + Engelska Kanalen CLE	309	15	17
Nordsjön + Engelska Kanalen MFR		15	17

## NO<sub>x</sub>

### Europa – Samlad bedömning NO<sub>x</sub>

Enligt de senaste beräkningarna kommer den största utsläppskällan av NO<sub>x</sub> skifta från vägtransportsektorn till sektorn Industriell Förbränning. Medan NO<sub>x</sub>-utsläpp från transporter beräknas minska kraftigt (3507 kton) från 2010 till 2030 beräknas utsläpp från Industriell Förbränning öka under samma tid (590 kton). Den tekniska potentialen för utsläppsrening är störst för Industriell Förbränning (443 kton mindre utsläpp än i CLE). Den samlade bedömningen är att för samtliga länder så är Industriell Förbränning den viktigaste sektorn. Viktigt är dock att påminna om att ytterligare åtgärder inom transportsektorn inte studerats i analysunderlaget.

Tabell 17: Europeiska NO<sub>x</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	4 753	3 143	1 907	1 688	1 548
02: Hushåll & Service	885	833	742	735	721
03: Industriell förbränning	2 045	1 660	1 873	2 013	2 250
04: Industriella processer	437	402	409	413	419
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningssmedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	7 066	5 068	2 777	1 932	1 562
08: Annan transport	2 660	2 374	1 908	1 746	1 666
varav:					
Flyg	61	65	75	78	79
Arbetsmaskiner	1 765	1 493	1 088	961	917
09: Avfall	40	44	43	43	42
10: Jordbruk	30	26	29	29	29
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>17 916</b>	<b>13 551</b>	<b>9 687</b>	<b>8 599</b>	<b>8 236</b>

Tabell 18: Europeiska NO<sub>x</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	4 753	3 143	1 907	1 339	1 220
02: Hushåll & Service	885	833	742	649	640
03: Industriell förbränning	2 045	1 660	1 873	1 588	1 807
04: Industriella processer	437	402	409	380	385
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningssmedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	7 066	5 068	2 777	1 935	1 563
08: Annan transport	2 660	2 374	1 908	1 743	1 663
varav:					
Flyg	61	65	75	78	79
Arbetsmaskiner	1 765	1 493	1 088	958	914
09: Avfall	40	44	43	38	38
10: Jordbruk	30	26	29	9	9
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>17 916</b>	<b>13 551</b>	<b>9 687</b>	<b>7 681</b>	<b>7 326</b>

**Tabell 19: Ranking av sektorer m.a.p. NO<sub>x</sub>-utsläppsreningspotential i Europa (Störst potential = 1, topp 3 markerat med fet text)**

TSAP-sektor	2025	2030
01: Energi	<b>2</b>	<b>2</b>
02: Hushåll & Service	<b>3</b>	<b>3</b>
03: Industriell förbränning	<b>1</b>	<b>1</b>
04: Industriella processer	4	4
05: Raffinaderi	8	8
06: Lösningssmedelsanv.	8	8
07: Vägtransport	11	11
08: Annan transport	7	7
09: Avfall	6	6
10: Jordbruk	5	5
11: Övrigt	8	8

### Analyserade Länder – Samlad bedömning NO<sub>x</sub>

#### *Utsläpp från utvalda länder*

För de analyserade länderna ser bilden något annorlunda ut än för Europa som helhet. Vägtransporter kommer även här förlora förstaplatsen som största utsläppssektor, men den kommer för de analyserade länderna ersättas av energisektorn som viktigaste utsläppskällan. Utsläppen minskar för båda sektorerna men mest för vägtransportsektorn. Industriell Förbränning är den enda sektorn som beräknas öka sina utsläpp mellan 2010 och 2030, denna ökning beräknas ske först mellan åren 2025 och 2030. Den tekniska utsläppsreningspotentialen beräknas vara störst för energisektorn år 2025, och störst för Industriell Förbränning år 2030, detta trots att Industriell Förbränning bara är den fjärde största utsläppssektorn år 2030. Återigen är det viktigt att påminna om att åtgärder inom transportsektorn inte är analyserade. Även år 2030, trots kraftiga utsläppsminskningar, kommer utsläpp från vägtransporter och landburna arbetsmaskiner vara stora utsläppskällor för NO<sub>x</sub>. Utsläpp från vägtransporter beräknas vara fortsatt större än de från Industriell Förbränning år 2030.

**Tabell 20: Analyserade länders NO<sub>x</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]**

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	2 678	1 989	1 196	1 045	941
02: Hushåll & Service	565	506	436	431	421
03: Industriell förbränning	1 080	859	852	848	869
04: Industriella processer	183	161	163	161	161
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningmedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	4 182	2 821	1 493	1 033	881
08: Annan transport	1 528	1 385	1 071	960	891
varav:					
Flyg	40	43	49	51	51
Arbetsmaskiner	1 013	886	616	529	482
09: Avfall	36	41	38	37	37
10: Jordbruk	9	6	6	6	6
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>10 261</b>	<b>7 768</b>	<b>5 255</b>	<b>4 523</b>	<b>4 208</b>

**Tabell 21: Analyserade länders NO<sub>x</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]**

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	2 678	1 989	1 196	827	737
02: Hushåll & Service	565	506	436	386	379
03: Industriell förbränning	1 080	859	852	652	663
04: Industriella processer	183	161	163	146	145
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningmedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	4 182	2 821	1 493	1 033	881
08: Annan transport	1 528	1 385	1 071	960	891
varav:					
Flyg	40	43	49	51	51
Arbetsmaskiner	1 013	886	616	529	482
09: Avfall	36	41	38	35	35
10: Jordbruk	9	6	6	5	5
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>10 261</b>	<b>7 768</b>	<b>5 255</b>	<b>4 043</b>	<b>3 737</b>

**Tabell 22: Ranking av sektorer m.a.p. NO<sub>x</sub>-utsläppsreningspotential i Analyserade länder (Störst potential = 1, topp 3 markerat med fet text)**

TSAP-sektor	2025	2030
01: Energi	1	2
02: Hushåll & Service	3	3
03: Industriell förbränning	2	1
04: Industriella processer	4	4
05: Raffinaderi	7	7
06: Lösningemedelsanv.	7	7
07: Vägtransport	7	7
08: Annan transport	7	7
09: Avfall	5	5
10: Jordbruk	6	6
11: Övrigt	7	7

### *Internationell sjöfart*

När man inkluderar beräknade framtida utsläpp från internationell sjöfart i Östersjön och Nordsjön inkl. Engelska kanalen kommer sjöfarten hamna som den femte största utsläppskällan år 2020 och 2030, men med stigande utsläpp mellan år 2020 och 2030. Men vad gäller teknisk utsläppsminskingspotential så blir den internationella sjöfarten i dessa havsområden den sektorn med störst teknisk utsläppsminskingspotential (242 kton år 2020, 486 kton år 2030).

Denna analys har inte kunnat studera effekter på deposition år 2030, men baserat på den förenklade scenarioanalys av depositionsdata som presenterades i Delstudie 1 kunde indikationer ges. Den förenklade scenarioanalysen bygger på det antagandet att depositionsändringar linjärt följer emissionsändringar, då blir deposition i Sverige år 2030 från varje region = Deposition 2010 \* Emission2030 / Emission2010. År 2010 var Östersjön respektive Nordsjön den 3e och 2a viktigaste källan till deposition av oxiderat kväve i Sverige (Fagerli et al., 2012). För 2030 indikerades att Östersjön och Nordsjön kan bli den 2a och 1a viktigaste källan till deposition av oxiderat kväve i Sverige år 2030 i scenariot IIASA TSAP#10 CLE. Om Östersjön och Nordsjön skulle minska sina NO<sub>x</sub>-utsläpp efter vad som är mesta tekniskt möjligt (Campling et al., 2013a), medan de landbaserade källorna ligger kvar som i IIASA TSAP#10 CLE, så indikeras att Östersjön och Nordsjön kan bli den 9e respektive 7 viktigaste källan till deposition av oxiderat kväve i Sverige år 2030.

**Tabell 23: NO<sub>x</sub>-utsläpp från Internationell sjöfart i Östersjön och Nordsjön [kton]**

NO <sub>x</sub> [kton]	2005	2020	2030
Östersjön CLE	220	183	202
Östersjön MFR		113	63
Östersjön teknisk potential utsläppsminskning		70	139
Nordsjön + Engelska Kanalen CLE	518	449	503
Nordsjön + Engelska Kanalen MFR		277	156
Nordsjön: teknisk potential utsläppsminskning		172	347



## NH<sub>3</sub>

### Europa – Samlad bedömning NH<sub>3</sub>

För utsläpp av NH<sub>3</sub> är jordbrukssektorn totalt dominerande även år 2025 och 2030. Under alla modellerade år beräknas jordbrukssektorn stå för 91 – 92 % av de totala NH<sub>3</sub>-utsläppen. Värt att notera är också att sektorn beräknas öka sina utsläpp mellan perioden 2010 och 2030. Jordbrukssektorn dominerar även vad gäller teknisk utsläppsminskningspotential där åtgärder inom jordbrukssektorn står för 96 % av potentialen år 2025 och 2030. För de flesta andra sektorer finns det inga direkta tekniska åtgärder, och utsläppen av NH<sub>3</sub> kan till och med komma öka i och med att vissa tekniker för att minska utsläpp av NO<sub>x</sub> (SCR) innebär viss ökning av NH<sub>3</sub>-utsläpp. Det är därför som utsläppen i sektorerna Energi och Industriell Förbränning är större i TSAP#10 MFR-scenariot än i TSAP#10 CLE-scenariot.

Tabell 24: Europeiska NH<sub>3</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	12	24	28	28	28
02: Hushåll & Service	26	28	28	27	26
03: Industriell förbränning	4	5	6	7	8
04: Industriella processer	102	105	106	106	106
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	163	112	68	59	57
08: Annan transport	1	3	3	3	3
varav:					
Flyg	0	0	0	0	0
Arbetsmaskiner	1	2	2	2	2
09: Avfall	204	209	210	210	210
10: Jordbruk	5 217	4 927	5 003	5 065	5 148
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>5 730</b>	<b>5 412</b>	<b>5 451</b>	<b>5 504</b>	<b>5 586</b>

**Tabell 25: Europeiska NH<sub>3</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]**

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	12	24	28	33	33
02: Hushåll & Service	26	28	28	26	25
03: Industriell förbränning	4	5	6	10	10
04: Industriella processer	102	105	106	59	59
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningmedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	163	112	68	59	57
08: Annan transport	1	3	3	3	3
varav:					
Flyg	0	0	0	0	0
Arbetsmaskiner	1	2	2	2	2
09: Avfall	204	209	210	210	210
10: Jordbruk	5 217	4 927	5 003	3 993	4 069
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>5 730</b>	<b>5 412</b>	<b>5 451</b>	<b>4 393</b>	<b>4 467</b>

**Tabell 26: Ranking av sektorer m.a.p. NH<sub>3</sub>-utsläppsreningspotential i Europa (Störst potential = 1, topp 3 markerat med fet text)**

TSAP-sektor	2025	2030
01: Energi	11	11
02: Hushåll & Service	3	3
03: Industriell förbränning	10	10
04: Industriella processer	2	2
05: Raffinaderi	7	7
06: Lösningmedelsanv.	7	7
07: Vägtransport	5	5
08: Annan transport	6	6
09: Avfall	4	4
10: Jordbruk	1	1
11: Övrigt	7	7

## Analyserade Länder – Samlad bedömning NO<sub>x</sub>

Precis som för Europa som helhet så dominerar jordbrukssektorn utsläppen och utsläppsminskningspotentialen av NH<sub>3</sub>. Även i de analyserade länderna vänder jordbrukssektorns utsläpp upp, men något senare än för Europa som helhet. Ökningen påbörjas från år 2020 istället för från år 2010. Den tekniska utsläppsminskningspotentialen är till och med än mer accentuerad då hela 99 % av den tillgängliga tekniska utsläppsreningspotentialen finns inom jordbrukssektorn år 2025 och 2030.

Tabell 27: Analyserade länders NH<sub>3</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 CLE-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	8	18	19	19	19
02: Hushåll & Service	15	15	16	15	14
03: Industriell förbränning	3	3	4	4	4
04: Industriella processer	51	51	50	50	50
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	108	68	40	35	33
08: Annan transport	1	1	2	2	1
varav:					
Flyg	0	0	0	0	0
Arbetsmaskiner	1	1	1	1	1
09: Avfall	100	91	91	91	92
10: Jordbruk	2 732	2 617	2 606	2 632	2 656
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>3 018</b>	<b>2 865</b>	<b>2 826</b>	<b>2 848</b>	<b>2 870</b>

Tabell 28: Analyserade länders NH<sub>3</sub>-utsläpp enligt TSAP #10 MFR-scenariot [kton]

SNAP-sektor	2000	2010	2020	2025	2030
01: Energi	8	18	19	22	22
02: Hushåll & Service	15	15	16	15	14
03: Industriell förbränning	3	3	4	6	6
04: Industriella processer	51	51	50	41	41
05: Raffinaderi	0	0	0	0	0
06: Lösningemedelsanv.	0	0	0	0	0
07: Vägtransporter	108	68	40	35	33
08: Annan transport	1	1	2	2	1
varav:					
Flyg	0	0	0	0	0
Arbetsmaskiner	1	1	1	1	1
09: Avfall	100	91	91	91	92
10: Jordbruk	2 732	2 617	2 606	1 962	1 981
11: Övrigt	0	0	0	0	0
<b>TOTALT</b>	<b>3 018</b>	<b>2 865</b>	<b>2 826</b>	<b>2 172</b>	<b>2 190</b>

**Tabell 29: Ranking av sektorer m.a.p. NH<sub>3</sub>-utsläppsreningspotential i Analyserade länder (Störst potential = 1, topp 3 markerat med fet text)**

<b>TSAP-sektor</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
01: Energi	11	11
02: Hushåll & Service	3	3
03: Industriell förbränning	10	10
04: Industriella processer	2	2
05: Raffinaderi	5	5
06: Lösningsmedelsanv.	5	5
07: Vägtransport	5	5
08: Annan transport	5	5
09: Avfall	4	4
10: Jordbruk	1	1
11: Övrigt	5	5

## Referenser

- Amann, M., Bertok, I., Borken-keefeld, J., Cofala, J., Hettelingh, J.-p., Heyes, C., . . . Winiwarter, W. (2013). Policy Scenarios for the Revision of the Thematic Strategy on Air Pollution, TSAP report #10 - version 1.2.
- Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L., . . . Winiwarter, W. (2011). Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications. *Environmental Modelling & Software*, 26, 1489-1501. doi: 10.1016/j.envsoft.2011.07.012
- Amann, M., Borken-keefeld, J., Cofala, J., Hettelingh, J.-p., Heyes, C., Höglund-isaksson, L., . . . Winiwarter, W. (2014). The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP report #11.
- Amann, M., Borken-keefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Klimont, Z., Rafaj, P., . . . Winiwarter, W. (2012). Future emissions of air pollutants in Europe – Current legislation baseline and the scope for further reductions, TSAP report #1.
- Andersson, C., Andersson, S., Lagner, J., & Segerström, D. (2011). Halter och deposition av luftföroreningar - Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och Internationell Sjöfart *Meteorologi*.
- Campling, P., Janssen, L., Vanherle, K., Cofala, J., Heyes, C., & Sander, R. (2013a). Specific evaluation of emissions from shipping including assessment for the establishment of possible new emission control areas in European Seas.
- Campling, P., Janssen, L., Vanherle, K., Cofala, J., Heyes, C., & Sander, R. (2013b). Specific evaluation of emissions from shipping including assessment for the establishment of possible new emission control areas in European Seas - Annexes.
- Fagerli, H., Gauss, M., Benedictow, A., Jonson, J. E., Nyíri, Á., Schulz, M., . . . Bergström, R. (2012). Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2010, EMEP Status report 2012 (Vol. 6109).
- Fölster, J., Valinia, S., Sandin, L., & Futter, M. (2014). "För var dag blir det bättre men bra lär det aldrig bli" - Försurning i sjöar och vattendrag 2014.
- Hall, J. (2007). Empirical Critical Loads. In I. M. Mapping (Ed.), *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*, UBA-Texte 52/04.
- Hansen, K., Pihl-Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P. E., Bennet, C., Granat, L., . . . Svensson, A. (2013). Trender i kvävededfall över Sverige 1955-2011, IVL rapport B2119.
- Moldan, F., Stadmark, J., Jutterström, S., Fölster, J., & Futter, M. (Kommande). Test av dynamisk modell för beräkningar av skogsbrukets påverkan på kritisk belastning för försurning av sjöar.
- Posch, M. (2010a). Critical Loads for Aquatic Ecosystems. In I. M. Mapping (Ed.), *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*, UBA-Texte 52/04 (pp. 29-38).
- Posch, M. (2010b). Exceedance Calculations. In I. M. Mapping (Ed.), *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*, UBA-Texte 52/04.
- Posch, M. (2010c). Modelling Critical Loads for Terrestrial Ecosystems. In I. M. Mapping (Ed.), *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*, UBA-Texte 52/04.
- Posch, M., Slootweg, J., & Hettelingh, J.-p. (2011). Modelling Critical Thresholds and Temporal Changes of Geochemistry and Vegetation Diversity - CCE Status Report 2011.
- Posch, M., Slootweg, J., & Hettelingh, J.-p. (2012). Modelling and Mapping of Atmospherically-induced Ecosystem Impacts in Europe - CCE Status Report 2012.
- Spranger, T. (2010). Mapping Critical Loads. In I. M. Mapping (Ed.), *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*, UBA-Texte 52/04 (pp. 4-5).

Swedish Environmental Protection Agency. (2012). Steg på vägen - fördjupad utvärdering av miljömålen 2012, rapport 6500.

Zetterberg, T., Köhler, S. J., & Löfgren, S. (2014). Sensitivity analyses of MAGIC modelled predictions of future impacts of whole-tree harvest on soil calcium supply and stream acid neutralizing capacity. *Sci Total Environ*, 494-495, 187-201. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.114

**Personlig kommunikation:**

Ulla Bertills, Naturvårdsverket, 2013

Filip Moldan, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2013

Maximillian Posch, RIVM, 2013

**Internet:**

<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/3-Bara-naturlig-forsurning/Preciseringar-av-Bara-naturlig-forsurning/>, åtkomst 2014-06-15

<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/Preciseringar-av-Ingen-overgodning/>, åtkomst 2014-10-21

## Appendix 1

### Scenarier som har analyserats

Vi utgick från IIASAs Detta scenario IIASA TSAP#1 MTFR för alla Europas länder. Detta scenario innefattar de mest ambitiösa tekniska utsläppsreningsåtgärder som finns i GAINS-modellens åtgärdsdatabas. Utifrån dessa gjorde vi sedan 38 stycken individuella scenarier som var och ett minskade aktiviteterna i de utvalda ländernas el- och värmeproduktion, vägtransporter, djurbesättning.

Vi döpte dessa scenarier till CLEO\_SEQO1, 2, 3 etc. Ett scenario för varje land och utsläppsminskning. För vissa genomfördes endast utsläppsminskning i en sektor, på grund av att vissa länder år 2010 endast var viktiga bidragare till Svensk deposition av ett särskilt utsläpp. I och med ändringar i aktivitetsdata minskades utsläppen av NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, och SO<sub>2</sub>.

Utsläppen minskades genom att för:

- NH<sub>3</sub>: Minskade landets i basscenariot förväntade djurhållning med 50 % år 2020 och 2030. I GAINS-modellen motsvarades detta av följande förkortningar:

**Tabell A 1: Ändrade NH<sub>3</sub>-relaterade aktiviteter i de analyserade scenarier, uttryckt i GAINS-format**

Sector	Unit	2020	2030
AGR_COWS	M animals		
AGR_COWS	M animals		
AGR_BEEF	M animals		
AGR_BEEF	M animals		
AGR_PIG	M animals		
AGR_PIG	M animals		
AGR_POULT	M animals		
AGR_POULT	M animals		
AGR_OTANI	M animals		
AGR_OTANI	M animals		
AGR_OTANI	M animals		
AGR_OTANI	M animals	0	0
AGR_OTANI	M animals	0	0

- SO<sub>2</sub>: Minskade landets i basscenariot förväntade användning av fasta och flytande bränslen i El- och värmesektorn med 50 % år 2020. (exempel nedan endast för år 2020)

Tabell A 2: Ändrade SO<sub>2</sub>-relaterade aktiviteter i de analyserade scenarier, uttryckt i GAINS-format

year	Act_abb	PP_EX_OTH	PP_EX_S	PP_EX_L	PP_NEW	PP_NEW_L	PP_MOD	PP_MOD_CCS	PP_IGCC	PP_IGCC_CCS	PP_ENG
2020	BC1										
2020	BC2										
2020	HC1										
2020	HC2										
2020	HC3										
2020	DC										
2020	OS1										
2020	OS2										
2020	HF										
2020	MD										
2020	GSL										

- NO<sub>x</sub>: (som också påverkas av ändring i el- och värmeproduktion) minskades bränsleförbrukning i vägtrafiken med 50 % av det i IIASA-scenariot specificerade värdet. (exempel endast för 2020 nedan)

Tabell A 3: Ändrade NO<sub>x</sub>-relaterade aktiviteter i de analyserade scenarier, uttryckt i GAINS-format

year	Act_abb	TRA_RD_LD2	TRA_RD_M4	TRA_RD_LD4C	TRA_RD_LD4T	TRA_RD_HDB	TRA_RD_HDT
2020	HF						
2020	MD						
2020	GSL						
2020	LPG						
2020	GAS						



Följande tabell visar vilka aktivitetsändringar som analyserades i vilka scenarier.

**Tabell A 4: Scenarionamn för de länder och sektorer där ändringar studerats**

Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn
Belarus	AGR (Jordbruk)	CLEO_SEQO1
Belgien	TRA_RD (Vägtransporter)	CLEO_SEQO2
Danmark	PP (EI- och värmeprod.)	CLEO_SEQO3
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQO4
Danmark	AGR	CLEO_SEQO5
Tyskland	PP	CLEO_SEQO6
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQO7
Tyskland	AGR	CLEO_SEQO8
Finland	PP	CLEO_SEQO9
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQO10
Finland	AGR	CLEO_SEQO11
Frankrike	PP	CLEO_SEQO12
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQO13
Frankrike	AGR	CLEO_SEQO14
Storbritannien	PP	CLEO_SEQO15
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQO16
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQO17
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQO18
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQO19
Norge	PP	CLEO_SEQO20
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQO21
Norge	AGR	CLEO_SEQO22
Polen	PP	CLEO_SEQO23
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQO24
Polen	AGR	CLEO_SEQO25
Ryssland	PP	CLEO_SEQO26
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQO27
Ryssland	AGR	CLEO_SEQO28
Sverige	PP	CLEO_SEQO29
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQO30
Sverige	AGR	CLEO_SEQO31
Ukraina	PP	CLEO_SEQO32
Estland	PP	CLEO_SEQO33
Tjeckien	PP	CLEO_SEQO34
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO35
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO36
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO37
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO38
Alla ovanstående länder och sektorer	PP, TRA_RD, AGR	CLEO_SEQO1_34
Alla länder, regioner och sektorer	Alla ovanstående	CLEO_SEQO1_38

## Utsläpp i scenarierna

Följande tabell visar de utsläpp som blev resultaten av våra aktivitetsändringar för de analyserade länderna år 2020. För övriga länder är utsläppen exakt samma som i vårt basscenario (IIASA TSAP#1 MTRF).

Tabell A 5: Lands-, och scenariospecifika utsläpp av NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> år 2020

Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn	NH <sub>3</sub> [kton]	NO <sub>x</sub> [kton]	SO <sub>2</sub> [kton]	IIASA TSAP#1 MTRF / CLEO_SWE_BASE		
						NH <sub>3</sub> [kton]	NO <sub>x</sub> [kton]	SO <sub>2</sub> [kton]
Belarus	AGR	CLEO_SEQO1	59	109	31	98	109	31
Belgien	TRA_RD	CLEO_SEQO2	69	102	60	70	140	60
Danmark	PP	CLEO_SEQO3	50	69	9	50	72	9
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQO4	50	62	9	50	72	9
Danmark	AGR	CLEO_SEQO5	29	72	9	50	72	9
Tyskland	PP	CLEO_SEQO6	413	559	221	414	633	282
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQO7	407	536	282	414	633	282
Tyskland	AGR	CLEO_SEQO8	240	633	282	414	100	282
Finland	PP	CLEO_SEQO9	27	93	25	27	100	30
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQO10	27	90	30	27	100	30
Finland	AGR	CLEO_SEQO11	16	100	30	27	494	30
Frankrike	PP	CLEO_SEQO12	378	492	123	378	494	125
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQO13	374	390	125	378	494	125
Frankrike	AGR	CLEO_SEQO14	254	494	125	378	489	125
Storbritannien	PP	CLEO_SEQO15	249	459	107	250	489	144
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQO16	245	425	144	250	489	144
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQO17	156	489	144	250	154	144
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQO18	117	128	33	118	154	33
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQO19	68	154	33	118	154	33
Norge	PP	CLEO_SEQO20	14	115	24	14	115	24
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQO21	14	101	24	14	115	24
Norge	AGR	CLEO_SEQO22	9	115	24	14	115	24
Polen	PP	CLEO_SEQO23	243	346	212	244	395	267
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQO24	242	321	267	244	395	267
Polen	AGR	CLEO_SEQO25	162	395	267	244	395	267
Ryssland	PP	CLEO_SEQO26	352	1056	314	352	1109	355
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQO27	348	860	354	352	1109	355
Ryssland	AGR	CLEO_SEQO28	219	1109	355	352	1109	355
Sverige	PP	CLEO_SEQO29	38	77	26	38	77	26
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQO30	37	65	26	38	77	26
Sverige	AGR	CLEO_SEQO31	24	77	26	38	77	26
Ukraina	PP	CLEO_SEQO32	171	336	129	171	354	154
Estland	PP	CLEO_SEQO33	7	14	17	7	17	12
Tjeckien	PP	CLEO_SEQO34	56	114	51	56	113	78
<b>Totalt</b>	<b>PP, TRA_RD, AGR</b>	<b>CLEO_SEQO1_34</b>	<b>1511</b>	<b>3436</b>	<b>1368</b>			
		IIASA TSAP#1 MTRF / CLEO_SWE_BASE				<b>2288</b>	<b>4390</b>	<b>1630</b>
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO35		183	3		183	6
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO36		92	6		183	6
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO37		449	7		449	15
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO38		225	15		449	15

Tabell A 6: Lands-, och scenariospecifika utsläpp av NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, och SO<sub>2</sub> år 2030

Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn	NH <sub>3</sub> [kton]	NO <sub>x</sub> [kton]	SO <sub>2</sub> [kton]	IIASA TSAP#1 MTRF / CLEO_SWE_BASE		
						NH <sub>3</sub> [kton]	NO <sub>x</sub> [kton]	SO <sub>2</sub> [kton]
Belarus	AGR	CLEO_SEQ01	62	120	33	103	120	33
Belgien	TRA_RD	CLEO_SEQ02	72	100	59	73	108	59
Danmark	PP	CLEO_SEQ03	51	45	9	51	47	9
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQ04	50	44	9	51	47	9
Danmark	AGR	CLEO_SEQ05	29	47	9	51	47	9
Tyskland	PP	CLEO_SEQ06	423	346	193	424	401	240
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQ07	418	373	239	424	401	240
Tyskland	AGR	CLEO_SEQ08	244	401	240	424	401	240
Finland	PP	CLEO_SEQ09	27	64	25	28	70	29
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQ10	27	66	28	28	70	29
Finland	AGR	CLEO_SEQ11	16	70	29	28	70	29
Frankrike	PP	CLEO_SEQ12	383	283	113	383	284	115
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQ13	379	256	115	383	284	115
Frankrike	AGR	CLEO_SEQ14	256	284	115	383	284	115
Storbritannien	PP	CLEO_SEQ15	254	286	75	254	299	81
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQ16	249	277	81	254	299	81
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQ17	157	299	81	254	299	81
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQ18	117	96	32	119	103	32
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQ19	69	103	32	119	103	32
Norge	PP	CLEO_SEQ20	15	99	25	15	99	25
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQ21	15	95	25	15	99	25
Norge	AGR	CLEO_SEQ22	9	99	25	15	99	25
Polen	PP	CLEO_SEQ23	259	221	184	260	274	240
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQ24	258	244	240	260	274	240
Polen	AGR	CLEO_SEQ25	171	274	240	260	274	240
Ryssland	PP	CLEO_SEQ26	371	999	324	371	1050	346
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQ27	367	836	345	371	1050	346
Ryssland	AGR	CLEO_SEQ28	232	1050	346	371	1050	346
Sverige	PP	CLEO_SEQ29	38	52	26	38	52	26
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQ30	38	48	26	38	52	26
Sverige	AGR	CLEO_SEQ31	24	52	26	38	52	26
Ukraina	PP	CLEO_SEQ32	184	355	143	184	375	158
Estland	PP	CLEO_SEQ33	8	9	6	8	11	10
Tjeckien	PP	CLEO_SEQ34	59	69	45	60	83	68
Alla ovanstående	PP, TRA_RD, AGR	<b>CLEO_SEQ01_34</b>	<b>1567</b>	<b>2805</b>	<b>1290</b>			
		IIASA TSAP#1 MTRF / CLEO_SWE_BASE				<b>2369</b>	<b>3375</b>	<b>1470</b>
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQ35		202	4		202	7
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQ36		101	7		202	7
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQ37		503	9		503	17
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQ38		251	17		503	17

## Överskridande av kritisk belastning i scenarierna

Följande tabell visar överskridande av kritisk belastning för övergödning i Sverige i scenarierna år 2020 och 2030

Tabell A 7: Areal överskridande av kritisk belastning för övergödning i Sverige i scenarierna år 2020 och 2030

Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn	2020	2030
			Överskridande av kritisk belastning övergödning [1000 km <sup>2</sup> skogsareal]	Överskridande av kritisk belastning övergödning [1000 km <sup>2</sup> skogsareal]
Alla	IIASA TSAP#10 CLE	NO-MTFR	51.2	47.0
Alla	Sjöfartsutsläpp	NO-MTFR+SEQO35-38	48.1	43.3
Huvud-scenario	Ingen	IIASA TSAP#1 MTFR / CLEO_SWE_BASE	30.3	24.8
Belarus	AGR	CLEO_SEQO1	30.1	24.6
Belgien	TRA_RD	CLEO_SEQO2	30.1	24.8
Danmark	PP	CLEO_SEQO3	30.2	24.8
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQO4	30.0	24.7
Danmark	AGR	CLEO_SEQO5	27.5	22.1
Tyskland	PP	CLEO_SEQO6	29.7	24.4
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQO7	29.4	24.6
Tyskland	AGR	CLEO_SEQO8	27.5	22.1
Finland	PP	CLEO_SEQO9	30.3	24.8
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQO10	30.2	24.8
Finland	AGR	CLEO_SEQO11	30.0	24.7
Frankrike	PP	CLEO_SEQO12	30.3	24.8
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQO13	30.0	24.8
Frankrike	AGR	CLEO_SEQO14	29.9	24.5
Storbritannien	PP	CLEO_SEQO15	30.1	24.8
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQO16	29.9	24.7
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQO17	29.6	24.3
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQO18	30.1	24.8
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQO19	29.5	24.2
Norge	PP	CLEO_SEQO20	30.3	24.8
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQO21	30.1	24.8
Norge	AGR	CLEO_SEQO22	30.1	24.6
Polen	PP	CLEO_SEQO23	29.9	24.5
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQO24	29.7	24.6
Polen	AGR	CLEO_SEQO25	29.0	23.4
Ryssland	PP	CLEO_SEQO26	30.3	24.8
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQO27	30.1	24.6
Ryssland	AGR	CLEO_SEQO28	30.2	24.7
Sverige	PP	CLEO_SEQO29	30.3	24.8
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQO30	29.3	24.4
Sverige	AGR	CLEO_SEQO31	24.0	18.8
Ukraina	PP	CLEO_SEQO32	30.3	24.8
Estland	PP	CLEO_SEQO33	30.3	24.8
Tjeckien	PP	CLEO_SEQO34	30.2	24.8
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO35	30.3	24.8
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO36	28.8	23.3
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO37	30.3	24.8
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO38	28.3	22.9
Totalt		CLEO_SEQO35-38	26.9	21.3
Totalt		CLEO_SEQO1_34	12.5	9.9
Totalt		CLEO_SEQO1_38	10.0	7.8
Totalt		SEQO1-35+VITOMFR	10.7	7.1

## Överskridande av kritisk belastning i scenarierna (Försurning)

Tabell A 8: Areal överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige i scenarierna år 2020 och 2030

Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn	2020	2030
			Överskridande av kritisk belastning försurning [1000 km <sup>2</sup> avrinningsområde]	Överskridande av kritisk belastning försurning [1000 km <sup>2</sup> avrinningsområde]
Alla	IIASA TSAP#10 CLE	NO-MTFR	12.1	11.9
Alla	Sjöfartsutsläpp	NO-MTFR+SEQO35-38	12.1	11.7
Bas-scenario	Ingen	IIASA TSAP#1 MTFR / CLEO_SEQO_SWE_BASE	10.7	10.6
Belarus	AGR	CLEO_SEQO1	10.7	10.6
Belgien	TRA_RD	CLEO_SEQO2	10.7	10.6
Danmark	PP	CLEO_SEQO3	10.7	10.6
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQO4	10.7	10.6
Danmark	AGR	CLEO_SEQO5	10.6	10.5
Tyskland	PP	CLEO_SEQO6	10.6	10.4
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQO7	10.6	10.5
Tyskland	AGR	CLEO_SEQO8	10.5	10.5
Finland	PP	CLEO_SEQO9	10.5	10.6
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQO10	10.5	10.6
Finland	AGR	CLEO_SEQO11	10.5	10.6
Frankrike	PP	CLEO_SEQO12	10.5	10.6
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQO13	10.5	10.6
Frankrike	AGR	CLEO_SEQO14	10.5	10.5
Storbritannien	PP	CLEO_SEQO15	10.5	10.6
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQO16	10.5	10.5
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQO17	10.5	10.5
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQO18	10.5	10.6
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQO19	10.5	10.5
Norge	PP	CLEO_SEQO20	10.5	10.6
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQO21	10.5	10.6
Norge	AGR	CLEO_SEQO22	10.5	10.5
Polen	PP	CLEO_SEQO23	10.5	10.4
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQO24	10.5	10.6
Polen	AGR	CLEO_SEQO25	10.4	10.5
Ryssland	PP	CLEO_SEQO26	10.4	10.6
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQO27	10.4	10.6
Ryssland	AGR	CLEO_SEQO28	10.4	10.6
Sverige	PP	CLEO_SEQO29	10.4	10.6
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQO30	10.4	10.6
Sverige	AGR	CLEO_SEQO31	10.3	10.5
Ukraina	PP	CLEO_SEQO32	10.3	10.6
Estland	PP	CLEO_SEQO33	10.3	10.6
Tjeckien	PP	CLEO_SEQO34	10.3	10.5
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO35	10.7	10.5
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO36	10.7	10.5
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO37	10.7	10.5
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO38	10.6	10.5
Totalt		CLEO_SEQO35-38	10.6	10.4
Totalt		CLEO_SEQO1_34	10.34	10.22
Totalt		CLEO_SEQO1_38	10.33	10.20
Totalt		SEQO1-35+VITOMFR	10.34	10.19

Tabell A 9: Areal överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige i scenarierna år 2020 och 2030

			2020	2030
Land / region	Aktuell aktivitetsändring	Scenarionamn	Överskridande av kritisk belastning försurning [1000 km <sup>2</sup> skogsmark]	Överskridande av kritisk belastning försurning [1000 km <sup>2</sup> skogsmark]
Alla	Utsläpp som i IIASA TSAP#10 CLE	NO-MTFR	5.4	4.9
Alla	Sjöfartsutsläpp	NO-MTFR+SEQO35-38	5.2	4.7
Bas-scenario	Ingen	IIASA TSAP#1 MTFR / CLEO_SEQO_SWE_BASE	3.4	3.1
Belarus	AGR	CLEO_SEQO1	3.3	3.1
Belgien	TRA_RD	CLEO_SEQO2	3.4	3.1
Danmark	PP	CLEO_SEQO3	3.4	3.1
Danmark	TRA_RD	CLEO_SEQO4	3.4	3.1
Danmark	AGR	CLEO_SEQO5	3.3	3.1
Tyskland	PP	CLEO_SEQO6	3.3	3.1
Tyskland	TRA_RD	CLEO_SEQO7	3.3	3.1
Tyskland	AGR	CLEO_SEQO8	3.3	3.1
Finland	PP	CLEO_SEQO9	3.3	3.1
Finland	TRA_RD	CLEO_SEQO10	3.3	3.1
Finland	AGR	CLEO_SEQO11	3.3	3.1
Frankrike	PP	CLEO_SEQO12	3.4	3.1
Frankrike	TRA_RD	CLEO_SEQO13	3.3	3.1
Frankrike	AGR	CLEO_SEQO14	3.3	3.1
Storbritannien	PP	CLEO_SEQO15	3.3	3.1
Storbritannien	TRA_RD	CLEO_SEQO16	3.3	3.1
Storbritannien	AGR	CLEO_SEQO17	3.3	3.1
Nederländerna	TRA_RD	CLEO_SEQO18	3.4	3.1
Nederländerna	AGR	CLEO_SEQO19	3.3	3.1
Norge	PP	CLEO_SEQO20	3.4	3.1
Norge	TRA_RD	CLEO_SEQO21	3.3	3.1
Norge	AGR	CLEO_SEQO22	3.3	3.1
Polen	PP	CLEO_SEQO23	3.3	3.1
Polen	TRA_RD	CLEO_SEQO24	3.3	3.1
Polen	AGR	CLEO_SEQO25	3.3	3.1
Ryssland	PP	CLEO_SEQO26	3.4	3.1
Ryssland	TRA_RD	CLEO_SEQO27	3.3	3.1
Ryssland	AGR	CLEO_SEQO28	3.3	3.1
Sverige	PP	CLEO_SEQO29	3.4	3.1
Sverige	TRA_RD	CLEO_SEQO30	3.3	3.1
Sverige	AGR	CLEO_SEQO31	3.2	3
Ukraina	PP	CLEO_SEQO32	3.4	3.1
Estland	PP	CLEO_SEQO33	3.4	3.1
Tjeckien	PP	CLEO_SEQO34	3.3	3.1
Östersjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO35	3.4	3.1
Östersjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO36	3.3	3.1
Nordsjön	SO <sub>2</sub>	CLEO_SEQO37	3.4	3.1
Nordsjön	NO <sub>x</sub>	CLEO_SEQO38	3.3	3.1
Totalt		CLEO_SEQO35-38	3.2	3.1
Totalt		CLEO_SEQO1_34	2.71	2.52
Totalt		CLEO_SEQO1_38	2.60	2.35
Totalt		SEQO1-35 +VITOMFR	2.65	2.31



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm  
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90  
[www.ivl.se](http://www.ivl.se)