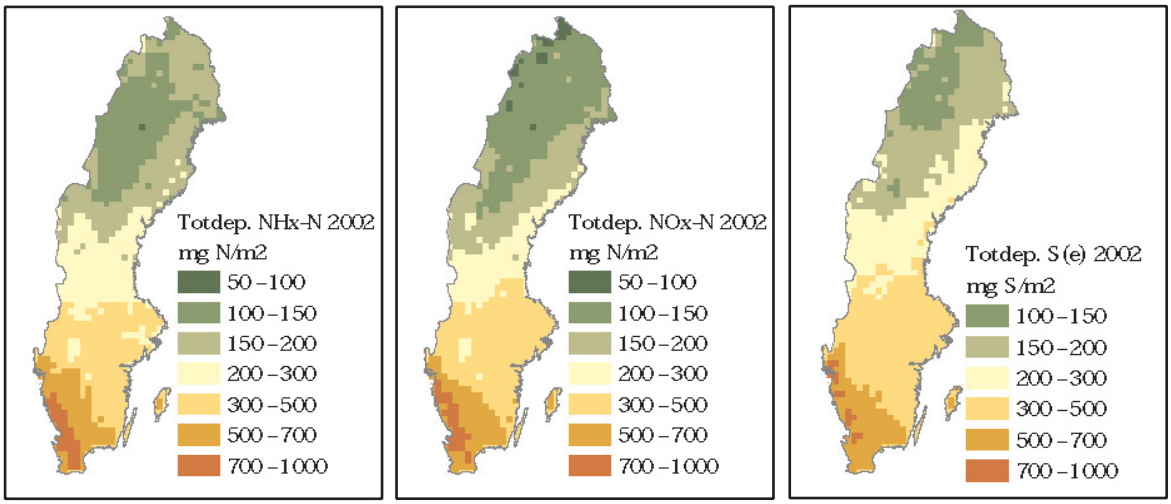
Nr 113, 2004

SMHI

Meteorologi



Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen

Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål

Christer Persson, Elisabet Ressner, Thomas Klein

Meteorologi
Nr 113, 2004

Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen

Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål

Christer Persson, Elisabet Ressner, Thomas Klein

Uppdragsgivare
Naturvårdsverket, Nationell Miljöövervakning
Delprogram Luft

Innehållsförteckning

ABSTRACT **1**

SAMMANFATTNING **1**

FÖRORD **3**

1 INLEDNING **3**

2 METODBESKRIVNING **3**

2.1 MATCH-Sverige systemet 3

2.2 Våtdepositionsberäkningar 5

2.3 Torrdepositionsberäkningar 5

2.4 Utnyttjade atmosfärkemiska mätdata 6

3 EMISSIONSDATA FÖR SVERIGE **7**

4 RESULTAT **9**

4.1 År 1999 10

4.1.1 Väderåret 10

4.1.2 Deposition och luftkoncentration 11

4.2 År 2000 12

4.2.1 Väderåret 12

4.2.2 Deposition och luftkoncentration 12

4.3 År 2001 13

4.3.1 Väderåret 13

4.3.2 Deposition och luftkoncentration 13

4.4 År 2002 14

4.4.1 Väderåret 14

4.4.2 Deposition och luftkoncentration 14

4.5 MATCH-Sverige miljöövervakning på Internet 16

4.6 Sveriges luftföroreningsbudget 17

4.7 Samvariation mellan NAO och havssalt i nederbörd 18

5 OSÄKERHETER I BERÄKNINGARNA **20**

5.1 Meteorologiska indata 20

5.2 Modellformuleringar 20

5.3 Emissionsdata 21

5.4 Atmosfärkemiska indata 21

5.4.1 Känslighetstest avseende utnyttjade atmosfärkemiska mätdata 22

5.5 Jämförelse mellan MATCH-Sverige och EMEP modellens resultat 22

6 FÖRSÖK TILL TRENDANALYS 23

7 MILJÖMÅLEN 25

Referenser 25

APPENDIX 1 27

APPENDIX 2 32

ABSTRACT

National air pollution assessments based on the MATCH-Sweden model – Results for the period 1999-2002

The MATCH-Sweden model system is used as a tool for mapping of air pollution deposition and concentration over Sweden and for air pollution assessment studies. The system includes a simplified type of data assimilation of background atmospheric chemistry observations in Sweden and Norway. Over the entire period 1999-2002 the annual sulphur and nitrogen deposition consistently shows a maximum over Southwest Götaland and decreases northwards. An annual air pollution budget for Sweden is determined. During the period of study the Swedish emissions account for 5-7% of the total annual deposition of sulphur in Sweden and for 11-13% of the corresponding NO_x-deposition. The Swedish contribution to the total deposition of NH_x-nitrogen is, according to the present calculations, about 16%. However, the uncertainty in this value is larger than for sulphur and NO_x-nitrogen.

Comparisons between results for the year 2000 obtained with MATCH-Sweden and the new "Unified EMEP Eulerian model" (EMEP, 2003) respectively, show good agreement for most parameters. The agreement is much better than observed in earlier comparisons with the old EMEP model. Large differences are found only for long-range transport contribution to the NH_x-deposition over Northern Sweden, where MATCH-Sweden calculations indicate larger depositions than EMEP. However, the MATCH-Sweden system – including simplified data assimilation - suffers from a lack of representative air and precipitation NH_x-measurements in that area. A tentative estimate of deposition trends over Sweden indicates a 50-55% decrease for sulphur between 1991 and 2002. For NO_x- and NH_x-nitrogen the corresponding decrease in deposition is only about 15% each.

Keywords: MATCH, air pollution, deposition, wet, dry, air concentration, regional scale, model, EMEP, air pollution budget, model comparison, trends

SAMMANFATTNING

MATCH-Sverige modellen utnyttjas bl.a. för kartläggning av den totala föroreningsdepositionen (frånsett dimdeposition) samt regionalskalig fördelning av lufthalter av svavel- och kväveföreningar över Sverige, samt för kvantifiering av Sveriges föroreningsbudget. Viss kartläggning av depositionen av baskatjoner görs också.

De största föroreningsdepositionerna erhålles varje år i sydvästra Götaland, främst på sydvästsidan av småländska höglandet. Depositionen minskar norrut, men Norrlands kustland har betydligt större föroreningsdeposition än Norrlands inland och fjälltrakter och detta förklaras bara delvis av större lokala svenska föroreningsbidrag längs Norrlandskusten. Under perioden 1999-2002 svarar de svenska emissionerna för 5-7% av den totala årliga depositionen av svavel till Sverige och motsvarande siffror är 11-13% för NO_x-kväve depositionen. De högre värdena erhålles för år

2002. För både svavel och NO_x-kväve finns under perioden en tendens till ökning av det svenska bidragets relativa storlek. Anledningen till detta är att den totala depositionen minskar, samtidigt som det svenska bidraget - i absoluta tal - är tämligen oförändrat. Sveriges relativa bidrag till den totala depositionen av ammoniumkväve är ca 16%, men denna beräkning är mera osäker än för svavel och NO_x-kväve.

Tidigare gjorda jämförelser har visat att MATCH-Sverige beräkningarna ger större - för ammoniumkväve nästan dubbelt så stor - totaldeposition till Sverige jämfört med den gamla EMEP-modellen. Jämförelser i denna studie visar att resultaten från MATCH-Sverige och EMEP's nya reviderade "Unified EMEP Eulerian model", som även baseras på reviderade emissionsdata (EMEP, 2003), stämmer väl överens för flertalet parametrar. Hittills har dock endast resultat från år 2000 publicerats för den nya reviderade EMEP-modellen.

För total svaveldeposition till Sverige ger MATCH-Sverige 5% större värden än EMEP, medan Sveriges svavelbidrag till den egna depositionen är 10% lägre i MATCH-Sverige beräkningarna trots att EMEP inte inkluderar sjöfartsbunkring i de svenska emissionerna. Total deposition av oxiderat kväve till Sverige är enligt MATCH-Sverige beräkningarna 15% lägre än den som EMEP-modellen ger, vilket är i motsats till resultaten från tidigare år. För Sveriges bidrag till den egna depositionen ger MATCH-Sverige ca 35% större deposition av oxiderat kväve än EMEP. Detta kan dock till en del förklaras av att sjöfartsbunkring ingår som svenska emissioner i MATCH-Sverige men inte i EMEP-beräkningarna. För total deposition av reducerat kväve till Sverige har skillnaderna minskat betydligt jämfört med tidigare år, men fortfarande ger MATCH-Sverige ca 50% större totaldeposition än EMEP-modellen. För Sveriges bidrag till den egna depositionen är MATCH-Sverige värdet dock endast 10% större än EMEP's resultat. Resultaten tyder på att den största delen av skillnaden i totaldeposition härstammar från olikheter i beräknade halter i luft och nederbörd som orsakas av den långväga föroreningstransporten. Skillnaderna är speciellt stora för Norrland och där är tillgången på mätdata för dataassimilation i MATCH-Sverige beräkningarna bristfällig.

Ett försök till trendanalys har gjorts för perioden 1991, 1994-2002 avseende totaldeposition av svavel, NO_x-kväve och NH_x-kväve. I analysen har Sverige delats upp i 6 regioner. Depositionen av svavel (exkl. havssalt) minskade under perioden inom samtliga regioner. Minskningen var i absoluta tal störst för sydvästra Sverige, ca 500 mg S/år vilket innebär en minskning med ca 50%. Även resterande delar av Götaland och Svealand beräknas ha fått ungefär motsvarande relativa minskning. För Norrland uppskattas minskningen av svavel till ca 55%. Resultaten från trendanalysen måste dock ses som preliminära, eftersom brister i kvaliteten för såväl modell som några av de utnyttjade atmosfärkemiska stationernas data har identifierats. För att få en mer tillförlitlig trendanalys krävs en noggrann kvalitetskontroll för samtliga år av de atmosfärkemiska data som utnyttjas, samt att en omanalys görs för hela tidsperioden baserad på den senaste versionen av MATCH-modellen. Därmed skulle ett konsistent och helt jämförbart datamaterial för hela tidsperioden erhållas. Studierna av deposition av havssalt visar en viss samvariation mellan NAO-index och havssaltkoncentration i nederbörd över västra Sverige.

FÖRORD

Studien har utförts och finansierats inom ramen för Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning, överenskommelse nr 211 0206. I Appendix 2 visas resultat som avses ingå i ett examensarbete vid Meteorologiska Institutionen Stockholms Universitet (MISU), utfört av Frida Bender under våren 2004.

1 INLEDNING

MATCH-Sverige (alt. Sverigemodellen), är en numerisk spridnings-, atmosfärskemi- och depositionsmodell som ingår i det nationella miljöövervakningsarbetet. I den första studie som gjordes (Persson et al., 1995) redovisas 1991 års data. I MATCH-Sverige systemet ingår såväl en speciell version av MATCH-modellen som rutiner för en enkel dataassimilation av uppmätta föroreningsdata samt mesoskalig analys av observerade meteorologiska data (för detaljer se nedan). Själva MATCH-modellen (Mesoscale Atmospheric Transport and Chemistry model) har successivt utvecklats sedan den första studien publicerades 1995 och flera olika modellversioner har tagits fram för olika syften t.ex. för studier av försurande deposition, fotokemi och haveriutsläpp. Modellområden med olika geografisk upplösning finns för t.ex. Europa, Sverige och flera olika län. MATCH-Sverige är en version anpassad för svensk nationell miljöövervakning.

2 METODBESKRIVNING

Nedan ges en översiktlig presentation av MATCH-Sverige systemet och en kort redovisning av de atmosfärkemiska mätdata som utnyttjas för beräkningarna. För mer detaljerad beskrivning av modellen hänvisas till de referenser som anges i texten. Den metodik som f.n. utnyttjas för torrdepositionsberäkningarna presenteras dock i något större detalj. Torrdepositionen är svår att såväl mäta som beräkna, osäkerheterna är betydande, och skillnaderna mellan uppmätt och beräknad torrdeposition är i en del fall stora. En mer detaljerad presentation av nuvarande beräkningsmetodik är därför motiverad.

2.1 MATCH-Sverige systemet

MATCH-Sverige systemet består av tre delar: 1) en regional atmosfärskemisk spridningsmodell, 2) ett system för en förenklad dataassimilation av koncentrationer i luft och nederbörd, och 3) ett system för objektiv analys av meteorologiska data.

Del 1 är en tredimensionell eulersk atmosfärskemisk spridningsmodell, en speciellt anpassad version av MATCH-modellen, som utnyttjas för beräkningar av bidrag från svenska emissioner (inkl. emissioner från sjöfart till/från svenska hamnar) till koncentration och deposition av luftföroreningar över Sverige. Denna modellversion inkluderar en beskrivning av fysikaliska och kemiska processer som styr utsläpp, atmosfärisk transport och spridning, kemisk omvandling samt våt- och torr deposition av olika föroreningar i luft. En fullständig beskrivning av den

grundläggande MATCH-modellen ges av Robertson et al. (1999). En tidigare, enklare version av modellen (Persson et al., 1996), har tillämpats på data från tiden före 1997. Beräkningar avseende data före 1997 utfördes med en horisontell upplösning på 20x20 km, medan beräkningar för åren efter 1997 har gjort med 11x11 km upplösning. Inom SMHI's datavärdskap levereras dock data för samtliga år med 20x20 km upplösning i RT90 geografisk projektion.

I del 2 görs en beräkning av den långväga föroreningstransportens (LRT) bidrag. Beräkningen inkluderar en förenklad form av dataassimilation av uppmätta föroreningshalter i luft och nederbörd (EMEP och Luft- och Nederbördskemiska nätet, även kallat PMK-nätet) från stationer i Sverige och Norge. För att beräkna fördelningen av bidrag från källor utanför Sverige och svensk sjöfart utnyttjas följande metod. Modellberäknade dagliga bidrag från svenska utsläpp inkluderade i del 1 dras bort från observerade dagliga koncentrationsvärden i luft och nederbörd vid svenska och norska atmosfärskemiska bakgrundstationer. Resterande koncentrationer tolkas som LRT-bidrag. Dessa analyseras därefter med hjälp av optimal interpolation (OI) för att erhålla koncentrationer i luft och nederbörd över hela modellområdet. Den grundläggande idén bakom denna metod är att LRT-koncentrationerna varierar betydligt mer utjämnat i rummet än vad de totala koncentrationerna gör. LRT-koncentrationerna är därför mera lämpliga för interpolation. LRT-bidrag till våtdepositionen beräknas genom att multiplicera den erhållna LRT-koncentrationerna i nederbörden med en detaljerad kartläggning av de observerade nederbördsmängderna, 3h data, inkl. korrektion för vindförluster och topografiska effekter. LRT-bidrag till torrdepositionen beräknas genom att köra LRT-bidragen avseende luftkoncentrationer genom den torrdepositionsmodul som ingår i MATCH-modellen enligt del 1 ovan. Därmed tas även hänsyn till en detaljerad kartläggning av markanvändningen över Sverige. Denna teknik att beräkna det långväga föroreningsbidraget ger dock ingen information om varifrån den långväga transporten härstammar. En relativ uppdelning av den långväga föroreningstransporten på olika ursprungsländer erhålles enklast från EMEP-modellen (EMEP, 2003).

Optimal interpolation (OI) har utnyttjats i många meteorologiska tillämpningar. För OI av LRT-koncentrationer i luft och nederbörd inom MATCH-Sverige systemet utnyttjar vi i allt väsentligt samma system som det som tillämpas för mesoskaliga meteorologiska analyser (MESAN-systemet) vid SMHI (Häggmark et al., 2000). Inom OI utnyttjas observationer tillsammans med ett bakgrundsfält, ofta kallat första gissningsfält. Olika typer av första gissningsfält kan utnyttjas beroende på applikation. Strukturfunktionerna är för närvarande isotropa, dvs. korrelationsfunktionen är endast beroende av avstånd och inte av riktning. Eftersom luft- och nederbördskoncentrationer kan variera med flera storleksordningar utförs OI-analyserna för logaritmerna av koncentrationsvärdena.

Denna teknik att bestämma LRT bidrag har testats mot oberoende data med goda resultat (Persson et al., 1996). En framgångsrik verifiering av MATCH-modellen på Europaskala (Graziani et al., 2000) ger också stöd för att MATCH-modellen på Sverigeskala fungerar väl och beskriver det svenska föroreningsbidraget på ett riktigt sätt. Med bra mätdata kan också LRT-bidraget och den totala föroreningsbelastningen förväntas vara av god kvalitet (jmf. dock diskussion av osäkerheter nedan).

I de här presenterade MATCH-Sverige studierna (liksom i EMEP-modellen) inkluderas inte den s.k. dimdepositionen av föroreningar. Denna deposition är för de flesta delar av Sverige liten, men kan spela en stor roll i fjällområden och för fjällnära skogsområden. En studie där dimdeposition utförs i separata beräkningsrutiner och kombineras med MATCH-Sverige finns presenterad i (Foltescu and Persson, 2001)

2.2 Våtdepositionsberäkningar

Kvaliteten i de våtdepositionsberäkningar som görs med MATCH-Sverige systemet är i hög grad beroende av kvaliteten i de kartlagda nederbördsmängderna över landet. Som grund för dessa beräkningar utnyttjas rutinmässig objektiv analys var 3:e, 12:e och 24:e timma av nederbördsmängder över Sverige som utförs inom SMHI's basverksamhet. Dessa analyser baseras på all tillgänglig information i form av manuella och automatiska nederbördsmätningar (totalt ca 800 stationer), radarinformation, satellitdata, vindobservationer etc. Dessa geografiska kartläggningar av nederbördsfördelningen över Sverige förbättras därefter ytterligare genom korrigeringar av nederbördsmängder med hänsyn till vindförluster i nederbördsmätare samt topografiska effekter.

Dessa nederbördsfält över Sverige för var 3:e timma interpoleras i MATCH-Sverige modellen till 1h-värden och utnyttjas för beräkningarna av hur de svenska emissionerna våtdeponeras.

Den långväga transportens bidrag till våtdepositionen beräknas genom att multiplicera den erhållna LRT-koncentrationerna i nederbörden med denna detaljerade kartläggning av de nederbördsmängderna, 3h data, inkl. korrektion för vindförluster och topografiska effekter.

2.3 Torrdepositionsberäkningar

Torrdepositionen är i MATCH-Sverige systemet mer komplicerad att beräkna än våtdepositionen, eftersom den är beroende av vilket ämne som deponeras, gas eller partikel, partikelstorlek, depositionsytans beskaffenhet samt rådande meteorologiska förhållanden.

För att beräkna torrdepositionen används i MATCH-modellen en resistensmodell, där resistansen för gasers och partiklars deposition till underlaget parametriseras (Chamberlain and Chadwick, 1965) på ett sätt som liknar den inom elläran. Torrdepositionsflödet F_i för ett ämne i på höjden z bestäms av den aktuella koncentrationen $C_i(z)$ och dess depositionsresistens:

$$F_i(z) = C_i(z) \cdot \frac{1}{r_i(z)} \quad (1)$$

I ekvation 1 antas att koncentrationen vid markytan $C_i(z_s)$ är lika med noll. Om så inte är fallet används differensen $C_i(z) - C_i(z_s)$ i stället för $C_i(z)$.

I analogin med elläran motsvarar flödet F_i den elektrisk strömmen och r_i den elektriska resistansen (jämför Ohm's lag). Fysikaliskt sker torrdepositionen i tre steg.

Det första steget avser transport i den turbulenta atmosfären - i det atmosfäriska gränsskiktet - ner till gränsytan till det läminära skiktet någon millimeter ovanför mark-, vatten- eller vegetationsytan. Föroreningarna måste sedan transporteras genom detta tunna laminära gränsskikt innan de slutligen deponeras på respektive yta. Dessa tre transportprocesser parametriseras med avseende på den aerodynamiska resistansen r_a, det laminära ytskiktets resistens r_b och själva ytresistensen r_s. Torrdepositionshastigheten beräknas sedan som omvänt proportionell mot summan dessa tre resistensvärden enligt ekvation 2:

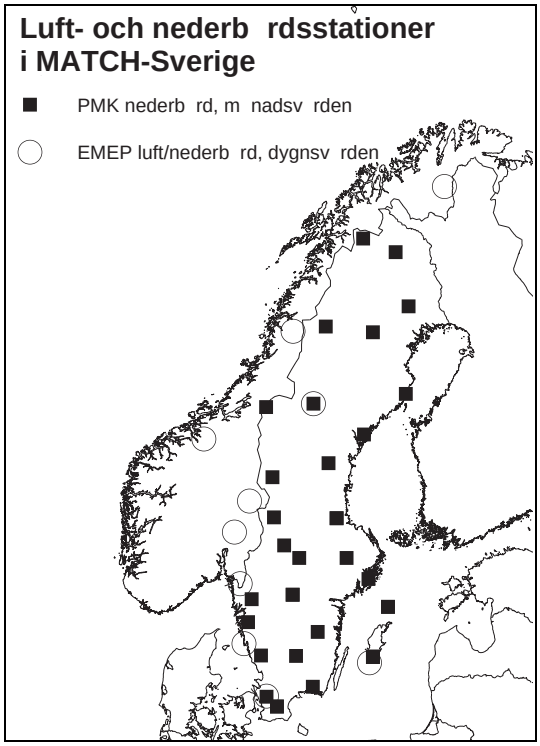
$$v_d = \frac{1}{r_a + r_b + r_s} \qquad (2)$$

De olika resistensvärdena kan variera på ett komplicerat sätt, baserat på olika karakteristika hos de olika ämnena, de meteorologiska förhållandena och ytans beskaffenhet. I MATCH-Sverige systemet beräknas torrdepositionen för ett stort antal partiklar och gaser, och för tio olika markanvändningstyper. Metodiken för torrdepositionsberäkningar i MATCH-Sverige modellen diskuteras utförligt i (Klein et.al., 2002). Ett schema samt tabeller som visar hur de olika resistanserna kombineras och parametriseras för att erhålla värdena på resistanserna r_a, r_b *och* r_s finns dessutom i Appendix 1 till denna rapport. Beräkningarna av dessa resistanser görs med utnyttjande av aktuella väderdata för varje timma, för varje beräkningsruta i modellen, för varje markanvändningstyp och för varje gas eller partikelfraktion.

Osäkerheterna i torrdepositionsberäkningarna är fortfarande stora, vilket framför allt beror på att indata till de parametriseringar som görs är osäkra. I rapporten ’Bara naturlig försurning’ (Naturvårdsverket Rapport 5317, 2003) konstateras i en specialstudie att MATCH-Sverige resultaten indikerar betydligt större torrdeposition av svavel till skog än vad som erhålles från det s.k. krondroppsnätet. Där konstateras också att såväl mätningar som modellberäkningar har betydande osäkerheter och att det finns ett forsknings- och urvecklingsbehov.

2.4 Utnyttjade atmosfärkemiska mätdata

I modellberäkningarna har data från såväl svenska (IVL Svenska Miljöinstitutet) som norska (Norsk Institutt för Luftforskning, NILU) atmosfärskemiska stationer inkluderats, se figur 1. Det svenska mätdatat ingår i Naturvårdsverkets datavärdskap och de norska i ’Statlig program for forurensningsovervåkning’, se (Tørseth et al., 1999) och följande årliga publikationer. Genom att ha tillgång till atmosfärkemiska mätdata utanför Sveriges gränser förbättras beräkningarnas kvalitet. Det är önskvärt att ha tillgång till mätdata från samtliga EMEP-stationer i Nordvästeuropa, men dessa data görs tillgängliga först 3 år i efterhand och kan därför f.n. inte utnyttjas inom den nationella miljöövervakningen med MATCH-Sverige.



Figur 1. Atmosfärkemiska bakgrundsstationer som utnyttjats för MATCH-Sverige beräkningarna.

3 EMISSIONSDATA FÖR SVERIGE

Svenska emissionsdata till luft sammanställs numera av SMED (SvenskaMiljöEmissionsData) och rapporteras därefter internationellt av Naturvårdsverket till UNECE och CLRTAP (EEA, 2002 och efterföljande rapporter). Dessa data avser i första hand nationella totalvärden, men vissa rapporteringar omfattar även geografisk fördelning med en upp lösning på 50x50 km. Den geografiska fördelningen sammanställs dels med utgångspunkt från exakta koordinater för vissa stora punktkällor, dels med hjälp av GIS-teknik och tillgång till detaljerad geografisk-, markanvändnings- och befolkningsinformation. För att få hög kvalitet i den internationella rapporteringen lagras det underlagsmaterial, som tas fram inom SMED, med högre geografisk upplösning än vad själva rapporteringen avser. Detta underlagsmaterial har utnyttjats för att få bästa möjliga geografiskt fördelade emissionsdata i MATCH-Sverige modellens 11x11 km rutnät. För åren före 2000 fanns inte SMED-data att tillgå. Dock utnyttjades i princip samma metod även då, men med betydligt mindre noggrannhet. Det finns dock en viktig begränsning i de geografiskt fördelade emissionsdata som rapporteras internationellt, eftersom bunkring (bränsle från Sverige som utnyttjas i internationell trafik) för sjöfart och flyg inte är inkluderad. När större korrigeringar görs i metodiken för beräkning av Sveriges internationellt rapporterade emissioner, görs även omräkningar av tidigare års rapporterade emissionsdata. Detta medför att äldre internationellt rapporterade emissionsdata inte med nödvändighet är ”stabila” i tiden.

För MATCH-Sverige modellens syfte; att på bästa sätt beskriva halt och deposition över Sverige samt beräkna Sveriges bidrag, är det angeläget att även inkludera sjöfartens emissioner från bunkringsoljor (t.ex. färjetrafik till och från Sverige). Bunkringen är en stor post för svavel och NO_x-kväve emissionerna och är därför inkluderad i MATCH-Sverige. Bunkringsemissionerna fördelas över farleder i Östersjön och Västerhavet ut till Skagerak samt i svenska hamnar med internationell trafik i proportion till det tonnage som trafikerar respektive led eller hamn. De emissioner från svensk bunkring som i verkligheten sker utanför dessa havsområden antas motsvaras av de emissioner som utländska fartyg orsakar i sin trafik på svenska hamnar. Osäkerheten i denna del av sjöfartens emissioner i MATCH-Sverige modellen är stor. För en rimlighetsbedömning kan följande jämförelse vara av intresse. De internationella sjöfartsemissioner i havsområden runt Sverige som på detta sätt knyts till Sverige utgör ca 6% av vad EMEP anger som totala svavelemissioner från sjöfart i Östersjön och ca 29% av motsvarande totala NO_x-emissioner.

MATCH-Sverige beräkningarna inom den nationella miljöövervakningen har för respektive år, enligt kontrakt med Naturvårdsverket, ett slutdatum då resultaten ska presenteras. Vid den tidpunkten är fortfarande svenska emissionsdata inte rapporterade internationellt till CLRTAP, varför MATCH-Sverige beräkningarna normalt baseras på emissionsdata från året före. För tiden före år 2000 gjordes emissionssammanställningarna utifrån tillgängliga preliminära data. I tabell 1 framgår dels de emissionsdata som Sverige rapporterat internationellt, dels de preliminära emissionsdata som utnyttjats i MATCH-Sverige för respektive år. För år 2000 anges även de emissionsdata som utnyttjats i EMEP-modellen. Det är viktigt att observera att MATCH-Sverige inkluderar såväl nationell sjöfart som sjöfartsbunkring, medan EMEP's redovisade emissioner för Sverige endast inkluderar nationell sjöfart. EMEP-modellen redovisar i stället bunkringsemissioner per havsområde utan knytning till nation.

Tabell 1. a) Internationellt rapporterade emissionsdata från Sverige till CLRTAP, b) emissionsdata utnyttjade i MATCH-Sverige (totalt inkl. sjöfartsbunkring samt Sverige inrikes), samt c) emissionsdata (år 2000) som utnyttjats i EMEP-modellen. Observera att MATCH-Sverige beräkningarna görs tidsmässigt före den internationella rapporteringen och därför baseras på föregående års emissionsdata, alternativt preliminära data.

	Emission av svavel (ton/år som SO_2)				
	a) CLRTAP		**b) MATCH-Sverige**		**c) EMEP**
År	**Bunkring sjöfart**	**Sverige inrikes**	**Totalt**	**Sverige inrikes**	**Sverige inrikes**
1999	13160	54330	65000	51840	
2000	13070	57240	70765	57695	57600
2001	12940	60290	70765	57695	
2002	*	*	73350	60410	
	Emission av NO_x (ton/år som NO_2)				
	CLRTAP		**MATCH-Sverige**		**EMEP**
År	**Bunkring sjöfart**	**Sverige inrikes**	**Totalt**	**Sverige inrikes**	**Sverige inrikes**
1999	102390	258580	297000	227500	
2000	99560	252470	346200	246650	246760
2001	97260	250680	346200	246650	
2002	*	*	348 000	250750	
	Emission av NH_x (ton/år som NH_3)				
	CLRTAP		**MATCH-Sverige**		**EMEP**
År	**Bunkring sjöfart**	**Sverige inrikes**	**Totalt**	**Sverige inrikes**	**Sverige inrikes**
1999	0	56810	61000	61000	
2000	0	57280	55870	55870	55860
2001	0	53650	55870	55870	
2002	*	*	55130	55130	

* = publiceras senare under år 2004

4 RESULTAT

Föroreningsutsläppen i Europa förändras inte drastiskt från ett år till ett annat. Däremot kan skiftningar i väderförhållanden från ett år till ett annat orsaka större variationer i föroreningsförhållandena över Sverige. En allmän översikt över årets väder kan därför vara av värde för att öka förståelsen för de presenterade resultaten. Varje års presentation nedan inleds därför med en allmän väderöversikt.

I denna rapport ges endast några exempel på olika depositions- och lufthaltkartor som tagits fram för respektive år. Någon ingående diskussion av enskilda års resultat

görs inte heller. Rent allmänt kan konstateras, vilket gäller samtliga redovisade års resultat, att de största föroreningsdepositionerna erhålles i sydvästa Götaland, på sydvästsidan av småländska höglandet. Det är ett område med stora nederbördsmängder, samtidigt som föroreningshalterna i såväl nederbörd som luft är förhållandevis stora p.g.a. närhet till de stora emissionerna på kontinenten. Skogsområdena i området är dessutom effektiva på att fånga upp den torra depositionen. Depositionen minskar norrut, men Norrlands kustland har betydligt större föroreningsdeposition än Norrlands inland och detta förklaras bara till en mindre del av det lokala svenska föroreningsbidraget i närområdet av de norrländska kuststäderna.

Även de beräknade årsmedelhalterna av SO_2, NO_2 och NH_x över Sverige är högre i södra Sverige. De svenska bidragen till de regionala SO_2-halterna över landet är numera små p.g.a. de kraftigt reducerade svenska emissionerna. Däremot är de svenska relativa bidragen till NO_2-halterna betydligt större, och avsevärt mycket större för NH_x. Detta orsakas till en del av olika atmosfärkemiska processer och olika uppehållstider för de studerade förereningarna.

En komplett presentation med resultat finns på SMHI's webbsida (www.smhi.se) och en introduktion till den ges nedan.

4.1 År 1999

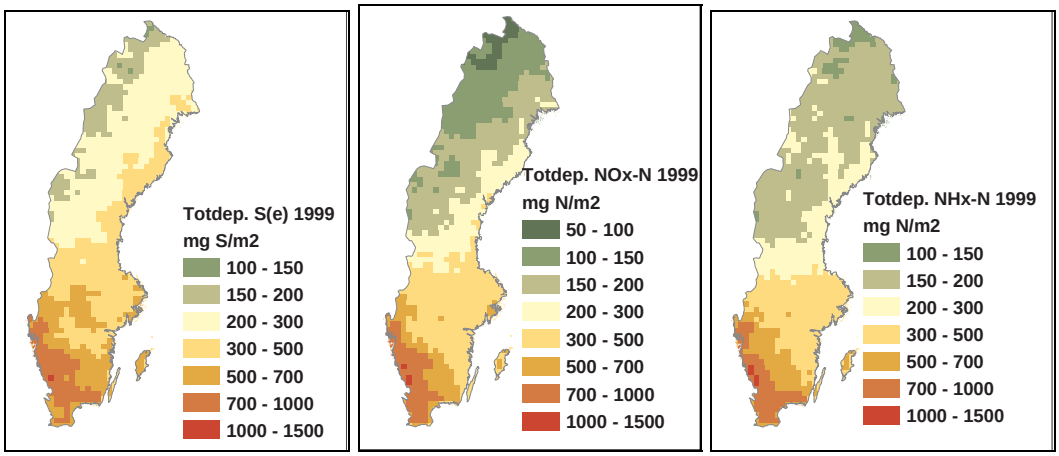
4.1.1 Väderåret

Årsmedeltemperaturen var över det normala i hela landet. Södra Sverige hade de största överskotten på 1-1,5 grader och där var såväl vinter, vår som höst mildare än normalt. I norra Norrland förekom däremot rejäl kyla i flera perioder under vintern, där t.ex. Karesuando hade – 49°C den 27 januari. Nederbördsmängderna var i större delen av Sverige över det normala, i allmänhet ett överskott på 10-20%. I sydvästra Sverige var överskotten upp till 50% och i inre Halland uppmättes landets största årsnederbörd 1547 mm. De stora nederbördsmängderna ledde också till stor våtdeposition av föroreningar. Den minsta årsnederbörden, 371 mm, uppmättes i Abisko i norra Lappland. Abisko ligger i nederbördsskugga av de västligare fjällen och har normalt betydligt mindre nederbördsmängder än norra Lappland i övrigt.

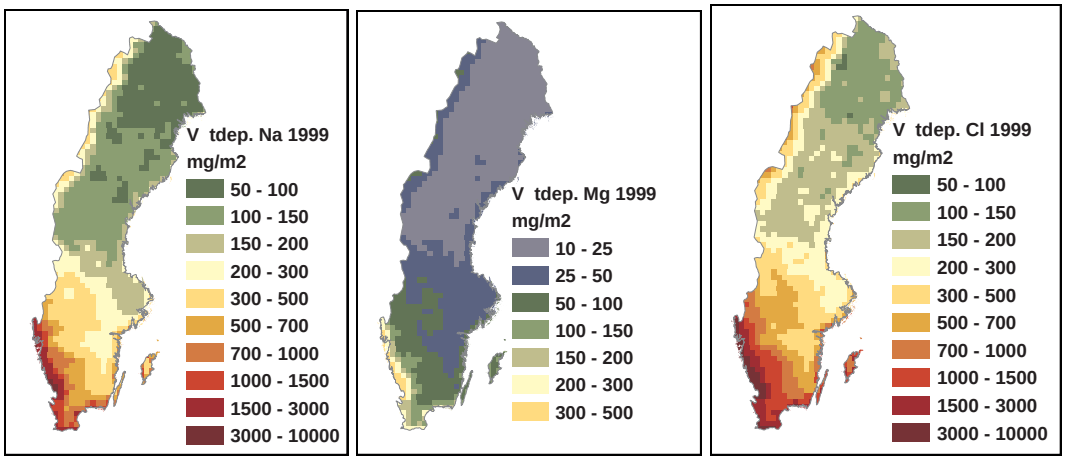
Hösten var mycket blåsig och Sydsverige drabbades av tre kraftiga stormar inom loppet av en vecka. Kraftiga stormar medför stora emissioner av havssalt, t.ex. Na, Cl, Mg och i viss mån Ca och S, från havet som i sin tur medför ökad deposition av havssalt, speciellt i kustnära områden. Vid kraftiga stormar är det främst Västkusten samt västra Jämtlands- och Lapplandsfjällen som är utsatta för stor havssalt-deposition.

4.1.2 Deposition och luftkoncentration

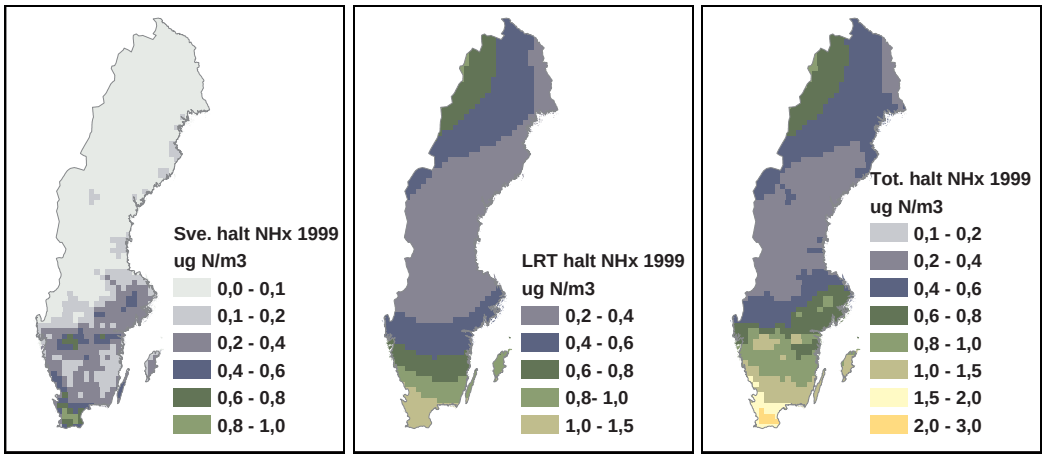
Nedan (figur 2-4) visas några exempel på resultatkartor, i övrigt hänvisas till SMHI's hemsida www.smhi.se, (välj 'Klimat&Miljö', välj 'Atmosfärskemi').



Figur 2. Total deposition (våt+torr) av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x-kväve för år 1999.



Figur 3. Våtdeposition av natrium (Na), magnesium (Mg) och klor (Cl) för år 1999.



Figur 4. Årshalt av NH_x-kväve i luft uppdelat på Sveriges bidrag, långtransporterat bidrag och totalt för år 1999.

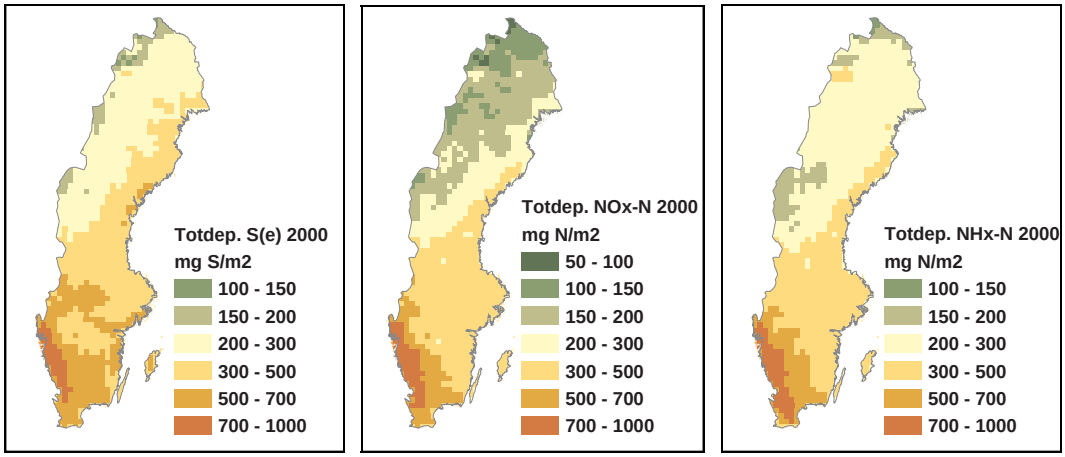
4.2 År 2000

4.2.1 Väderåret

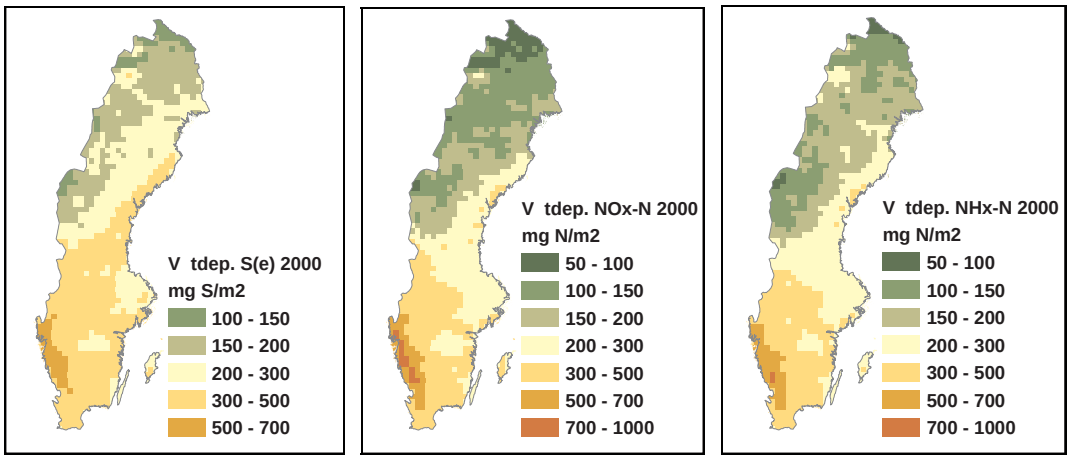
År 2000 var ett av de hittills varmaste i hela landet med avvikelser på ca +2,0°C från normalvärdet för årsmedeltemperaturen. Det minskade Sveriges totala behov av fastighetsuppvärmning under året vilket i sin tur innebar mindre behov av fossilbränsleeldning. Det var också ett mycket nederbördsrikt år med 140-170% av normalnederbörd i stora dela av landet. I sydligaste Sverige och i västra fjällen var dock nederbördsmängderna mer måttliga, med ca 110% av normalnederbörden. God tillgång på vattenkraft minskade ytterligare behovet av fossilbränsleeldning, och därmed också minskade föroreningsemissioner i Sverige. Stora regnmängder medförde svåra och omfattande översvämningar i södra Norrland i juli och framför allt i Värmland under senare delen av hösten. De stora nederbördsmängderna medförde också att våtdepositionen av föroreningar blev omfattande under året.

4.2.2 Deposition och luftkoncentration

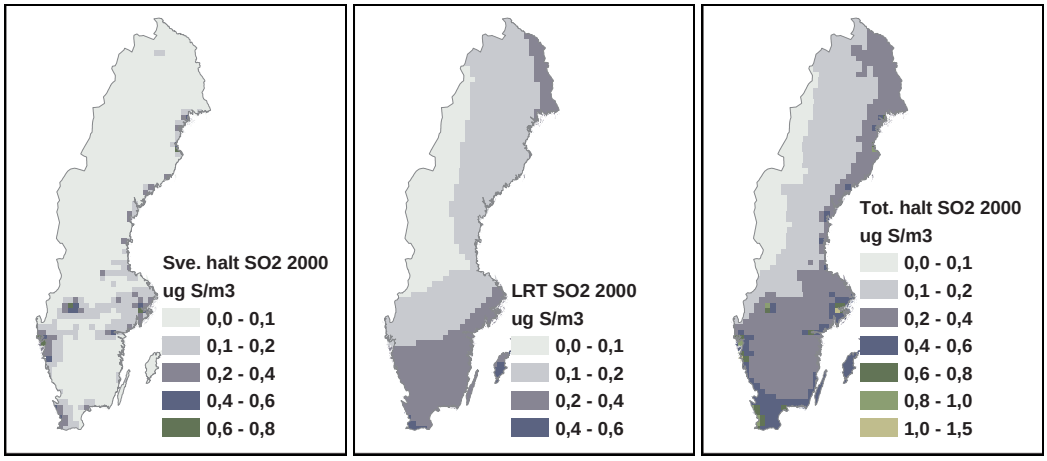
Nedan visas några exempel på resultatkartor (figur 5-7), i övrigt hänvisas till SMHI's hemsida www.smhi.se, (välj 'Klimat&Miljö', välj 'Atmosfärskemi').



Figur 5. Total deposition (våt+torr) av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x- kväve för år 2000.



Figur 6. Våtdeposition av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x- kväve för år 2000.



Figur 7. Årshalt av SO_2 i luft uppdelat på Sveriges bidrag, långtransporterat bidrag och totalt för år 2000.

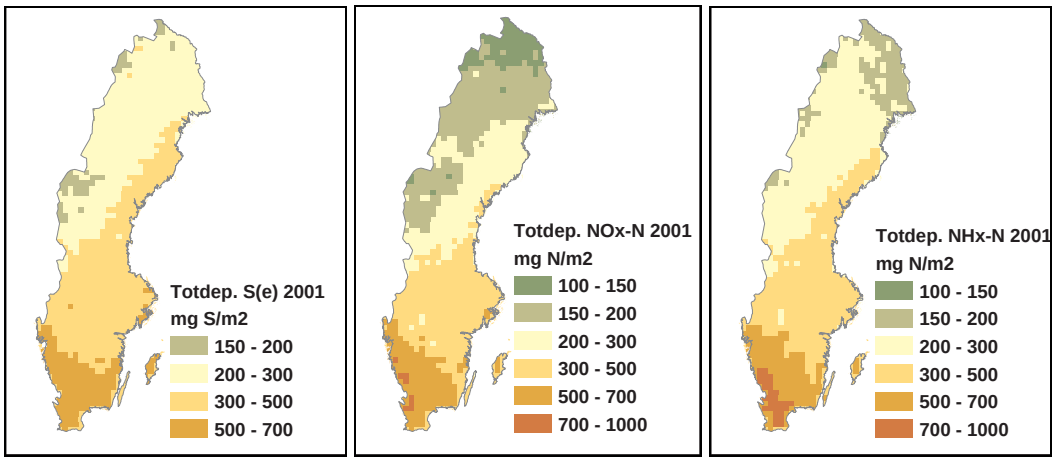
4.3 År 2001

4.3.1 Väderåret

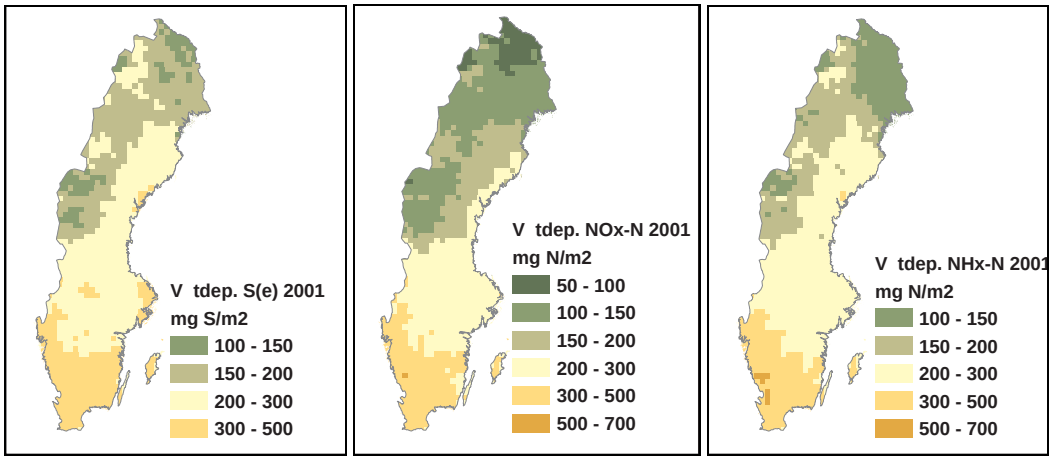
De varma perioderna dominerade under året och som helhet var årsmedeltemperaturen 0,7 grader över normalvärdet, vilket är en mera måttlig avvikelse än året före. Nederbördsmängden var över det normala i hela Norrland samt i östra delarna av Götaland och Svealand. Nederbördsöverskottet var störst med upp till 60 procent, en mycket stor avvikelse när det gäller årsnederbörd, i de inre delarna av mellersta Norrland, där främst april och juli var mycket nederbördsrika. Överskotten i den östra delen uppkom främst i samband med de kraftiga regnen i augusti och september som orsakade svåra översvämningar. De stora nederbördsmängderna medförde också en relativt stor våtdeposition av föroreningar under året.

4.3.2 Deposition och luftkoncentration

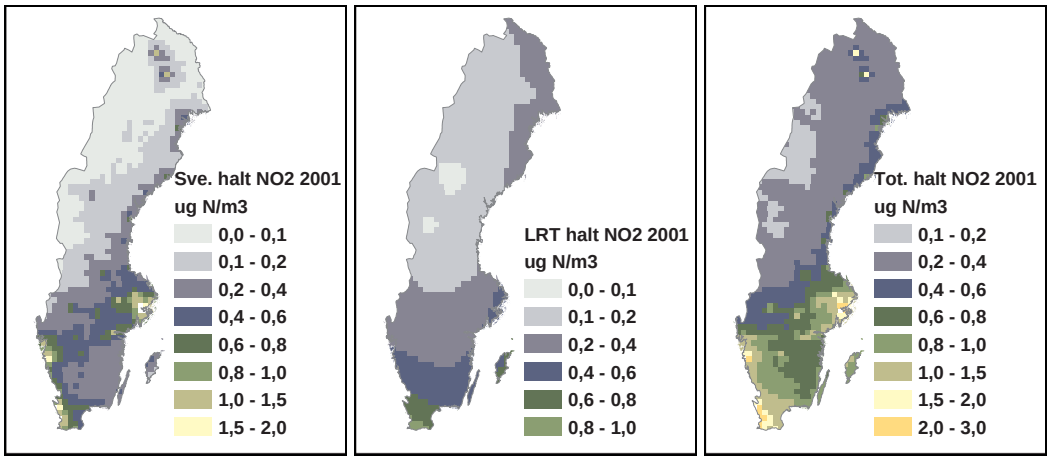
Nedan visas några exempel på resultatkartor (figur 8-10), i övrigt hänvisas till SMHI's hemsida www.smhi.se, (välj 'Klimat&Miljö', välj 'Atmosfärskemi').



Figur 8. Total deposition (våt+torr) av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x-kväve för år 2001.



Figur 9. Våtdeposition av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x- kväve för år 2001.



Figur 10. Årshalt av NO_2-kväve i luft uppdelat på Sveriges bidrag, långtransporterat bidrag och totalt för år 2001.

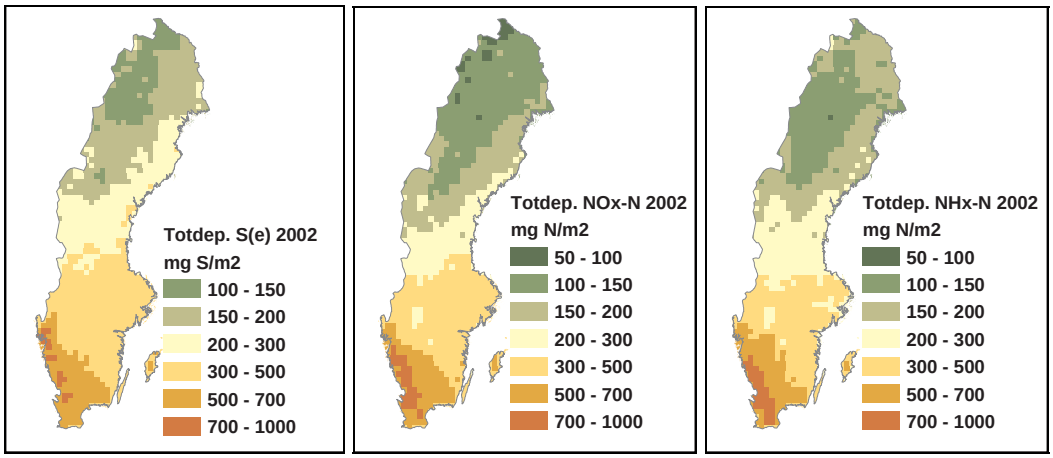
4.4 År 2002

4.4.1 Väderåret

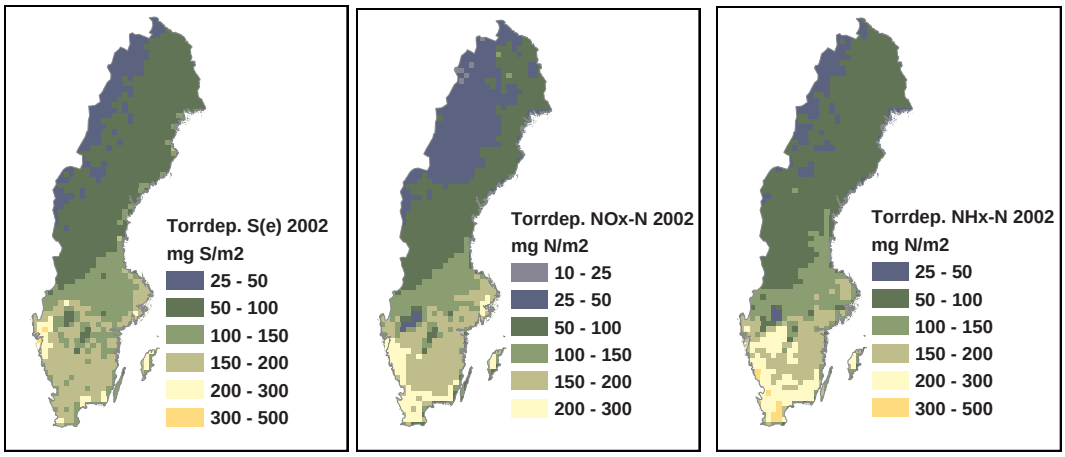
År 2002 var ännu ett varmt år i Sverige i den svit sedan 1988 som bara har ett undantag (1996). Som helhet var landet 1,3 grad varmare än normalt. Nederbördsmängderna var mindre än normalt i hela Norrland; så lite som ca 80 procent av normalnederbörden i vissa delar, medan Götaland och Svealand hade nära eller något över normala nederbördsmängder.

4.4.2 Deposition och luftkoncentration

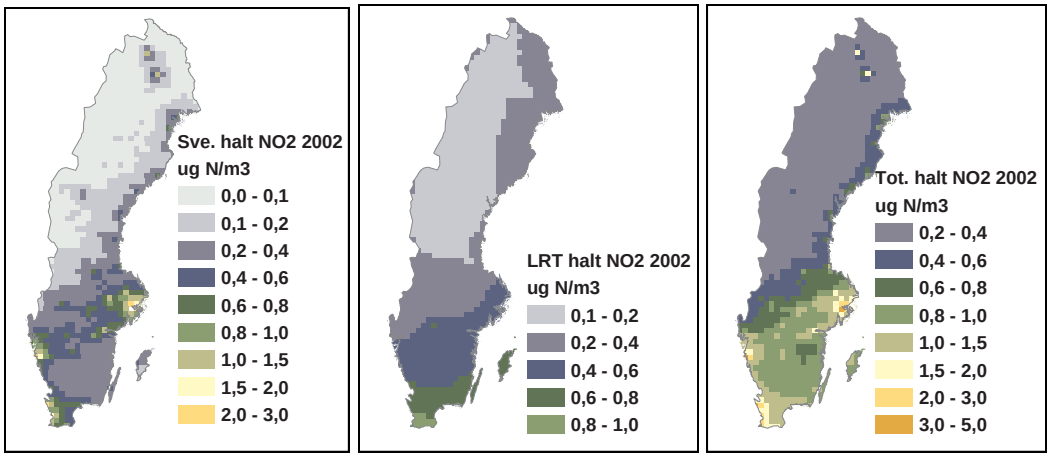
Nedan visas några exempel på resultatkartor (figur 11-13), i övrigt hänvisas till SMHI's hemsida www.smhi.se, (välj 'Klimat&Miljö', välj 'Atmosfärskemi').



Figur 11. Total deposition (våt+torr) av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x-kväve för år 2002.



Figur 12. Torrdeposition av svavel (exklusive havssalt), NO_x-kväve och NH_x-kväve för år 2002.



Figur 13. Årshalt av NO_2 i luft uppdelat på Sveriges bidrag, långtransporterat bidrag och totalt för år 2002.

4.5 MATCH-Sverige miljöövervakning på Internet

Resultaten från MATCH-Sverige finns redovisade på SMHI's webbsida (www.smhi.se) för åren 1991, 1994-2002. Via en karttjänst kan besökaren titta på och skriva ut kartor och även ladda ner datafiler för de ämnen och depositionsformer som väljs. I tabell 2 finns en sammanfattning över vilken data som finns tillgänglig. Beräkningarna med MATCH-Sverige systemet har efterhand utvidgats, varför dataserierna för åren 1991-1997 inte är helt kompletta i förhållande till de senaste årens data.

Tabell 2. Förteckning över föroreningsparametrar som finns tillgängliga via SMHI's karttjänst.

MATCH-Sverige ***Deposition***	**Svavel inkl. havssalt**	**Svavel exkl. havssalt**	**NOx**	**NHx**	**[NHx+ NOx]**	**Baskatjoner** (Ca, Mg, K, Na) **inkl. havssalt**	**Baskatjoner** (Ca, Mg, K) **exkl. havssalt**	**Cl**
Total (våt+torr)	●	●	●	●	●	●	●	
Total våtdeposition	●	●	●	●		●	●	●
Total torrdeposition								
Blandad markanvändning		●	●	●		●	●	
Åkermark		●	●	●				
Lövskog		●	●	●				
Tall/gran		●	●	●				
Vatten		●	●	●				
Sveriges bidrag (våt+torr)		●	●	●				
MATCH-Sverige ***Halter i luft***	**SO_2**	**NO_2**	**NH_x**					
Sveriges bidrag	●	●	●					
Långvägstransport	●	●	●					
Totalt	●	●	●					

Depositionsdata är uppdelat i total (våt+torr) deposition, torrdeposition, våtdeposition samt Sveriges bidrag av torr+våt deposition. Lufthalter finns för SO_2, NO_2 och NH_x som totalvärden, Sveriges bidrag och långvägstransport. Torrdepositionsberäkningar särredovisas dessutom för blandad markanvändning (10 klasser), samt för åkermark, tall/gran, lövskog och vatten, där varje markanvändningsklass antas vara heltäckande. Beräkningarna för svavel och baskatjoner finns både inklusive och exklusive havssalt.

MATCH Karttjänst utnyttjar en ArcIMS kartserver för att presentera och leverera data. Tekniken innebär att användaren själv kan styra kartans innehåll genom att släcka/tända kartlager med olika data, samt ges möjlighet att skriva ut kartan eller ladda ner data i shapeformat. Shape är ESRI's filformat för lagring av geografisk

data och fungerar i de flesta GIS-program. I shapeformatet ingår en datafil (dBase) där värden för de olika gridrutorna lagras. Denna fil kan exempelvis läsas in i Excel eller något text- eller beräkningsprogram.

4.6 Sveriges luftföroreningsbudget

I tabell 3 redovisas Sveriges luftföroreningsbudget för åren 1999-2002, avseende svavel (exkl. havssalt), NO_x-kväve och ammoniumkväve, baserad på MATCH-Sverige modellens resultat. Sverige är en stor nettoimportör av föroreningar liksom

Tabell 3. Sveriges luftföroreningsbudget för åren 1999-2002, beräknad med MATCH-Sverige modellen, avseende svavel (exkl. havssalt), NO_x-kväve och ammoniumkväve. Depositionen är summerad för samtliga svenska landområden och sötvatten. För Sveriges bidrag anges procent av den totala depositionen inom parantes.

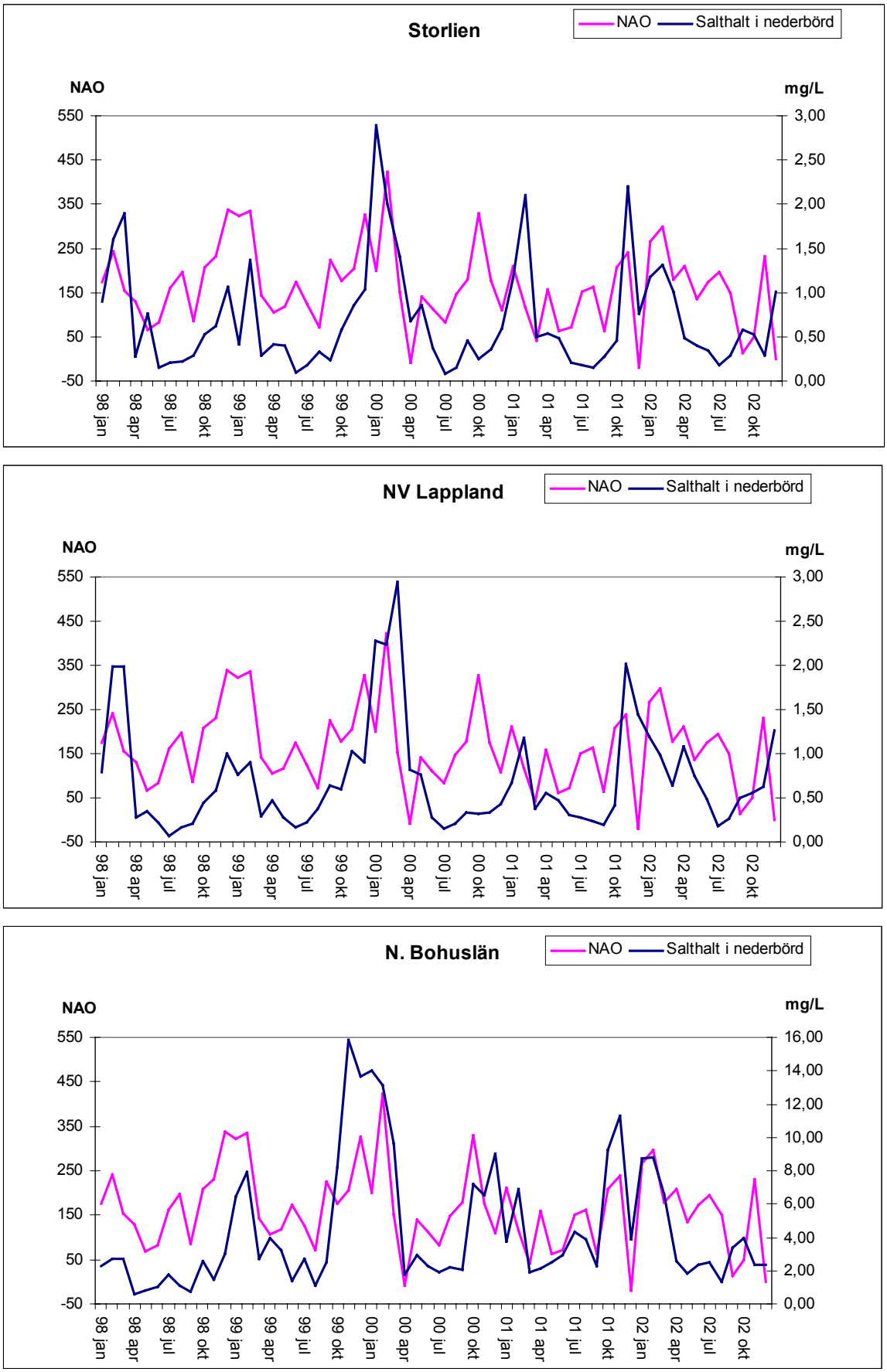
Parameter	**MATCH-Sverige**				**EMEP**
	(100 ton S eller N)				
	1999	**2000**	**2001**	**2002**	**2000**
Total deposition (våt+torr)					
Svavel (exkl. havssalt)	1 680	1 663	1 497	1 244	1 570
NO_x-N	1 330	1 381	1 317	1 163	1 621
NH_x-N	1 353	1 489	1 455	1 153	972
Våtdeposition					
Svavel (exkl. havssalt)	1 136	1 230	1 048	836	
NO_x-N	956	1 069	907	773	
NH_x-N	915	1 083	1 013	716	
Torrdeposition					
Svavel (exkl. havssalt)	544	432	449	408	
NO_x-N	374	313	411	390	
NH_x-N	438	406	442	436	
Sveriges bidrag					
Svavel (exkl. havssalt)	84 (5,0%)	100 (6,0%)	92 (6,1%)	82 (6,6%)	112
NO_x-N	144 (11,0%)	169 (12,0%)	160 (12,0%)	148 (13,0%)	125
NH_x-N	226 (17,0%)	224 (15,0%)	209 (14,0%)	199 (17,0%)	202
Importerad deposition (långtransport)					
Svavel (exkl. havssalt)	1 596	1 563	1 405	1 162	
NO_x-N	1 187	1 212	1 156	1 049	
NH_x-N	1 127	1 265	1 246	984	
Export från Sverige och svensk sjöfart					
Svavel (exkl. havssalt)	241	185	261	285	
NO_x-N	760	884	893	911	
NH_x-N	276	236	251	255	

under tidigare år. Under perioden 1999-2002 svarar de svenska emissionerna för 5-7% av den totala årliga depositionen av svavel till Sverige och motsvarande siffror är 11-13% för NO_x-kväve depositionen. De högre värdena erhålles för år 2002. För både svavel och NO_x-kväve finns under perioden en tendens till ökning av det svenska bidragets relativa storlek. Anledningen till detta är att den totala depositionen minskar, samtidigt som det svenska bidraget - i absoluta tal - är tämligen oförändrat. Det svenska bidraget till den totala depositionen av ammoniumkväve är ca 16%, men den beräkningen är mera osäker än för svavel och NO_x-kväve (jf. kapitel 5 nedan).

4.7 Samvariation mellan NAO och havssalt i nederbörd

Vid diskussioner av klimatvariationer utnyttjas ibland begreppet NAO (North Atlantic Ocillation) som ett index på hur omfattande påverkan på Västeuropa har varit av luftmassor från Atlanten, vilket i sin tur kan påverka bl.a. temperatur- och nederbördsklimatet över Västeuropa, se t.ex. Alexandersson (2002). NAO-index definieras helt enkelt som tryckskillnaden mellan en väderstation (Ponta Delgada) på Azorerna och en väderstation (Stykkisholmur) på Island. Ju högre index under en månad, ju kraftigare och/eller mer ihållande har den västliga komponenten i vinden varit över Nordvästeuropa. På senare år har NAO-index använts flitigt för att försöka förklara olika förlopp inom biologi och naturgeografi. Det kan därför också vara intressant att undersöka om det finns någon samvariation mellan höga NAO-värden och höga salthalter i luft och nederbörd över Sverige. Man ska dock vara medveten om att ett index som detta är ett mycket förenklat sätt att sammanfatta den atmosfäriska strömningen. Av (Alexandersson, 2002) framgår t.ex. att kopplingen mellan NAO-index och vädret i Nordeuropa är stark under vintern, medan den nästan är försumbar under sommaren.

Figur 14 redovisar en jämförelse av månadsvärden för NAO (samma NAO-data som utnyttjades av Alexandersson, 2002) och salthalt (klorid) i nederbörd. Saltdata är hämtade från MATCH-Sverige för tre olika regioner i Sveriges västligaste delar (norra Bohuslän, Storlienområdet i västligaste Jämtland och nordvästra Lappland). Den tydligaste kopplingen till NAO-index finns för norra Bohuslän, men samvariationen är begränsad. För hela perioden 1998-2002 fås en korrelations-koefficient på 0,5. Det är dock önskvärt att studera samvariationerna mellan NAO-index och salthalt under längre tidsperioder och för flera regioner av Sverige innan några långtgående slutsatser dras.



Figur 14. Månadsvärden för perioden 1998-2002 av NAO-index jämfört med havssaltkoncentration (mg klorid/L) i nederbörd för tre områden i västligaste Sverige (norra Bohuslän, nordvästra Lappland och västligaste Jämtland).

5 OSÄKERHETER I BERÄKNINGARNA

Resultaten från MATCH-Sverige beräkningarna är behäftade med en rad – större eller mindre – osäkerheter. Givetvis finns osäkerheter i själva modell-formuleringarna, i utnyttjade emissionsdata för Sverige samt i meteorologiska indata. I MATCH-Sverige modellen görs dessutom en form av förenklad dataassimilation av atmosfärskemiska mätdata, vilket medför att depositionsuppskattningar baserade på MATCH-Sverige modellen liksom direkta uppskattningar från det s.k. krondroppsnätet och det nationella nederbördskemiska stationsnätet är ytterst känsliga för fel i uppmätta atmosfärskemiska data. Det är därför viktigt att man från olika utgångspunkter kritiskt kvalitetsgranskar såväl beräkningsmodell, meteorologiska indata som atmosfärkemiska mätdata. I ett sådant arbete kompletterar atmosfärkemiska mätningar och modeller varandra. Nedan ges en översikt över de viktigaste osäkerheterna i MATCH-Sverige beräkningarna så som vi ser det idag. Dessa frågeställningar avses bli ytterligare studerade under innevarande år.

5.1 Meteorologiska indata

Meteorologiska indata är givetvis viktiga. De parametrar som spelar störst roll för kartläggningen av totala föroreningsdepositioner över Sverige är nederbördsmängd (våtdeposition), vindhastighet (torrdeposition) samt förekomst av dimma i fjällområdet (dimdeposition). SMHI's kartläggning av nederbördsmängder över landet bygger på mätdata från ca 800 nederbördsstationer (manuella och automatiska) samt radar- och satellitinformation. Dessutom görs korrigeringar av uppmätta nederbördsmängder med hänsyn till vindförluster och avdunstning från mätkärlen samt omräkning för topografiska effekter (större nederbördsmängder över berg än omgivande slättområden). Trots denna omfattande insamling av mätdata och korrigeringar för kända fel så finns det osäkerheter i de geografiska kartläggningarna av nederbördsmängd över Sverige. Sommartid är exempelvis nederbörds-fördelningen mera småskalig än under vintern, varför osäkerheten i den geografiska kartläggningen är större sommartid. Över fjällområdet, med sin komplexa topografi, är osäkerheterna betydande vad gäller såväl nederbördsmängd som förekomst av dimma. I övrigt torde meteorologiska data vara av så god kvalitet att de fel som dessa orsakar för kartläggning av totala våt+torr depositioner över Sverige är små i förhållande till vad felaktig nederbördsmängd och några andra fel, som diskuteras vidare nedan, kan orsaka.

5.2 Modellformuleringar

Den metodik som utnyttjas för bestämning av torrdepositionshastigheter, som i sin tur baseras på en rad olika meteorologiska parametrar, är fortfarande osäker trots tillgång till många publicerade fältstudier. Detta diskuteras närmare i (Klein, et.al., 2002).

MATCH-Sverige modellen har successivt förbättrats under den tid den utnyttjats inom miljöövervakningen, vilket kan tyckas innebära en betydande osäkerheter för bestämning av trender. Osäkerheten är dock avsevärt mindre för "Total deposition" än för "Sveriges bidrag", eftersom tekniken för att beräkna total våtdeposition inte har förändrats nämnvärt och våtdeposition är den dominerande delen av hela

föroreningsdepositionen. Den del av ”Total deposition” som utgörs av torrdeposition innehåller dock betydande osäkerheter som sammanhänger med versionsbyten av MATCH-Sverige modellen.

5.3 Emissionsdata

Information om Sveriges föroreningsemissioner till atmosfären, som sedan några år tillbaka sammanställs av SMED, har fortfarande vissa osäkerheter. Dessa fel är dock av underordnad betydelse för kartläggning av totaldepositionen över Sverige, eftersom Sveriges bidrag är små jämfört med totalvärdena.

5.4 Atmosfärkemiska indata

Den teknik med en förenklad dataassimilation av atmosfärkemiska mätdata, som utnyttjas i MATCH-Sverige modellen, medför att resultaten från modellen är känsliga för fel i utnyttjade atmosfärkemiska mätdata. Detaljerade studier av kvaliteten på nederbördsuppsamlingen i olika nederbördskemiska stationsnät redovisas av (Persson, 2002) och (Persson och Magnusson, 2003). Några viktiga punkter är:

- Det finns en rad svårigheter vid mätning nederbördsmängd. Det gäller såväl SMHI’s stationer som de olika nederbördskemiska stationsnät som finns i Sverige. Uppmätta nederbördsmängder vid svenska nederbördskemiska stationsnät (EMEP, PMK, Regional) uppvisar i en del fall betydande spridning i uppmätta nederbördsmängder (stokastiska fel) jämfört med meteorologiskt noggrant kartlagd nederbördsmängd. Om detta beror på att uppsamlings-effektiviteten hos provtagarna varierar i tiden, leder detta till fel i såväl uppmätt våtdeposition som uppmätt halt i nederbörden. Ytterligare utvärdering krävs.

- De svenska EMEP-stationerna Aspvreten (nedlagd under perioden) och Vavihill har under de studerade åren 1998-2002 uppmätt nederbördsmängder månadsvis som ibland varit betydligt lägre än noggrant meteorologiskt kartlagda nederbördsmängder på samma plats (troligen systematiska fel beroende på felaktiga locksamlare). Detta ger stora systematiska fel för uppmätt våtdeposition och troligen också betydande fel i uppmätt halt i nederbörd.

- Den s.k. snösäcken som under hela/del av vinterhalvåret utnyttjas i flertalet PMK- och regionala stationer för våtdeposition under de studerade åren 1998-2001 (öppet fält) är en möjlig orsak till en större spridning (ofta ökning upp till 50% eller mer) av uppsamlingseffektiviteten för dessa nederbördsuppsamlare under vintern. Detta leder till felaktigt uppmätt våtdeposition och felaktiga årsgenomsnittshalter i nederbörd.

- Svenska mätningar i öppet fält på bakgrundsnivå har under många år antagits vara i det närmaste opåverkade av torrdeposition (baserat på Granat, 1988) och betraktats som enbart våtdeposition. Detta har hittills även antagits då dessa data utnyttjats i MATCH-Sverige. Martin Ferm, IVL, (2003, priv. kom.) har dock visat att torrdepositionsdelen kan vara betydande i mätningarna för bakgrundsvärden. Detta kan innebära en systematisk överskattning av

våtdepositionen baserad på mätningar i öppet fält vilket också skulle påverka kvaliteten i MATCH-Sverige beräkningarna. Ytterligare utvärdering krävs.

Mätningar i de olika atmosfärkemiska stationsnäten görs för en rad olika syften. För att dessa data ska kunna utnyttjas på ett bra sätt i MATCH-Sverige beräkningarna är det viktigt att kvaliteten i data är hög. Hellre något färre stationer med hög kvalitet än många stationer med oklar kvalitet. Genom att kombinera modell och mätdata behövs färre stationer än om enbart mätningar utnyttjas. Det bör dock finnas så många stationer så att de geografiskt storskaliga variationerna inom landet är beskrivna i mätdata. Sverige har t.ex. ett väldigt begränsat stationsnät för luftmätningar med dygnsupplösning. Ytterligare utvärdering krävs.

5.4.1 Känslighetstest avseende utnyttjade atmosfärkemiska mätdata

För att undersöka känsligheten i MATCH-Sverige modellens resultat för valet av luft- och nederbördskemiska stationer har omkörningar gjorts för 9 månader av år 2000. Några av de (troligen) mest felaktiga kemiska mätstationerna inom och utanför Sverige, baserat på bl.a. (Persson, 2002), har uteslutits från dataassimilationen, samtidigt som några tidigare inte utnyttjade luftkemiska stationer i Sverige inkluderades. De atmosfärkemiska stationer som uteslöts var för nederbörd: EMEP-stationerna Vavihill och Bredkälen i Sverige (Aspvreten nedlagd sedan tidigare) och Tustevatn i Norge. För luft uteslöts: EMEP-stationen Tustevatn i Norge. De atmosfärkemiska stationer som inkluderades, efter att inte tidigare ha varit utnyttjade, var: månadsmedelvärden av lufthalter vid de PMK-stationer som utför luftmätningar. Dessa månadsmedelvärden räknades om till varierande dygnshalter baser på dygnsvariationer i lufthalter vid närbelägna EMEP-stationer.

De omkörningar med MATCH-Sverige systemet som sedan utfördes indikerar en minskad totaldeposition av ammoniumkväve till Sverige av storleksordningen 5-10%, men hela minskningen inträffade över Norrland, vilket visar att enstaka felaktiga mätdata som dataassimileras kan ha stor betydelse för slutresultatet. En ännu mer omfattande hård granskning av kvaliteten i mätdata skulle säkerligen kunna förbättra resultaten ytterligare.

Det bör observeras att de i denna studie redovisade årsresultaten för år 2000 baseras på de den ursprungliga uppsättningen av atmosfärkemiska stationer för data-assimilation där de svenska EMEP-stationerna ingår.

5.5 Jämförelse mellan MATCH-Sverige och EMEP modellens resultat

Det är värdefullt att jämföra olika modellers resultat, se t.ex. (Persson and Bergström, 2001), där jämförelser görs för depositionen över Sverige mellan den äldre EMEP-modellen och MATCH-Sverige modellen. De jämförelserna visar att MATCH-Sverige beräkningarna ger större, för ammoniumkväve nästan dubbelt så stor, totaldeposition till Sverige som den gamla EMEP-modellen.

Vi gör i den här studien jämförelser mellan resultaten från MATCH-Sverige och EMEP's nya reviderade 'Unified EMEP Eulerian model', som dessutom baseras på reviderade emissionsdata (EMEP, 2003). Dessa jämförelser visar att de båda

modellerna stämmer väl överens för flertalet parametrar, betydligt bättre än tidigare jämförelser. Hittills har endast resultat från år 2000 publicerats för den nya reviderade EMEP-modellen, men det är speciellt intressant att göra denna jämförelse eftersom en omfattande revision har gjorts avseende såväl modell som emissionsdata. I tabell 3 framgår jämförande data mellan MATCH-Sverige och EMEP's nya reviderade 'Unified EMEP Eulerian model'.

För total svaveldeposition till Sverige ger MATCH-Sverige 5% större värden än EMEP, vilket är en mycket god överensstämmelse och betydligt bättre än för tidigare år. För Sveriges bidrag till den egna depositionen ger MATCH-Sverige 10% lägre svaveldeposition trots att EMEP inte inkluderar sjöfartsbunkring i de svenska emissionerna. Sjöfartsbunkringen emitteras dock till stor del i farleder relativt långt från svenskt landområde och påverkar inte depositionen till Sverige proportionellt i lika hög grad som den svenska emissionen på land.

Total deposition av oxiderat kväve till Sverige är enligt MATCH-Sverige lägre än den som EMEP-modellen ger, vilket är i motsats till tidigare år som beräknades med den äldre EMEP-modellen. MATCH-Sverige ger för år 2000 ca 15% lägre värden än EMEP. För Sveriges bidrag till den egna depositionen ger dock MATCH-Sverige ca 35% större deposition av oxiderat kväve än vad EMEP-modellen ger. Det kan dock till en del förklaras av att sjöfartsbunkring ingår i de svenska emissionerna i MATCH-Sverige men inte i EMEP-beräkningarna.

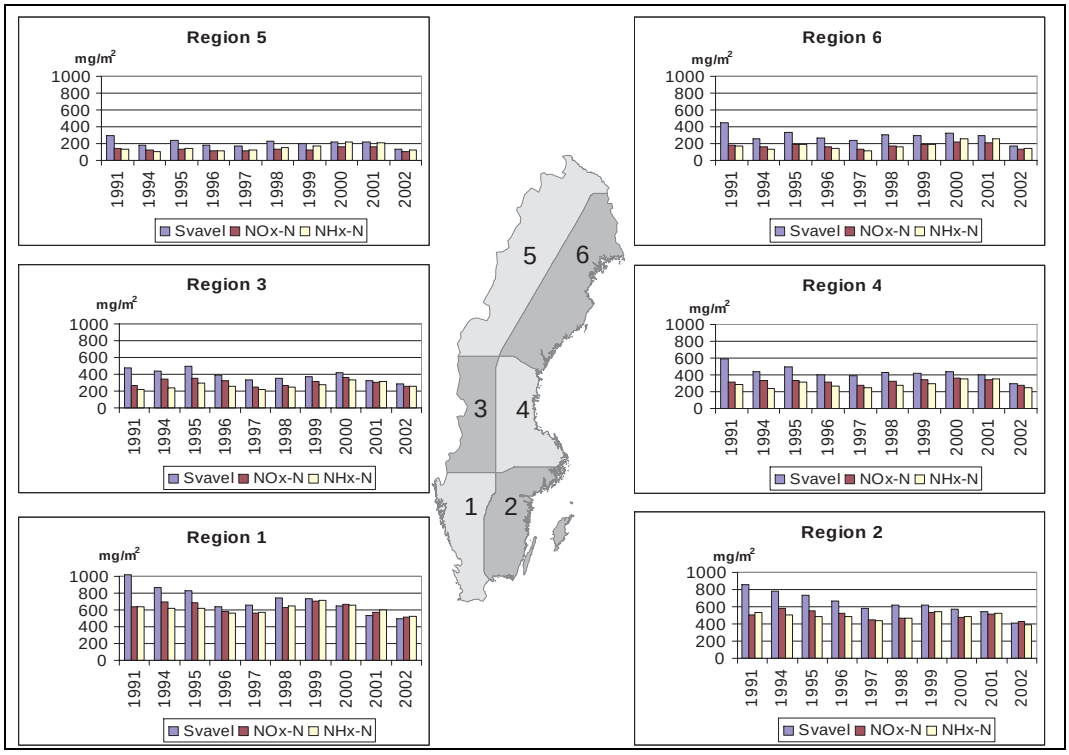
För total deposition av reducerat kväve till Sverige är skillnaderna stora, men betydligt mindre än för tidigare år. MATCH-Sverige ger för år 2000 ca 50% större totaldeposition till Sverige jämfört med EMEP-modellen. För Sveriges bidrag till den egna depositionen är dock MATCH-Sverige värdet endast 10% större än EMEP's resultat och i detta fall finns ingen påverkan från sjöfartsemissioner. Resultaten tyder på att den största delen av skillnaden i totaldeposition härstammar från olikheter i beräknad halt i luft och nederbörd som orsakas av den långväga förorenings-transporten. Skillnaderna är speciellt stora för Norrland och där är tillgången på mätdata för dataassimilation i MATCH-Sverige beräkningarna bristfällig (Sverige har ingen EMEP-station norr om Jämtland och den norska stationen Tustevatn har bristande representativitet enligt vår egen utvärdering).

I Appendix 2 redovisas några resultat från MATCH-Europa, dvs beräkningar där MATCH-modellen körts för hela Europa på samma sätt som EMEP-modellen görs. Även de beräkningarna är gjorda för data avseende år 2000 och intressanta jämförelser görs mellan de i tabell 3 angivna värdena för MATCH-Sverige och EMEP samt nya resultat från MATCH-Europa beräkningar. Resultat har framtagits i ett pågående examensarbete av Frida Bender vid Meteorologiska Institutionen Stockholms Universitet (MISU).

6 FÖRSÖK TILL TRENDANALYS

Ett försök till trendanalys har gjorts för data avseende åren 1991, 1994-2002 avseende totaldeposition av svavel, NO_x-kväve och NH_x-kväve. I analysen har Sverige delats upp i 6 regioner, se figur 15, och medeldepositionen inom respektive region visas årsvis. Det framgår att depositionen av svavel (exkl. havssalt) minskade

under perioden inom samtliga regioner. Minskningen var i absoluta tal störst för sydvästra Sverige, ca 500 mg S/år vilket innebär en minskning med 50%. Resterande delar av Götaland och Svealand beräknas ha fått ungefär motsvarande relativa minskning. För Norrland beräknas minskningen av svaveldepositionen till ca 55%. Depositionen av oxiderat kväve och ammoniumkväve har enligt denna sammanställning inte minskat alls lika mycket som för svavel. Över landet som helhet har minskningen av depositionen av såväl oxiderat kväve som ammoniumkväve varit ca 15% för den studerade perioden. Reduktionen av NO_x-kväve depositionen har, liksom för svavel, varit störst över Norrland, medan NH_x-kväve depositionen har reducerats mest över södra Sverige enligt dessa data. Vi kan också konstatera att i början av 1990-talet var svaveldepositionen nästan dubbelt så stor som vart och ett av NO_x-kväve och NH_x-kväve depositionsvärdena, uttryckt i mg/m^2 av svavel eller kväve, medan förhållandet några år in på 2000-talet är att alla de tre depositionsvärdena numeriskt är ungefär lika stora. Detta gäller hela landet.



Figur 15. Trender för åren 1991, 1994-2002 utförda för sex regioner i Sverige. Modellresultaten för de olika åren baseras på olika modellversioner, och resultaten måste därför ses som preliminära.

Resultatet från trendanalysen måste dock ses som preliminära, eftersom brister i kvaliteten för några av de utnyttjade atmosfärkemiska stationernas data har identifierats (Persson, 2002) och (Persson och Magnusson, 2003) och olika versioner av MATCH-Sverige modellen har utnyttjats för de olika åren. För att få en mer tillförlitlig trendanalys krävs att en enhetlig metodik används för preparering av samtliga års meteorologiska indata, den senaste versionen av MATCH-Sverige modellen används för samtliga år samt att en noggrann kvalitetskontroll görs för samtliga år av de atmosfärkemiska data som utnyttjas. Därmed skulle ett konsistent och helt jämförbart datamaterial för hela tidsperioden kunna erhållas.

7 MILJÖMÅLEN

De nationella miljömål som berörs i studierna med MATCH-Sverige modellen är 'Bara naturlig försurning' (Naturvårdsverket Rapport 5317, 2003), 'Ingen övergödning' (Naturvårdsverket rapport 5319, 2003) och i viss mån luftkvalitet i urban miljö.

Den sammanställning av Sveriges emissionsdata, som framgår av tabell 1, anknyter till de delmål som satts upp. Det bör dock observeras att emissioner från bunkringsoljor som sålts i Sverige för sjöfart och flyg inte ingår i delmålen, vilket i sin tur innebär att t.ex. den internationella färjetrafiken, där betydande emissioner sker inom svenskt territorialvatten, inte är inkluderade i delmålen. För NO_x-utsläppen utgör de angivna värdena för bunkringen hela 38% av den övriga svenska emissionen. I enlighet med gällande regler för internationell utsläppsstatistik är dock den internationella sjöfartens utsläpp numera inte medräknade i redovisningen av svenska emissioner.

Redovisningen av depositionen av försurande svavelföreningar visar på en påtaglig minskning sedan början av 1990-talet, ca 50% enligt trendanalysen ovan. Depositionen av försurande och övergödande kväve till skog och mark samt sjöar och havsbassänger i Sverige och Sveriges närområde har däremot minskat betydligt mindre än svaveldepositionen, i genomsnitt ca 15% sedan början av 1990-talet. De med MATCH-Sverige kartlagda depositionerna till olika vegetations- och marktyper samt vattenytor kan också utnyttjas i miljömålsarbetet och ligga till grund för effektstudier relaterade till miljömålen, t ex vid beräkningar av kritisk belastning för skogsmark och vatten.

De kartlagda regionala föroreningshalterna i luft kan utnyttjas som bakgrundsvärden för miljömålsarbete relaterat till luftkvalitet i urban miljö.

Referenser

Alexandersson, H., 2002: Styr NAO-index vårt klimat? Bottniska viken 2002. Årsrapport från den marina miljöövervakningen.

Brender, F., 2004: Pågående examensarbete vid MISU, våren 2004.

Chamberlain, A. C. och Chadwick, R. C., 1965: Transport of iodine from atmosphere to ground. *Tellus*, 18, 226-237.

EEA, 2002: Annual European Community CLRTAP emission inventory 1990-2000 EEA Technical Report No 91.

EMEP, 2003: Transboundary acidifiation, eutrophication and ground level ozone in Europe. Status Report 1/2003, Part III.

Ferm, M., 2003: Privat kommunikation.

Foltescu, V. L., och Persson, C., 2001: Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998. SMHI Meteorologi Nr. 98.

Granat, L. ,1988: Luft- och nederbördskemiska stationsnät inom PMK, Naturvårdsverket Rapport 3649.

Graziani, G. S. Galmarini and Mikkelsen T. (2000) *RTMOD: Real-Time MODel Evaluation*. JointRisø-Report-1174(EN)/JRC-Ispra Report TN.I.00.11. ISBN 87-550-2682-6 87-550-2687-7

Häggmark, L., Ivarsson, K.-I., Gollvik, S., och Olofsson, P.-O., 2000: Mesan, an operational mesoscale analysis system. *Tellus*, **52**, 2-20.

Klein T., Bergström, R., Persson, C., 2002: Parameterization of dry deposition in MATCH. SMHI Rapport Meteorologi 100.

Naturvårdsverket, 2003: Bara naturlig försurning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Naturvårdsverket Rapport 5317.

Naturvårdsverket, 2003: Ingen övergödning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Naturvårdsverket Rapport 5319.

Persson, C., Langner, J. och Robertson, L. , 1995: Regional spridningsmodell för Sverige. Regional luftmiljöanalys för år 1991. Naturvårdsverket, Rapport 4386.

Persson C., Ullerstig A., Robertson L., Kindbom K. och Sjöberg K., 1996: The Precipitation Chemistry Network – Studies in network design using the MATCH modelling system and statistical methods. SMHI RMK 72.

Persson C. och Bergström R., 2001: Atmospheric transport model studies for Sweden – Comparison to EMEP model results and evaluation of precipitation chemistry networks. *Air Pollution Modeling and Its Application XIV*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

Persson C., 2002: Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata som dataassimileras i MATCH-Sverige modellen. SMHI Rapport Meteorologi 105.

Persson C. och Magnusson M., 2003: Kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom svenska nederbördskemiska stationsnät. SMHI Rapport Meteorologi 108.

Robertson, L., Langner, J., och Engardt, M., 1999: An Eulerian limietd-area atmospheric transport model. *J. Appl. Meteor*., **38**, 190-120.

Tørseth, K., Berg, T., Hanssen, J. E. och Manø, S. 1999: Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfärisk tillførsel, 1998. NILU Rapport nr. 768/99.

APPENDIX 1

Tabellerna är hämtade ur SMHI's RMK Rapport No 100 (T. Klein, R. Bergström, C.Persson, 2002).

Tabell 1. Beräknade/antagna resistensvärden för beräkning av torrdeposition av partiklar i MATCH - modellen. Siffror inom parantes är resistens för viskösa gränsskiktet under månaderna april till September.

aerodynamic resistance $r_a = \frac{1}{ku_{*l}}\left[\ln\left(\frac{z-d}{z_{0,l}}\right) - \Psi_h\left(\frac{z-d}{L_l}\right) + \Psi_h\left(\frac{z_{0,l}}{L_l}\right)\right]$										
viscous sub-layer resistance r_b [s/m]										
species	pasture	arable	beech oak	deci-duous	spruce	pine	wetland	mountain	urban	sea
$\left\{\begin{matrix}SO_4^{2-}\\NO_3^{-}\\NH_4\end{matrix}\right\}$	1000	1000	600 (200)	600 (200)	200	200	800	800	1000	2000
$\left\{\begin{matrix}Ca^{2+}\\Mg^{2+}\\Na^{+}\end{matrix}\right\}$	300 (200)	300 (200)	250 (125)	250 (125)	125	125	250	250	250	333
K^+	800 (500)	800 (500)	333 (167)	333 (167)	167	167	333	333	500	1000

Tabell 2. Alternativa lägre värden för b r (värden för sommarmånaderna inom parantes).

viscous sub-layer resistance r_b [s/m]										
species	pasture	arable	beech oak	deci-duous	spruce	pine	wetland	mountain	urban	sea
$\left\{\begin{matrix} SO_4^{2-} \\ NO_3^{-} \\ NH_4 \end{matrix}\right\}$	800 (400)	800 (400)	300 (180)	300 (180)	180	180	800 (400)	800 (400)	500	1000
$\left\{\begin{matrix} Ca^{2+} \\ Mg^{2+} \\ Na^{+} \end{matrix}\right\}$	300 (80)	300 (80)	60 (30)	60 (30)	30	30	250 (125)	250 (125)	250	333
K^+	600 (200)	600 (200)	120 (80)	120 (80)	80	80	600 (300)	600 (300)	600	700

Tabell 3. z0-värden (m) använda i MATCH modellen för vintermånaderna (oktober – mars) och sommarmånaderna (april – september).

season	pasture	arable	beech oak	deciduous	spruce	pine	wetland	mountain	urban	sea
Oct – Mar	0.02	0.01	0.5	0.3	2.0	2.0	0.1	0.03	2.0	0.01
Apr – Sep	0.04	0.1	2.0	2.0	2.0	2.0	0.3	0.03	2.0	0.01

Tabell 4. Beräknad aerodynamisk resistans och resistens för viskösa gränsskiktet för gaser.

aerodynamic resistance $r_a = \frac{1}{ku_{*l}}\left[\ln\left(\frac{z-d}{z_{0,l}}\right) - \Psi_h\left(\frac{z-d}{L_l}\right) + \Psi_h\left(\frac{z_{0,l}}{L_l}\right)\right]$				
viscous sub-layer resistance r_b				
open (ice-free) water		ice-covered water, land		
$r_b = \frac{1}{ku_{*l}}\ln\left(\frac{z_{0,sea}}{D_i}ku_{*l}\right)$		$r_b = \frac{2}{ku_{*l}}\left(\frac{Sc}{Pr}\right)^{\frac{2}{3}}$		
	SO_2	NO_2	HNO_3	NH_3
D_i	0.11 E-4	0.13 E-4	0.11 E-4	0.21 E-4
$(Sc/Pr)^{2/3}$	1.34	1.19	1.34	0.87

Tabell 5. Beräknad/antagen ytresistens (s/m) för gaser.

surface resistance r_s						
land /sea ice with snow cover (snow depth exceeding 5 cm)						
NO_2	NO	HNO_3		SO_2, NH_3		
2000	1.E6	$T < 268$K	$T \geq 268$K	$T < 272$K	$272K \leq T < 274$K	$T \geq 274$K
		50	10	500	$70 \cdot (2 - T + 273.15)$	70
no snow cover						
chem. Comp.	sea		urban		other	
	sea ice	open water	wet	dry	$r_s = [(r_{inc} + r_{soil})^{-1} + r_{ext}{}^{-1} + (r_{stom} + r_m)^{-1}]^{-1}$	
SO_2, NH_3	500	10	10	1000		
NO_2	5000	9999	9999	1000		
HNO_3	50	10	10	10		

Tabell 6. Antagen resistens för gaser i vegetation.

in-canopy resistance $r_{inc} = \frac{b\ LAI\ h}{u_{*l}}$										
$b\ LAI\ h$ (dimensionless)										
month	pasture	arable	beech oak	deciduous	Spruce	pine	wetland	mountain	urban	sea
Dec – Mar	0	0	280	280	1400	1400	28	14	0	0
Apr	0	0	280	280	1400	1400	56	56	0	0
May	7	14	560	560	1400	1400	56	56	0	0
Jun	21	42	1120	1120	1400	1400	56	56	0	0
Jul – Aug	35	70	1400	1400	1400	1400	56	56	0	0
Sep	21	42	840	840	1400	1400	56	56	0	0
Oct – Nov	0	0	280	280	1400	1400	56	56	0	0

Tabell 7. Antagen markytsresitens (s/m) för gaser.

soil resistance r_{soil}			
chemical component	$T \leq 273$K	$T > 273$K	
		Wet	dry
NO_2	2000	9999	1000
HNO_3	10	10	10
SO_2	500	10	500
NH_3	500	10	100
NO	1.E6		

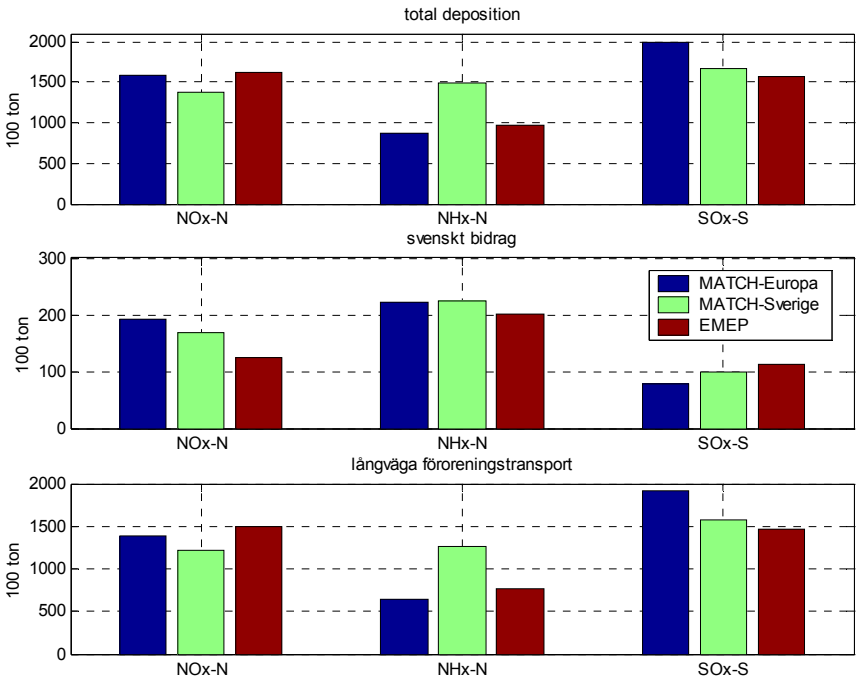
Tabell 8. Beräknade/antagna värden för extern resistens (s/m) för gaser.

<table>
<tr><td colspan="6">external resistance r_{ext}</td></tr>
<tr><td colspan="6">no vegetation: 1.E6</td></tr>
<tr><td colspan="6">vegetation:</td></tr>
<tr><td rowspan="4">SO_2</td><td colspan="5">Original Erisman et al. (1994) parameterization:</td></tr>
<tr><td>wet
$r_{ext} = 1\,\mathrm{s/m}$</td><td colspan="2">humid ($RH \geq 81{,}3\%$)
$r_{ext} = 0.58 \cdot 10^{12} \cdot e^{(-0.278 * RH)}$</td><td colspan="2">dry
$r_{ext} = 25000 \cdot e^{(-0.0693 * RH)}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">$268.15\mathrm{K} \leq T < 272.15\mathrm{K}$
$r_{ext} = 200\,\mathrm{s/m}$</td><td colspan="2">$T < 268.15\mathrm{K}$
$r_{ext} = 500\,\mathrm{s/m}$</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modification of the above scheme (“modified Erisman scheme”):
Same as above but with a lower boundary of $r_{ext} = 10\,\mathrm{s/m}$.</td></tr>
<tr><td>NO</td><td colspan="5">1.E6</td></tr>
<tr><td>HNO_3</td><td colspan="5">10.</td></tr>
<tr><td>NO_2</td><td colspan="3">wet
2000</td><td colspan="2">Dry
1000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NH_3</td><td rowspan="2">$T < 268\mathrm{K}$
500</td><td rowspan="2">$268\mathrm{K} \leq \mathrm{T} \leq 272\mathrm{K}$
200</td><td colspan="2">$T > 272\mathrm{K}$</td></tr>
<tr><td>$PAR > 150\,\mathrm{W/m^2}$
2000</td><td>$PAR \leq 150\,\mathrm{W/m^2}$
20</td></tr>
</table>

APPENDIX 2

Frida Bender
Meteorologiska Institutionen Stockholms Universitet (MISU)

I ett pågående examensarbete används MATCH-modellen på europaskala (MATCH-Europa) baserad på emissionsdata från hela Europa (EMEP expert emissions) för att studera spridning av föroreningar i Europa. MATCH-Europa beräknar transport, kemiska transformationer och slutligen deposition, utan att använda någon form av dataassimilation för atmosfärskemiska data. MATCH-Europa körs alltså på samma sätt och med utnyttjande av samma emissionsdata som EMEP-modellen. Figuren nedan visar preliminära resultat av en jämförelse mellan föroreningsdepositionen i Sverige under år 2000, beräknad med MATCH-Europa, MATCH-Sverige och ”Unified EMEP Eulerian model”. Staplarna för MATCH-Sverige och EMEP visar de värden som ges i tabell 3 (avsnitt 4.6 ovan) och som diskuteras i avsnitt 5.4.



Arbetet utförs av Frida Bender vid Meteorologiska institutionen vid Stockholms universitet (MISU) och beräknas vara klart i juni 2004. I examensarbetet kommer en detaljerad redovisning av MATCH-Europa beräkningarna samt vidare jämförelser mellan MATCH-Europa, EMEP och MATCH-Sverige att ingå.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	**Publiceras sedan**
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

1985

1 Hagmarker, A. (1985)
Satellitmeteorologi.

2 Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S. (1985)
Helsingborgsluft.

3 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för av fallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen.

4 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för SUPRAs anläggningar i Köping.

5 Andersson, C., Kvick, T. (1985)
Vindmätningar på tre platser på Gotland. Utvärdering nr 1.

6 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för Ericsson, Ingelstafabriken.

7 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för olika plymlyft vid avfallsvärmeverket Sävenäs.

8 Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985)
NO_x- och NO_2-beräkningar vid Vasaterminalen i Stockholm.

9 Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika.

10 Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985.

11 Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö.

12 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Sofielund.

13 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Högdalen.

14 Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm.

15 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla.

16 Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar).

17 Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och deposition från SWEDSPANs spånskivefabrik.

18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-kombinatet i Nynäshamn – depositions-beräkningar av koldamm.

19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.

20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energicentralen.

21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikerna.

22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.

23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.

24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.

25 Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.

26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.

27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av yttemperatur.

1986

1 Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 3/1985.

2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.

3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.

4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.

5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.

6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning vid Ryaverken i Borås.

7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från trafiken.

8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan.

9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.

10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för Halmstads avfallsförbränningsanläggning vid Kristinehed.

11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.

12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska prognoser på SMHI (i princip rapporten till ECMWF).

13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 4/1985.

14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.

15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärmeverk i Sundbyberg.

16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas fjärrvärmecentral i Hovhult.

17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från ett antal källor inom SSAB Luleåverken.

18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.

19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.

20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tibro.

21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartals-rapport 1/1986.

22 Kvick, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången på några platser i Halland och Bohuslän.

23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartals-rapport 2/1986.

24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)
Tjernobylolyckan - En meteorologisk analys av hur radioaktivitet spreds till Sverige.

25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Spendrups bryggeri, Grängesberg.

26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av vindenergitillgången på några platser i Skåne.

27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.

28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn, SSAB II.

29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo Hallsbergverken.

30 Fredriksson, U. (1986)
SO_2-halter från Hammarbyverket kring ny arena vid Johanneshov.

31 Persson, Ch., Robertson, L., Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB - Luleå-verken.

32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs planerade bilfabrik i Malmö.

33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för svavelsyrafabrik i Falun.

34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamns-verket HKV1 i Helsingborg.

35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i Stockholmsområdet.

36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.

37 Vakant nr.

38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil.

39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från Ropstens värmepumpverk.

40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön.

41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986) använda konvektionsprognoshjälpmedel.

42 Krieg, R., Kvick, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.

43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.

44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanvätehalter.

45 Kvick, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och havsband, rapport nr 2.

46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.

47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs fabrik i Landskrona.

48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga.

49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken.

50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm.

51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås.

52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI.

53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåtteknik, Ronneby.

54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperaturobservationer.

55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.

56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun.

57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.

58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.

59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.

60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO_2, CO, NO_x samt några kolväten.

61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.

62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.

63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.

64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åetå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.

65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.

66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar.

67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.

68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping.

69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. Tillämpning på ett energiskogsområde.

70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.

71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. En koefficientbestämning.

72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).

73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.

74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence.
A review for forecasts.

75 Källberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska processer i numeriska prognosmodeller.

76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige
1881 - 1988.

77 Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för korrektion av nederbördsmängder.

78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med avseende på väderprognoser och produktion av bränsletorv.

79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.

80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution situation in the Baltic states - a prefeasibility study.
IVL Publikation B 1038.

81 Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler.

82 Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårflödesprognoser.

83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm 1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter och urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.

84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90 av globalstrålning och solskenstid i Sverige.

85 Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)
Några huvuddrag i det svenska temperatur-klimatet 1961 - 1990.

86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och manuella fältmätningar av temperatur och nederbörd.

87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström, C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska nederbördsklimatet 1961-1990.

88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden - en översikt.

89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J., Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R. (SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbördskemi 1996.

90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält med griddad klimatologisk information.

91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G. (1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying LOW CLOUDS

92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe, A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6 μm imagery for snow, cloud and sunglint discrimination
(Nowcasting SAF)

93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU
(Nowcasting SAF)

94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson (1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till luft - Förstudie.

95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI)
Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground Contamination Associated with Nuclear Weapons. An Emergency Preparedness Model.

96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K., (IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbördskemi 1997, 1998 och 1999.

97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.

98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998.

99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler - utgåva 2.

100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR.

101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the MESA-BETA analysis compared to measured global radiation.

102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM_{10} och NO_2

103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning
– analys av PM2.5 data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller.

104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860 - 2001

105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata som utnyttjas för dataassimilation i MATCH-Sverige modellen".

106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during the 2001 Oden Arctic expedition

107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products feasibility study in the inner Arctic region.
Part II: Evaluation of the variability in radiation and cloud data

108 Magnusson, M., Persson, Ch., (2003)
Kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom svenska nederbörskemiska stationsnät

109 Omstedt, G., Persson Ch., Skagerström, M (2003)
Vedeldning i småhusområden

110 Alexandersson, H., Vedin, H. (2003)
Dimensionerande regn för mycket små avrinningsområden

111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik

112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP
Validating the AVHRR Cloud Top Temperature and Height product using weather radar data
Visiting Scientist report

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping · Tel 011-495 8000 · Fax 011-495 8001
www.smhi.se

ISSN 0283-7730