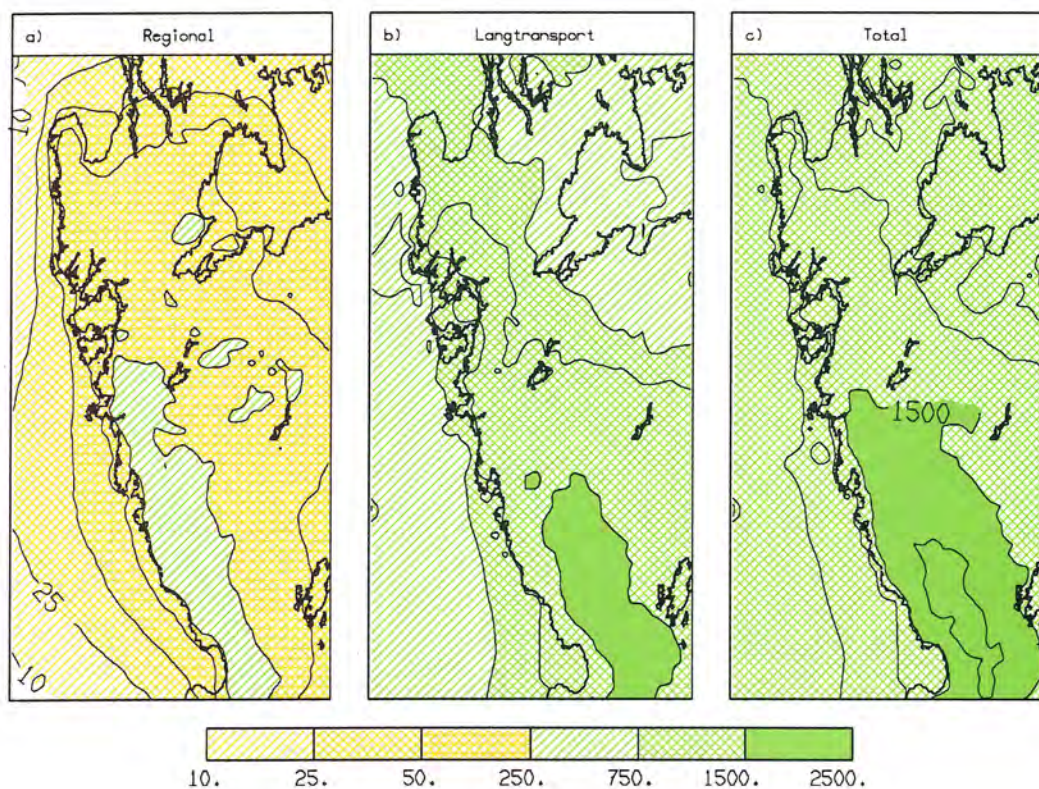




REGIONAL SPRIDNINGSMODELL FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN

Regional luftmiljöanalys för år 1991

Christer Persson, Joakim Langner
och Lennart Robertson

**REGIONAL SPRIDNINGSMODELL FÖR
GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN**

Regional luftmiljöanalys för år 1991

**Christer Persson, Joakim Langner
och Lennart Robertson**

På uppdrag av länsstyrelserna i Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län
Norrköping april 1994

Omslagsbild: Deposition (mg N/m^2) till västkustområdet av oxiderat plus reducerat
kväve under 1991: a) NOP regionalt, b) långtransport, c) totalt.

Cover: Deposition (mg N/m^2) of oxidized plus reduced nitrogen to the Swedish west-
coast region during 1991: a) regional contribution, b) long range transport, c) total.

Issuing Agency SMHI S-601 76 NORRKÖPING Sweden		Report number RMK No. 65	
		Report date April 1994	
Author (s) Christer Persson, Joakim Langner and Lennart Robertson			
Title (and Subtitle) A mesoscale air pollution dispersion model for the Swedish west-coast region - Air pollution assessments for the year 1991.			
Abstract MATCH-Västkusten is a dispersion model for the three counties of Göteborg-Bohus, Halland and Älvsborg on the Swedish west-coast. MATCH stands for "Mesoscale Atmospheric Transport and CHemistry model" and is an Eulerian atmospheric dispersion model, including physical and chemical processes governing sources, atmospheric transport and sinks of oxidized sulphur and oxidized and reduced nitrogen. Using the MATCH-Västkusten system, air pollution contributions from different source types like traffic, industry, shipping, farming etc. can be obtained. Using a combination of air and precipitation chemistry measurements and the MATCH-Västkusten model, also the contribution of air pollution and deposition from long range transport can be quantified in the model region. In the report, many results from the air pollution assessment studies for the year 1991 are presented. As examples of result can be mentioned that the sources within the west-coast region account for a substantial fraction of the total NO₂-concentration, while the deposition of sulphur and nitrogen is dominated by the long range transport. Detailed values of the different contributions are given in the report.			
Key words Swedish west-coast, air pollution, deposition, sulphur, oxidized nitrogen, reduced nitrogen, mesoscale, modelling, long range transport.			
Supplementary notes		Number of pages 76	Language Swedish, captions also in English.
ISSN and title 0347-2116 SMHI Reports Meteorology and Climatology			
Report available from: SMHI S-601 76 NORRKÖPING Sweden			

REGIONAL SPRIDNINGSMODELL FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN

Regional luftmiljöanalys för år 1991

INNEHÅLL

	<u>Sid.</u>
SAMMANFATTNING	1
1. INLEDNING	2
2. UTSLÄPPSDATA	3
3. METEOROLOGISKA ANALYSER	7
4. FÖRORENINGSMÄTNINGAR	9
4.1 Dygnsstationer för bakgrundsmätningar	9
4.2 Månadsstationer för bakgrundshalter	11
4.3 Referensstation för tätortshalter	11
5. SPRIDNINGSMODELL FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN	11
5.1 Modellbeskrivning	11
5.1.1 Emissioner	12
5.1.2 Kemi	14
5.1.3 Fysiografi (markanvändning)	14
5.1.4 Deposition	14
5.1.5 Långtransport av luftföroreningar	16
5.2 Jämförelser mellan beräknade och uppmätta föroreningshalter	16
5.2.1 Göteborg	18
5.2.2 Landsbygd	19
6. LUFTMILJÖANALYS FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN	19
6.1 Databas för resultatredovisning på arbetsstation	19
6.2 Sammanfattande resultatredovisning	20
6.2.1 NOP-länens föroreningsbidrag	20
6.2.2 Jämförelse mellan NOP-länens bidrag, långtransport och total föroreningsbelastning	20
6.2.3 Delbidrag från olika källtyper inom NOP-länen	23
6.2.4 Budgetberäkningar för luftföroreningar	23
7. NÅGRA SYNPUNKTER PÅ FRAMTIDA LUFTMILJÖSTUDIER	25
7.1 Föroreningsmätningar	25
7.2 Modellberäkningar	26
REFERENSER	27

Bilaga 1: Nödvändig minskning av svavelbelastningen.

SAMMANFATTNING

MATCH-Västkusten är en regional spridningsmodell för Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län. Modellen, som utvecklats av SMHI på uppdrag av länsstyrelserna i de tre västkustlänen, skall vara ett redskap i det framtida regionala luftmiljöarbetet. MATCH, som står för "Mesoscale Atmospheric Transport and CHemistry model", är ett system för regional spridningsmodellering, som kan tillämpas för olika områden och med varierande geografisk upplösning. I det här fallet har en detaljerad anpassning av MATCH-systemet gjorts till västkustregionen.

Med hjälp av modellen kan beräkningar göras av t ex svavel- och kvävenedfallet inom olika delar av regionen, och detta kan sedan sättas i relation till kritiska belastningsgränser för hur mycket naturen tål. Därmed fås ett bra underlag för planering av nödvändiga åtgärder, som att införa utsläppsbegränsningar eller bestämma kalkningsbehov för skogar eller vattendrag. Andra frågor, som skall kunna besvaras, är t ex: Hur stor del av föroreningarna kommer från utlandet? Hur mycket bidrar den egna industrin med? Ger den tunga trafiken större bidrag än jordbruket? Vilka effekter får olika samhällsbeslut på luftmiljön - nu och i framtiden?

I modellen görs beräkningar av spridning, torrdeposition, våtdeposition och kemiska reaktioner mellan följande kemiska föreningar: svaveldioxid (SO_2), ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ och NH_4HSO_4), övriga sulfatpartiklar (SO_4^{2-}), kväveoxid (NO), kvävedioxid (NO_2), ammoniumnitrat (NH_4NO_3), andra nitratpartiklar (NO_3^-), salpetersyra (HNO_3) och ammoniak (NH_3). En lokal anpassning av O_3 -halten inom modellområdet görs också.

Emissionsdata, som utnyttjats vid beräkningarna, har tagits fram genom ett samarbete mellan myndigheter inom de tre länen. Den databashanterare, som utnyttjats, har utvecklats av Indic AB.

De meteorologiska analyser, som ligger till grund för spridningsberäkningarna, bygger på data från ett stort antal meteorologiska stationer och mätmaster. De erhållna analyserna utnyttjas därefter till att driva själva spridningsmodellen, varvid simuleringar av koncentration i luft och deposition i mark, vatten och vegetation av föroreningar emitterade inom de tre västkustlänen kan erhållas.

Med hjälp av modellberäkningarna, som kombineras med mätdata från sex stycken bakgrundsstationer för föroreningsmätningar i luft och nederbörd, kan även den långväga föroreningstransporten från källor utanför Sverige kvantifieras inom olika delar av modellområdet. Metodiken innebär, att den höga upplösningen i MATCH-Västkusten ger en geografiskt mycket mer detaljerad tolkning av den långväga föroreningstransportens betydelse, än vad direkta beräkningar på europaskala kan ge. De föroreningsstationer, som utnyttjas, drivs av Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL), Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) och Statens Lantbruksuniversitet (SLU).

MATCH-Västkusten har hittills utnyttjats för en luftmiljöanalys för år 1991. Koncentrationer i luft och deposition till mark, vegetation och vatten har beräknats för oxiderade svavelföreningar, oxiderade och reducerade kväveföreningar och kolväten. Långtransportens betydelse, betydelsen av de tre västkustlänen egna utsläpp samt betydelsen av

delbidrag från olika källtyper inom länen har beräknats. Följande delbidrag har hittills studerats: tung trafik, personbilstrafik, tung trafik Göteborg, personbilstrafik Göteborg, industri, energiproduktion, sjöfart, jordbruk, skogsbruk, arbetsfordon, Göteborg totalt, Stenungsund totalt, Scanraff totalt och hushåll. I takt med att emissionsdata förnyas eller att olika framtidsscenarioer skall studeras kan givetvis nya beräkningar göras.

Några exempel på resultat: Av miljöanalysen för år 1991 framgår att NOP-länens bidrag till SO_2 -, NO_2 - och NH_3 -halten i luft är av ungefär lika stor betydelse som den långväga transportens bidrag, även om den geografiska fördelningen givetvis varierar. För depositionen är däremot långtransportbidragen helt dominerande. Den totala årliga svaveldepositionen är i södra delen av modellområdet ca 1 500 mg S/m² och i den norra delen ca 800 mg S/m², NOP-bidraget utgör endast ca 5 %. Depositionen av oxiderat kväve är i de södra delarna ca 1 000 mg N/m² och i de norra delarna ca 550 mg N/m² med ett bidrag från NOP-länens källor i storleksordningen 10 %. För deposition av reducerat kväve har NOP-länens egna källor något större betydelse, ca 20 %, och totalvärdena är ca 900 mg N/m² i södra och ca 370 mg N/m² i norra delen av modellområdet.

Samtliga resultat avseende dygnsvärden, månadsvärden och årsvärden från luftmiljöstudien för 1991 finns tillgängliga på arbetsstationer, som finns hos uppdragsgivarna, för vidare bearbetning och presentation. I samband med beräkningarna har ett omfattande arbete lagts ner på att verifiera modellresultaten mot uppmätta halter och kvalitetssäkra det framtagna materialet.

1. INLEDNING

SMHI har utvecklat ett modellsystem för regional spridning av luftföroreningar, benämnt MATCH (Mesoscale Atmospheric Transport and Chemistry model). Inom ramen för detta system har, på uppdrag av länsstyrelserna i Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län (NOP-län), en regional spridningsmodell, MATCH-Västkusten (Västkustmodellen) för de tre västkustlänen tagits fram. En detaljerad anpassning av MATCH-systemet har i det här fallet gjorts till västkustregionen. Västkustmodellen är en vidareutveckling av den sedan några år utnyttjade Skånemodellen (se Persson, Robertson och Backström, 1991 samt Persson, Langner och Robertson, 1992). MATCH-systemet, med tillämpningar för bl a Västkusten, har dessutom redovisats vid 20th International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application (Persson, Langner and Robertson, 1993).

De föroreningskomponenter, som inkluderats i denna studie är olika former av SO_x -svavel, NO_x -kväve och NH_x -kväve. De viktigaste kemiska reaktionerna för dessa ämnen har inkluderats. Dessutom ingår studier av kolvätehalten över regioner.

Förklaringen till några fackuttryck finns i bilaga 2.

2. UTSLÄPPSDATA

För de tre västkustlänen gemensamt har en emissionsdatabas (EDB-Väst) byggts upp. Den databashanterare, som används, har tagits fram av Indic AB och bl a genom länsstyrelsernas försorg utvecklats vidare inom ramen för detta projekt. GF Konsult AB har på uppdrag av länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län och i samarbete med en arbetsgrupp med representanter för de olika länen, Göteborgsregionen och Miljö- och Hälsoskydd i Göteborg, arbetat med att bygga upp den gemensamma databasen och samla in indatamaterial. I en rapport, "Emissionsdatabas för Västkusten", har GF Konsult beskrivit innehållet i EDBn, varför endast en kort översikt över utnyttjade indata ges nedan.

Syftet med den ovan angivna emissionsdatabasen för NOP-länen är bl a att den skall kunna utnyttjas som indata till SMHI:s regionala spridningsmodell MATCH-Västkusten och flera andra spridningsmodeller på olika geografiska skalor, som används inom de tre västkustlänen. Extraktionen av emissionsdata från EDBn till SMHI har gjorts av Miljö- och Hälsoskydd i Göteborg.

De emissionsdata, som utnyttjats i denna studie, avser år 1991. Beräkningar har gjorts för dels västkustlänens totala emissioner, dels för de i tabell 1 redovisade olika källtyperna. Tidsvariationerna av emissionerna månadsvis, för olika veckodagar och för olika tider på dygnet har inkluderats vid spridningsberäkningarna. Det har gjorts dels genom extraktion av emissionsdata för olika månader direkt från EDBn, dels genom att tidsfunktioner för olika källtyper, vilka hämtats från arbetet med EDBn, utnyttjats. Emissionsdata lagrade som linjekällor i EDB-Väst har för MATCH-Västkusten räknats om till ytkällor.

En sammanställning av årsvärden för de olika källtypernas emissioner framgår av tabell 2. I tabell 3 ges en översikt över emissionernas fördelning mellan sommarhalvår och vinterhalvår för de olika källtyper, som studerats.

Tabell 1. Olika källtyper inom NOP-länen, för vilka separata emissionsdata tagits fram.

Table 1. Different source types within the Swedish west-coast area, for which separate emissions have been obtained. The west-coast area = the counties of Halland, Göteborg and Bohus and Älvsborg (NOP-län).

1.	TUNG TRAFIK (exkl. bussar) i NOP-länen.	Vägtrafik kodad som tung trafik exklusive bussar.
2.	PERSONBILSTRAFIK (inkl. bussar) i NOP-länen.	Vägtrafik kodad som annat än under 1.
3.	TUNG TRAFIK (exkl. bussar) i Göteborgs-regionen.	Som 1, men omfattande enbart de områden, vilka är märkta med regionkod "G", d v s enbart Göteborgs-regionens utsläpp.
4.	PERSONBILSTRAFIK (inkl. bussar) i Göteborgsregionen.	Som 2, men omfattande enbart de områden, vilka är märkta med regionkod "G", d v s enbart Göteborgs-regionens utsläpp.
5.	INDUSTRIER (exkl. rena energianläggningar) i NOP-länen.	Alla A-, B-, C- och D-anläggningar undantaget de med MF-kod A41xx, B41xx, C41xx eller D41xx i emissionsdatabasen. Här ingår även bensinstationer.
6.	ENERGIANLÄGGNINGAR, UPPVÄRMNING (el, värme etc.) i NOP-länen.	Alla A41xx-, B41xx-, C41xx- och D41xx-anläggningar i emissionsdatabaser, d v s inklusive de data, som erhållits ur SCBs uppvärmningsregister.
7.	SJÖFART (inkl. fritidsbåtar, arbetsbåtar, arbets- och fiske-skepp, Vänersjöfart, Götaälv-transporter) i NOP-länen.	Omfattar alla typer av sjöfart på såväl hav som insjöar, vattendrag och i hamnar.
8.	JORDBRUK i NOP-länen.	Omfattar arbetsfordon, arbetsredskap och djurhållning inom jordbruket.
9.	SKOGSBRUK i NOP-länen.	Omfattar arbetsfordon och arbetsredskap i skogsbruket.
10.	ARBETSFORDON OCH -REDSKAP (exkl. jord- och skogsbruk) i NOP-länen.	Omfattar alla arbetsfordon och arbetsredskap, som ej ingår i jord- eller skogsbruk.
11.	GÖTEBORGSREGIONEN.	Innefattar samtliga typer av emissioner inom de områden, vilka är märkta med regionkod "G", d v s enbart Göteborgsregionens utsläpp.
12.	STENUNGSUNDS-REGIONEN.	Innefattar samtliga typer av emissioner inom de områden, vilka är märkta med kommunkod "1415" (Stenungsund).
13.	SCANRAFFREGIONEN inkl. hamn.	Omfattar samtliga utsläpp, vilka har ett namn, i vilket namnet "Scanraff" ingår (och ligger inom Lysekils kommun) samt de areakällor från sjöfart (inkl. hamnar), som ligger inom följande geografiska område (10 x 10 km): x-koord: 647000 - 648000; y-koord: 123500 - 124500. I det senare fallet föreligger ingen avgränsning inom kommun (Lysekil och Sotenäs).
14.	HUSHÅLL i NOP-länen.	Omfattar hushåll.

Tabell 2. Totala årsemissioner (ton/år), avseende år 1991, av SO₂, NO_x (som NO₂), NH₃ och VOC för de olika källtyper som studerats. (Enheten gls erhålles genom att dividera med 31.54).

Table 2. Total annual emissions (tons/year), for the year 1991, for SO₂, NO_x (as NO₂), NH₃ and VOC for the different source types within the Swedish west-coast area.

		SO ₂	NO _x	NH ₃	VOC
1. Tung trafik	Ytkällor		10 161		1 060
	Punktkällor				
2. Personbilstrafik	Ytkällor		20 129		27 408
	Punktkällor				
3. Tung trafik i Göteborgsregionen	Ytkällor		4 503		442
	Punktkällor				
4. Personbilstrafik i Göteborgsregionen	Ytkällor		10 546		14 157
	Punktkällor				
5. Industrier	Ytkällor		105		19 199
	Punktkällor	8 291	6 146		4 629
6. Energiuppvärmning	Ytkällor	814	1 321		
	Punktkällor	1 129	1 775		
7. Sjöfart	Ytkällor	621	5 528		
	Punktkällor	249	1 000		
8. Jordbruk	Ytkällor		2 690	7 263	
	Punktkällor				
9. Skogsbruk	Ytkällor		930		
	Punktkällor				
10. Arbetsfordon och -redskap	Ytkällor		7 953		
	Punktkällor				
11. Göteborgsregionen, totalt	Ytkällor	1 602	22 845	694	33 822
	Punktkällor	2 062	4 683		2 863
12. Stenungsundsregionen, totalt	Ytkällor	65	858	63	2 797
	Punktkällor	47	814		394
13. Scanraff inkl. hamn	Ytkällor	340	2 559		5 721
	Punktkällor	3 938	841		1
14. Hushåll	Ytkällor				
	Punktkällor				9 748
TOTALT, inkl. övriga källor i NOP-länen	Ytkällor	3 551	48 821	7 263	63 495
	Punktkällor	9 672	8 918	0	4 781

Tabell 3. Emission per tidsenhet under sommar- och vinterhalvår, uttryckt i % av årsmedelvärdet. Värdena baseras på data från EDB-Väst. S = sommar, V = vinter.

Table 3. Emission per unit time during summer and winter half-year, expressed in % of annual mean. S = summer, V = winter.

		SO ₂		NO _x		NH ₃		VOC	
		S	V	S	V	S	V	S	V
1. Tung trafik	Ytkällor			93	107			93	107
	Punktkällor								
2. Personbilstrafik	Ytkällor			95	105			95	105
	Punktkällor								
3. Tung trafik i Göteborgsregionen	Ytkällor			94	106			94	106
	Punktkällor								
4. Personbilstrafik i Göteborgsregionen	Ytkällor			95	105			95	105
	Punktkällor								
5. Industrier	Ytkällor			97	103			112	88
	Punktkällor	100	100	98	102			98	102
6. Energiuppvärmning	Ytkällor	56	144	56	144				
	Punktkällor	56	144	56	144				
7. Sjöfart	Ytkällor	100	100	135	65				
	Punktkällor	100	100	100	100				
8. Jordbruk	Ytkällor			180	20	179	21		
	Punktkällor								
9. Skogsbruk	Ytkällor			100	100				
	Punktkällor								
10. Arbetsfordon och -redskap	Ytkällor			100	100				
	Punktkällor								
11. Göteborgsregionen totalt	Ytkällor	90	110	103	97			100	100
	Punktkällor	85	115	92	108			100	100
12. Stenungsundsregionen totalt	Ytkällor	95	105	106	94			100	100
	Punktkällor	101	99	117	83			100	100
13. Scanraff inkl. hamn	Ytkällor	100	100	100	100			100	100
	Punktkällor	105	95	105	95			100	100
14. Hushåll	Ytkällor								
	Punktkällor							100	100

3. METEOROLOGISKA ANALYSER

Utformningen av systemet för meteorologiska analyser, som ingår i MATCH-Västkusten, illustreras i figur 1. Syftet med systemet är att med hjälp av tillgängliga meteorologiska observationer erhålla en så riktig meteorologisk beskrivning som möjligt över västkustområdet med en geografisk upplösning på 5 km och en tidsupplösning på 3 timmar.

De meteorologiska parametrar, som ingår i analysystemet för MATCH-Västkusten och utnyttjas för spridningsberäkningarna, är horisontell och vertikal vind, temperatur och fuktighet på olika nivåer samt tryck, molnighet, väder, nederbörds mängd och värme flöde vid marken. Denna information fås från ett stort antal meteorologiska stationer av olika slag. I analysystemet för MATCH-Västkusten utnyttjas dessutom information med 5 km upplösning om markytans topografi, skrovlighet och markanvändning (skog, öppen mark, vatten, stad) tillsammans med dessa data. I figur 1 illustreras andelen öppen mark som exempel på information om markanvändning. Denna information ligger lagrad som procenttal för varje beräkningsruta i modellen.

För att man i analyserna skall erhålla så bra och geografiskt heltäckande information som möjligt, har ett stort antal meteorologiska stationer utnyttjats, samtidigt som kvalitetskontroller utförts innan data använts. Mätdata har erhållits från SMHI, Flygvapnet, Miljö- och Hälsoskydd i Göteborg, Älvsborgs Luftvårdsförbund och Vattenfall. Följande slag av mätstationer för meteorologiska data har utnyttjats (se även figur 1):

Synoptiska väderstationer, ca 35 st
(observationer var 3e timma)

Markvind, temperatur, tryck, fuktighet, molnighet, väder, nederbörds mängd.

Master, 8 st Vänersborg, Borås, Göteborg (Järnbrott, Lejonet, Risholmen, Femman, Tagene) och Ringhals,
(Observationer varje timma)

Vind och temperatur på en eller flera nivåer. För flera av masterna har värme flödet vid marken beräknats.

Nederbördsstationer, ca 90 st
(Observationer var 24e timma)

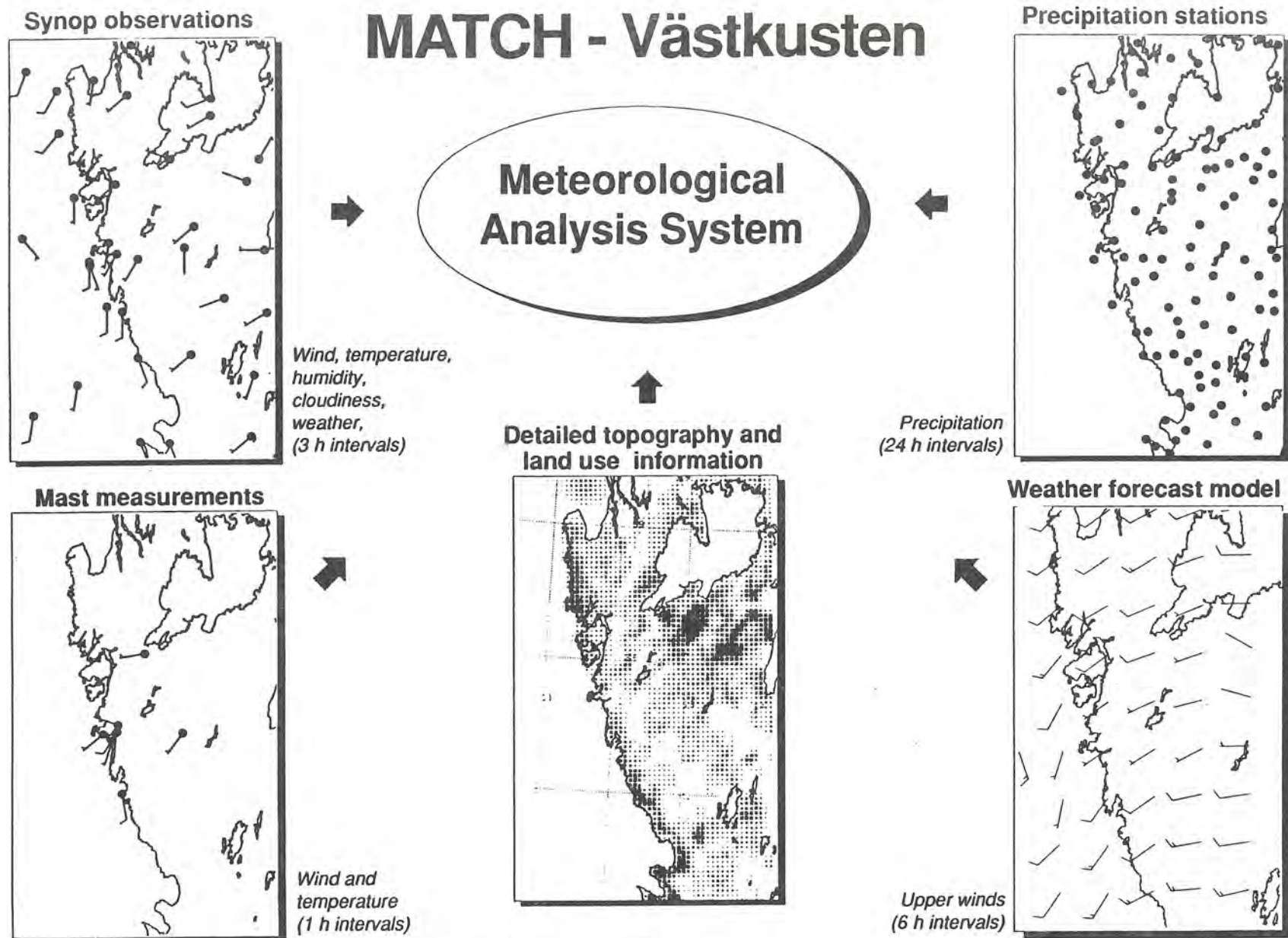
Noggrann bestämning av nederbörds mängd.

Höjdvindar
(Vindfält var 3e timma)

Höjdvindinformation har erhållits (vindfält) från SMHIs rutinmodell för väderprognoser, vilken bygger på information från radiosonderingar.

Beräkningarna med MATCH-Västkusten har gjorts timme för timme för hela år 1991. Analyserna, som tagits fram för var tredje timma enligt det system som skisseras ovan, har därför interpolerats till timvärden innan de utnyttjas i spridningsberäkningarna.

Observera att det område, som omfattas av de meteorologiska analyserna, är något större än modellområdet. Detta har vi gjort för att undvika att fel i de meteorologiska analyserna, som lätt uppstår i analysområdets ytterkanter (s k "randfel") når in över själva modellområdet.



Figur 1. Meteorologiskt analysystem för MATCH-Västskusten.
Illustration of data input to the MATCH-Västskusten meteorological analysis system.

Beräkningarna med MATCH-Västkusten har hittills endast gjorts för år 1991. Några kommentarer kring väderåret 1991 kan därför vara av intresse. Vädret var något mildare än normalt, dock inte extremt mildt, under hela året fränsett andra hälften av april samt maj och juni. Under vintern förekom endast enstaka kalluftsutbrott. Under de milda vinterperioderna dominerade västliga och sydvästliga vindar. Juni var mycket regnrik och solfattig. Totalt över året var dock nederbörden ungefär normal.

4. FÖRORENINGSMÄTNINGAR

4.1 Dygnsstationer för bakgrundsmätningar

Av figur 2 framgår det modellområde, som den regionala spridningsmodellen för Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län omfattar, samt områdets indelning i 5 x 5 km beräkningsrutor. I denna figur anges också de bakgrundsstationer för dygnsvisa luftföroreningsmätningar, som fanns inom eller strax intill modellområdet under år 1991. I ett fall, Aspvreten, har även en mätstation inkluderats, vars verkliga läge är långt från modellområdet.

De stationer med dygnsvisa luft- och nederbördskemiska mätningar, som utnyttjats för luftmiljöanalysen, är:

Rörvik: EMEP-station, drivs av Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL).

Vavihill: EMEP-station, drivs av IVL. Denna station ligger strax söder om modellområdet men har medtagits för att få bättre information i den sydligaste delen.

Aspvreten: Det verkliga läget för denna station är långt öster om modellområdet vid svenska östkusten strax norr om Nyköping. Aspvreten har medtagits, därför att mätdata saknas från hela den östra delen av mätområdet. Dessa mätdata har dock, på grund av stationens läge, tilldelats liten vikt i de analyser där de utnyttjats.

Prestebakke: Dygnsmätningar av samma slag som vid EMEP-stationer, drivs av Norsk Institutt for Luftforskning (NILU).

Gårdsjön: Veckoprovtagning, drivs av IVL.

Skogaby: Veckoprovtagning av luft, drivs av Statens Lantbruksuniversitet (SLU) och IVL.

Veckomätvärden från Gårdsjön och Skogaby har fördelats dygnsvis med hjälp av övriga stationers dagliga mätvärden. Vid de statistiska analyser, som gjorts, har dock dessa stationers mätvärden tilldelats något lägre vikt.

Mätdata har erhållits från IVL för samtliga stationer utom Prestebakke. Prestebakkes mätdata har erhållits från Chemical Co-ordinating Centre of EMEP (EMEP/CCC) vid NILU (Ulf Pedersen).



Figur 2. Modellområde, med 5 x 5 km beräkningsrutor, för den regionala spridningsmodellen för Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län. I figuren anges också de bakgrundsstationer för dygnsvisa luftföroreningsmätningar, som utnyttjats för år 1991. Följande beteckningar används: Rör - Rörvik, Vav - Vavihill, Asp - Aspvraten, Går - Gårdsjön, Sko - Skogaby, Pre - Prestebakke.

MATCH-Västkusten modelling area, which covers the Swedish west-coast area. A grid size of 5 x 5 km is used. Also the stations for daily air chemistry measurements are given in the figure.

4.2. Månadsstationer för bakgrundshalter

Under perioden oktober - december 1991 fanns ca 15 stationer på landsbygden (främst i O- och P-län) med passiva månadsprovtagare av SO₂ och NO₂. Flertalet av dessa stationer drevs av länsstyrelserna i samarbete med IVL, några av stationerna ingick i IVLs s k Urban-projekt.

4.3 Referensstation för tätortshalter

Denna studie syftar inte till någon utvärdering av de lokala föroreningsförhållandena inom de olika tätorterna i NOP-länen, utan syftet är endast en regional kartläggning. Den relativt grova horisontella upplösningen i MATCH-Västkusten (5 x 5 km beräkningsrutor) är givetvis inte lämplig för detaljstudier i tätorter. Endast Göteborg, som täcker ca 6 gridrutor, är en tillräckligt stor tätort för att i någorlunda detalj kunna beskrivas av modellen. Vi har därför endast inkluderat föroreningsmätdata från en station i centrala Göteborg, Femman. Dessa data har främst utnyttjats för jämförelser med modellberäkningarna. Dygnsvisa mätdata från Femman har erhållits från de månatliga publikationer, "Luftföroreningar i Göteborg", som utges av Miljö- och Hälsoskydd, Göteborgs Stad.

5. SPRIDNINGSMODELL FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN

I avsnitt 5.1 nedan ges en översiktlig beskrivning av uppbyggnaden av den numeriska spridningsmodellen. En del facktermer förekommer med nödvändighet i denna beskrivning. De läsare, som inte önskar tränga in i dessa frågor, kan direkt gå vidare till avsnitt 5.2 "Jämförelser mellan beräknade och uppmätta föroreningshalter".

5.1 Modellbeskrivning

Ett system för regional spridningsmodellering, MATCH, har byggts upp vid SMHI under början av 1990-talet. MATCH står för "Mesoscale Atmospheric Transport and CHemistry model". I det här fallet har en detaljerad anpassning av MATCH-systemet gjorts till västkustregionen. Modellområdet samt modellens indelning i 5 x 5 km beräkningsrutor framgår av figur 2.

MATCH-Västkusten är en eulersk spridningsmodell, som inkluderar fysikaliska och kemiska processer som styr utsläpp, atmosfärisk transport och spridning, kemisk omvandling samt våt- och torrdeposition av oxiderat svavel, oxiderat och reducerat kväve.

Modellen har endast tre vertikala nivåer, men genom att andra och tredje skiktet varierar i tjocklek beroende på de meteorologiska förhållandena, fås en mycket god fysikalisk beskrivning av spridningsprocesserna trots det begränsade antalet vertikala nivåer.

Modellens lägsta skikt har en fix tjocklek av 75 m. Modellens andra skikt följer värdet på blandningshöjden, som beräknas från standardmeteorologiska fält och varierar i tid och rum.

Den horisontella advektionen beräknas genom att man använder ett fjärde ordningens flödeskorrektionschema (Bott, 1989a, 1989b). Schemat utnyttjar polynomanpassning av koncentrationsfältet mellan närbelägna gridpunkter för att simulera det advektiva flödet genom gränstorna mellan intilliggande gridboxar.

Den vertikala advektionen beräknas genom att man utnyttjar ett första ordningens (uppstöms-) schema. Den vertikala diffusionen mellan lagren 1 och 2 är, för det konvektiva fallet, beskrivet genom en bestämning av omsättningstiden för hela gränsskiktet, baserad på similaritetsteori. För de neutrala och stabila fallen beskrivs den vertikala diffusionen genom en parametrisering, baserad på en 40-lagers, endimensionell σ -K-modell, där K är den turbulenta utbyteskoefficienten. Vertikal transport skapas också av den rumsliga och tidsmässiga variationen av blandningshöjden.

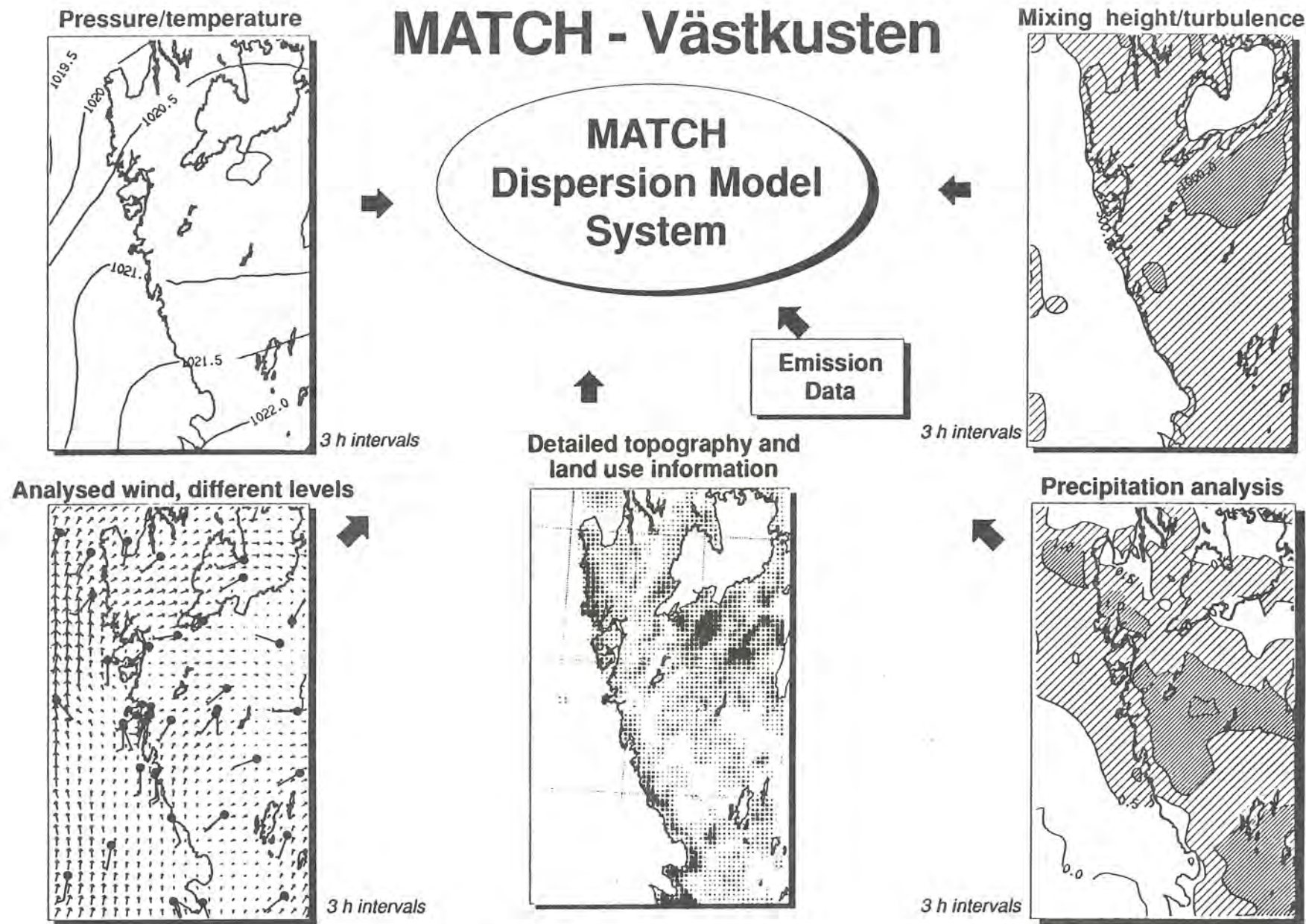
De meteorologiska analyserna görs var tredje timma och läses in i spridningsmodellen i enlighet med vad som illustreras i figur 3. Väderdata för varje gridpunkt och vertikalnivå interpoleras därefter till 1h-värden. Det övergripande tidssteget i spridningsmodellen är 6 minuter, men vissa beräkningar, som t ex delar av kemin, görs med kortare tidssteg.

5.1.1 Emissioner

Föroreningsemissionerna kan i modellen specificeras både som yt- och punktkällor och med en hög upplösning i tiden. Emissionen från marknära ytkällor introduceras direkt i modellens lägsta lager. Emissioner från punktkällor fördelas i modellens olika skikt beroende på bl a skorstenshöjd och plymlyft. För att begränsa beräkningsvolymen något gör man i modellen en uppdelning mellan hur den initiala spridningen behandlas för de 30 största punktkällorna, för vilka beräkningarna görs mera i detalj, och övriga punktkällor.

Den initiala spridningen från var och en av de 30 största punktkällorna för varje ämne beskrivs med en gaussisk puffmodell, som inkluderar plymlyftsberäkningar och eventuella aerodynamiska nedsug intill skorstenar och byggnader. En ny puff introduceras varje timme för varje källa. Puffarna advektas sedan tills de har nått storleken på de horisontella beräkningsrutorna, dvs 5 km, då de förs in i det storskaliga koncentrationsfältet i rutnätet. De övriga punktkällorna för varje ämne klassas i tre klasser med hänsyn till skorstenshöjden. Emissionsviktad källkaraktistik (skorstensdiameter, skorstenshöjd, rökgasmängd och rökgastemperatur) beräknas för varje klass. Dessa används sedan för beräkning av plymlyft och vertikal spridning för varje klass. Emissionsfördelningen mellan olika klasser tas givetvis fram för varje ruta, varje ämne och varje källtyp för sig. Nya beräkningar av plymlyft och vertikal spridning görs för varje timma, eftersom de variablerna är beroende av såväl källkaraktistik som meteorologiska förhållanden.

MATCH - Västskusten



Figur 3. Spridningsmodellsystem för MATCH-Västskusten.
Illustration of the MATCH-Västskusten dispersion model system.

5.1.2 Kemi

Kemin i modellen, som i stora drag överensstämmer med vad som används i EMEP-modellen (Eliassen m fl, 1989) för beräkningar av svavel och kvävetransport över Europa. (EMEP är ett europeiskt samarbetsprojekt inom Europa för studier av långväga föroreningstransport.) Följande ämnen är inkluderade: Svaveldioxid (SO_2), ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ och NH_4HSO_4), övriga sulfatpartiklar (SO_4^{2-}), kväveoxid (NO), kvävedioxid (NO_2), ammoniumnitrat (NH_4NO_3), andra nitratpartiklar (NO_3^-), salpetersyra (HNO_3) och ammoniak (NH_3). En lokal fotokemisk anpassning av O_3 -halten inom modellområdet görs också. I figur 4 illustreras det kemischema, som utnyttjas i modellen.

5.1.3 Fysiografi (markanvändning)

En kartläggning i 5 x 5 km rutor av NOP-modellens område har gjorts avseende topografi, markskrovighet och s k fysiografi. Fysiografidatabasen innehåller information om markanvändningen i varje 5 x 5 km ruta, uppdelat (%) på: vattenyta, skog, öppen mark och stadsbebyggelse. Denna kartläggning av topografi och fysiografi utnyttjas dels för de meteorologiska analyserna, bl a för beräkning av turbulensen, dels för beräkning av den s k torrdepositionen av föroreningar. Som exempel visas i figur 1 fördelningen av andelen öppen mark i modellområdet.

5.1.4 Deposition

Den beräknade våtdepositionen av de olika ämnena är proportionell mot nederbördsintensiteten och en ämnesspecifik uttvättningskoefficient. Uttvättningen med nederbörden i varje beräkningsruta beräknas för varje timma med hänsyn till en detaljerad kartläggning av nederbördsförhållandena inom modellområdet, baserad på:

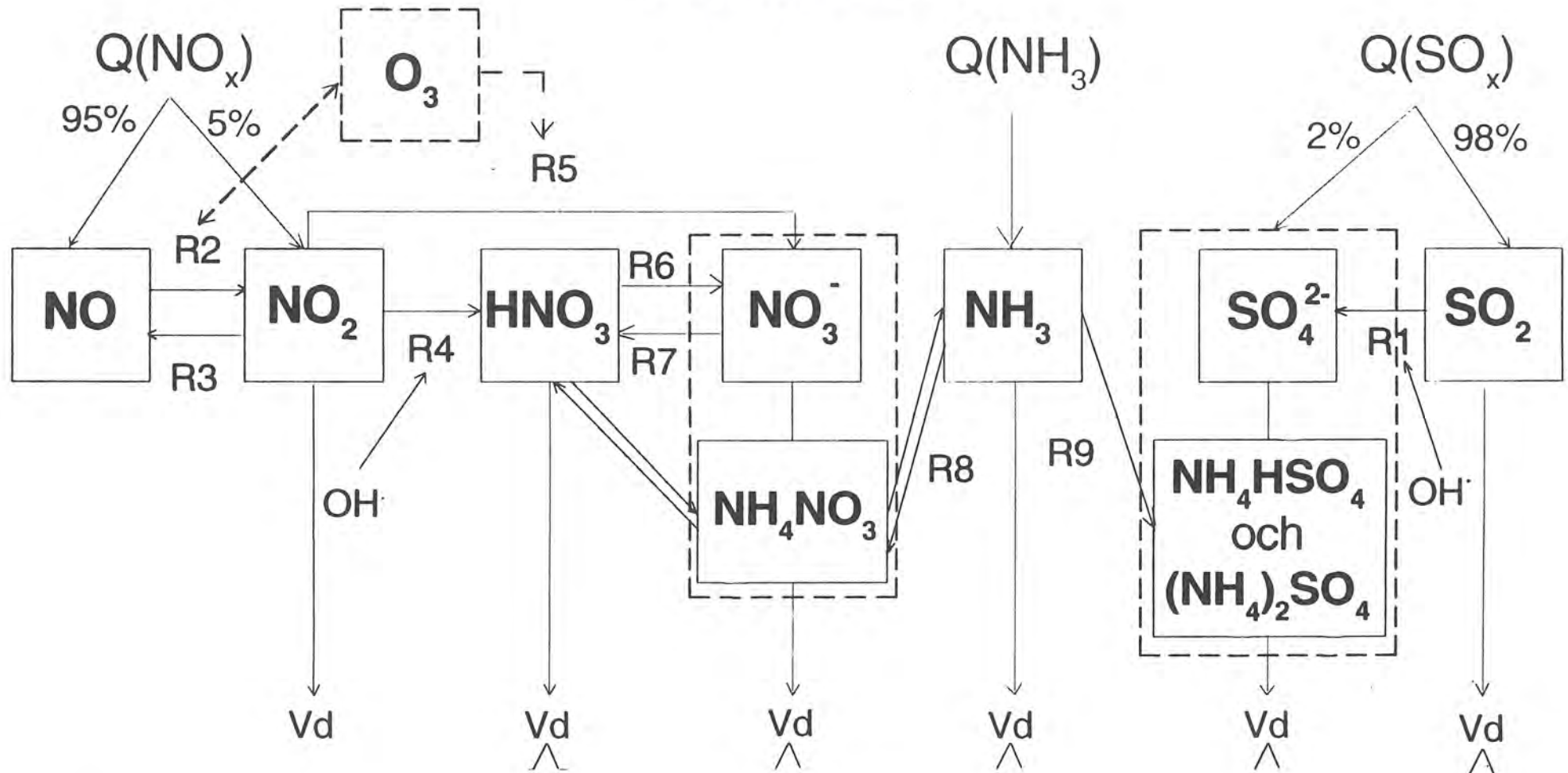
- väderinformation var tredje timma från ca 35 synoptiska stationer inom analysområdet,
- uppmätt nederbördsmängd var tolfte timma från ca 35 synoptiska stationer,
- uppmätt månadsnederbörd från ca 90 st nederbördsstationer,
- beräknad variation i nederbördsmängden beroende på markytans topografi.

Givetvis är uttvättningen med nederbörden i hög grad beroende av vilket ämne som avses. För t ex SO_2 spelar även årstiden en roll.

Torrdepositionen är proportionell mot koncentrationen i lägsta modellnivå och en ämnesspecifik torrdepositions hastighet. Eftersom det lägsta modellskiktet har en tjocklek på 75 m, görs en transformering av torrdepositionens flödesberäkning till mitten på detta skikt genom att man utnyttjar similaritetsteorin för det atmosfära ytskiktet.

De parametervärden avseende sänkprocesserna (torrdeposition och våtdeposition) som har utnyttjats har hämtats från en rad aktuella publikationer. Genom att modellen innehåller information om markytans fysiografi (öppen mark, skog, vatten, stad), och en beskrivning av sänkprocessernas variation under året och under dygnet samt vid olika

CHEMISTRY



15

O_3 - Observed background concentration + local chemical adjustment
 $\text{OH}^\cdot$ - seasonal and diurnal variations
 $\text{Vd} = f(\text{compound, topography, landuse, time, weather})$
 $\wedge = f(\text{compound, precipitation intensity})$

Figur 4. *Kemischema för MATCH-Västkusten.*
 Scheme for the chemistry applied in the MATCH-Västkusten dispersion model.

väderförhållanden och olika nederbördsintensitet eftersträvas, fås en stor variation i värdena för depositionshastighet och uttvättningskoefficient för varje ämne som studeras. Så t ex kan torrdepositionshastigheten för NO_2 variera från 0 (över vatten) till 1.0 cm/s (över skog vid kraftig turbulens under sommardagar). Liknande variationer förekommer för övriga ämnen.

5.1.5 Långtransport av luftföroreningar

Det är av stort intresse att kunna jämföra föroreningsbidragen från västkustregionens egna källor med de föroreningar, som transporteras dit med vindarna från källor belägna utanför västkustområdet. Vi har därför tagit fram ett statistiskt analysystem för bestämning av den långväga transporten, som bygger på spridningsmodellresultat från MATCH-Västkusten, kombinerade med föroreningsmätdata från 6 st bakgrundsstationer i regionen.

Metodiken innebär att för varje föroreningskomponent och varje dygn beräknas NOP-länens bidrag till halten i luft och halten i nederbörd vid de sex platser, för vilka bakgrundsmätningar av föroreningar finns tillgängliga. NOP-länens haltbidrag till luft och nederbörd subtraheras därefter dygnsvis från de observerade halterna av motsvarande föroreningskomponenter vid de sex bakgrundsstationerna. De resterande halterna tolkas som långtransportbidrag. Slutligen görs en statistisk analys (interpolation) av långtransportbidraget för varje föroreningskomponent över hela modellområdet. I den statistiska analysen tilldelas varje observationsstation ett s k "observationsfel" för varje föroreningskomponent. Mätstationer, som medtagits men som egentligen ligger utanför modellområdet, har t ex tilldelats stora "observationsfel". Exempel på sådana stationer är Asp-vreten och Vavihill. Det medför, att dessa stationer påverkar den slutliga analysen i betydligt mindre utsträckning än stationer med litet tilldelat "observationsfel", t ex Rörvik. Om värdet för en viss observationsstation kraftigt avviker - enligt speciella kriterier - från analysen baserad på övriga stationer, förkastas detta värde. Detta har dock i huvudsak endast inträffat för lufthalter av ($\text{NO}_3^- + \text{HNO}_3$) vid Gårdsjön. Metodiken, som illustreras i figur 5, bygger på hypotesen att de modellberäknade bidragen från NOP-länen är korrekta. En test mot oberoende data är därför nödvändig.

I följande avsnitt görs en jämförelse med oberoende data, som visar att den ovan skisserade metodiken för beräkning av den långväga föroreningstransporten är rimlig.

5.2 Jämförelser mellan beräknade och uppmätta föroreningshalter

Det är av stor vikt att utnyttja både uppmätta och modellberäknade föroreningsdata för att få såkrast möjliga information om föroreningsbelastningens storlek, dess fördelning i tid och rum samt olika källors betydelse. Genom jämförelser mellan beräknade och uppmätta föroreningshalter - där sådana jämförelser är möjliga att göra - kan dessutom en viss kontroll av spridningsmodellen erhållas. Detta är värdefullt vid den senare bedömningen av de erhållna resultaten.

Background pollution stations

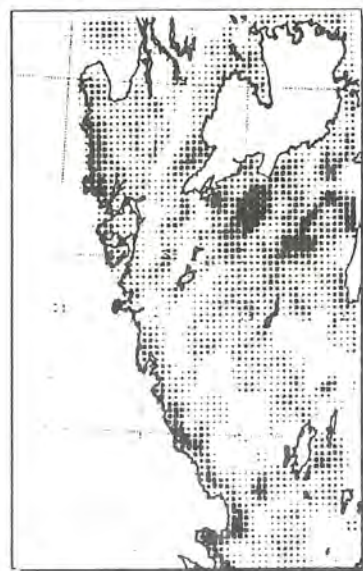


24 h intervals

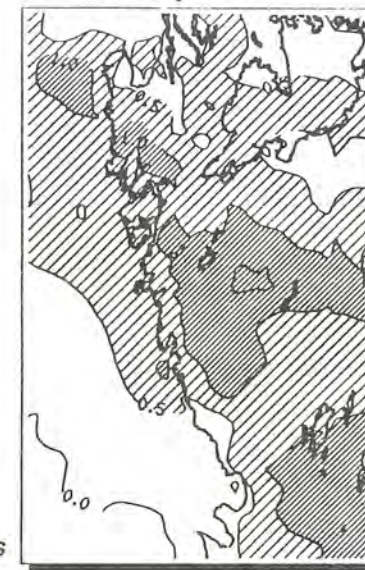
MATCH - Västkusten

Long Range
Transport
Analysis

Detailed topography and
land use information



Precipitation



3 h intervals

MATCH Dispersion Model results



24 h intervals

Turbulence information



3 h intervals

Figur 5. Analyssystem för beräkning av den långväga transporten inom MATCH-Västkusten. Illustration of the system for long range transport calculations. ("Long range transport" is here equal to contribution from sources outside the Swedish west-coast area.)

5.2.1 Göteborg

I denna studie har vi utnyttjat oberoende mätdata från centrala Göteborg, station Femman, eftersom det är den mätstation inom modellområdet, som har det största lokala tillskottet i föroreningshalten. Därigenom fås den "hårdaste" testen av MATCH-Västkusten vid jämförelser mot data från denna station. Samtidigt är Göteborg den enda stad inom modellområdet, som är tillräckligt stor för att i någorlunda detalj kunna beskrivas inom MATCH-Västkusten-modellen. (Jfr tidigare diskussion av modellens upplösning.) Eftersom modellens nätstorlek är så stor som 5 x 5 km, kan dock givetvis inte alla haltvariationer vid en mätstation i centrala Göteborg förväntas bli beskrivna.

I figurena 6 - 9 redovisas jämförelser mellan beräknade och uppmätta dygnshalter av SO_2 , NO, NO_2 och O_3 för hela år 1991. Jämförelsema visar på det hela taget, utan att gå in i några detaljer, god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade halter för samtliga komponenter.

Med tanke på att modellen har en så grov horisontell upplösning som 5 x 5 km, får resultaten anses mycket bra. Det gäller speciellt för NO_2 och O_3 . Beräknade NO_2 -halter stämmer väl överens med uppmätta halter, såväl när det är lokala källor som dominerar, som när långtransportepisoder inträffar. Skillnaden mellan observerade O_3 -halter i Rörvik, som utnyttjats som indata till modellen, och beräknade halter vid Femman är ofta relativt stor. Denna beräknade skillnad överensstämmer alltså mycket bra med observationer, vilket visar, att $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{O}_3$ -kemin i MATCH-Västkusten fungerar mycket bra inom större tätortsregioner.

För SO_2 kan resultaten möjligen sägas vara något för låga, men detta orsakas säkerligen av påverkan från lokala SO_2 -källor intill Femmans mätstation, vilket inte i detalj kan beskrivas i modellens 5 x 5 km rutnät.

I figurerna 10 - 17 redovisas ovanstående jämförelser lite tydligare för månaderna januari och juni 1991. Under några dagar i mitten av januari inträffade en markant långtransportepisod för SO_2 och NO_2 över Göteborg och hela modellområdet. Enligt beräkningarna var de regionala tillskotten av SO_2 , NO och NO_2 relativt låga under denna episod, även om mätdata för SO_2 den 19 januari för centrala Göteborg visar, att ett betydande föroreningsbidrag också kan erhållas från lokala källor. O_3 -halterna var mycket låga under episoden, vilket är rimligt om mycket O_3 förbrukas i den kemiska reaktionen med NO. Detta har till stor del inträffat innan luften nått Göteborg.

I slutet av januari uppträder en NO-episod, som uppenbarligen orsakas av dålig ventilation över Göteborgsregionen, samtidigt som ozonet, som behövs för att NO_2 skall bildas, i det närmaste tagit slut. Denna episod i slutet av månaden har inte något bidrag från långtransport.

Under juni 1991 är såväl uppmätta som beräknade SO_2 - och NO_x -halter genomgående låga i centrala Göteborg. Långtransportbidraget har liten betydelse för såväl SO_2 som NO_2 (och ingen alls för NO). Detta är typiskt för sommarperioden. Överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta ozonhalter vid Femman är mycket bra även under juni.

5.2.2 Landsbygd

Jämförelser mellan modellberäknade och uppmätta månadsvärden av SO_2 - och NO_2 -halter har, för månaderna oktober till december 1991, kunnat göras för ett relativt stort antal oberoende mätstationer på landsbygden. Sådana jämförelser för december 1991, den månad med flest oberoende mätstationer i drift, återges i figurena 18a och 18b.

Det framgår av jämförelser för såväl SO_2 som NO_2 , att den kartläggning av föroreningshalterna som erhålles med MATCH-Västkusten visar något högre värden än vad de oberoende mätstationerna ger. Orsaken till detta kan säkerligen till en del vara ofullkomligheter i spridningsmodellen, men detta kan knappast vara huvudorsaken eftersom långtransportbidraget utgör en betydande del av totala halten på landsbygden. En annan viktig orsak till skillnaderna mellan de beräknade månadsmedelhalter och de oberoende mätdata kan troligen vara att mätmetodiken är helt olika för de sex stationer med dygnsdata, vilka inkluderas i beräkningarna med MATCH-Västkusten, och de oberoende månadsstationerna. Månadsstationerna har i samtliga fall varit utrustade med passiva provtagare. Förändringar i analysmetodiken har för övrigt införts för EMEP-stationerna efter år 1991.

6. LUFTMILJÖANALYS FÖR GÖTEBORGS OCH BOHUS, HALLANDS OCH ÄLVSBORGS LÄN - baserad på modellberäkningar och föroreningsmätdata

Med hjälp av MATCH-Västkusten-systemet har vi dels gjort beräkningar av länens totala bidrag till föroreningssituationen på regional skala, dels av bidragen från några olika källtyper inom länen samt av den långväga föroreningstransportens betydelse. De källtyper, som studerats separat, är tung trafik, personbilstrafik, industri, energiproduktion, sjöfart, jordbruk, skogsbruk, arbetsfordon och hushåll. Dessutom har Göteborgsregionen, Stenungsundsregionen och Scanraff studerats separat. De föroreningskomponenter, som på detta sätt studeras, är halter i luft av SO_2 , SO_4^{2-} ($\text{SO}_4^{2-} + \text{NH}_4\text{HSO}_4$), NO , NO_2 , HNO_3 , NO_3^- ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4\text{NO}_3$), NH_3 , NH_4^+ , ($\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$) och VOC samt deposition av svavel, NO_x -kväve och NH_x -kväve.

Innan en utvärdering görs av föroreningssituationen i luft och nederbörd, kan det vara av intresse att hänvisa till en kartläggning av åtgärdsbehovet i relation till kritisk belastning, som gjorts av Sverdrup et al. (1992). En figur, som illustrerar detta, återges i bilaga 1. Det framgår tydligt att skogsområdena i västkustregionen är i stort behov av en minskad svavel- och kvävebelastning.

6.1 Databas för resultatredovisning på arbetsstation

I den luftmiljöanalys för västkustregionen, som vi här har gjort, har ett mycket stort antal kartor över området tagits fram. Dessa visar föroreningssituationen med avseende på samtliga i modellen ingående kemiska komponenter dag för dag, månadsvis och som årsmedelvärde för år 1991. Kartanalyserna visar halter i luft, torr- och våtdeposition samt

total deposition. I redovisningen ingår föroreningsbidrag från västkustlänens egna källor (nivå-1 beräkningar), delbidrag från en rad olika källtyper inom västkustlänens (nivå-2 beräkningar) samt den långväga transportens betydelse för olika föroreningskomponenter (nivå-0 beräkningar). Totalt har ca 25 000 föroreningskartor över västkustregionen tagits fram.

För att på ett enkelt och lätt överblickbart sätt kunna hantera denna datamängd har vi dels tagit fram ett presentationssystem i arbetsstationsmiljö på SMHI, dels har databasen installerats i ett av Indics framtagna presentationssystem, som finns tillgängligt vid länsstyrelserna i de tre västkustlänerna. I figur 19 illustreras menyn till det predpresentationssystem som används vid SMHI.

Presentationssystemen är givetvis främst avsedda för redovisning av redan framräknade resultat för olika föroreningskomponenter enligt beräkningsalternativen nivå-0, nivå-1 och nivå-2 ovan, men syftet är även att man vid länsstyrelserna skall kunna göra omproportioneringar av olika nivå 0, 1, 2-fält, addera eller subtrahera och därmed ta fram föroreningskartor för andra scenarier än de, som ingått i denna studie. Resultaten från sådana omproportioneringar benämns nivå-3 beräkningar. Denna databas, med ett mycket stort antal 0, 1, 2, 3-fält, utgör den för användarna viktigaste delen av resultatredovisningen. I avsnitt 6.2 nedan ges endast några illustrativa exempel samt en sammanfattning av resultaten.

6.2. Sammanfattande resultatredovisning

6.2.1 NOP-länens föroreningsbidrag

Beräkningar av föroreningsbidrag för halten i luft från samtliga källor inom NOP-länet (nivå-1 beräkningar) redovisas i figurerna 20 - 24. De högsta halterna beräknas för de primära (emitterade) föroreningarna SO_2 , NO , NO_2 , NH_3 och VOC, medan de sekundära (kemiskt bildade) komponenterna SO_4^{2-} , HNO_3 , NO_3^- och NH_4^+ visar lägre halter. Större tätorter och större industrianläggningar kan urskiljas i fördelningen för SO_2 , NO_2 och VOC. Fördelningen av NH_3 bestäms av utsläpp från djurhållning, främst i Halland. Fördelningen av de sekundära komponenterna är mer utjämnad.

6.2.2 Jämförelse mellan NOP-länens bidrag, långtransport och total föroreningsbelastning

I detta avsnitt har vi gjort beräkningar av långtransportbidragen (nivå 0-beräkningar) enligt den metodik, som diskuterats under 5.1.5. I figurerna 25 - 38 redovisas jämförelser mellan NOP-länens bidrag, långtransport och total föroreningsbelastning. För de primära föroreningarna (figurerna 25, 26 och 28) är bidraget till halterna i luft från NOP-länet av ungefär samma storleksordning som bidraget från långtransport. Bidragen till halten i luft av sekundära föroreningar (figurerna 27 och 29) domineras av långtransport. När det gäller torrdeposition (figurerna 30, 33 och 36) är återigen bidragen från NOP-länet och långtransport av jämförbar storlek. Detta hänger samman med att torrdeposition beror på halterna i luft, vilka ju hade jämförbara bidrag från NOP-länet

och från långtransport för de primära komponenterna. När det gäller våtdeposition är bilden annorlunda (figurema 31, 34 och 37). Här dominerar bidraget från långtransporten. Detta beror på att våtdepositionen för med sig föroreningar från högre luftlager, där långtransporten dominerar, samt att även de sekundära komponenterna våtdeponeras effektivt. Bidraget från långtransport till våtdeposition är störst för svavel och minst för reducerat kväve.

Eftersom det totala (våt- och torr)nedfallet domineras av våtdeposition, liknar fördelningarna för total deposition (figurema 32, 35 och 38) i stora drag de för våtdepositionen. Liksom för våtdepositionen är bidraget från långtransport störst för svavel och minst för reducerat kväve.

Det kan vara av intresse att jämföra den med MATCH-Västkusten beräknade totala torrdepositionen av svavel med de uppmätta depositionsvärdena till skog (krondropp) och öppet fält som rapporterats för år 1991 av IVL (Westling m fl, 1992). Den av IVL rapporterade depositionen till öppet fält överensstämmer för nästan samtliga stationer väl med vad som redovisas för våtdeposition i denna rapport. Skillnaden mellan krondropp och deposition till öppet fält kan för svavel tolkas som torrdeposition till skog. Enligt IVLs mätningar ligger, för Halland, årsvärdet för denna skillnad på ca 700-1400 (mg S/m²) för granskog och ca 300 (mg S/m²) för tall- och lövskog. Värdena sjunker norrut och är ca 400 (mg S/m²) till gran och ca 200 (mg S/m²) till tall och löv i norra Älvsborgs och Bohus län.

Den enligt MATCH-Västkusten beräknade totala torrdepositionen av svavel är ca 300 (mg S/m²) i Halland och ca 150 (mg S/m²) i norra delen av modellområdet. I MATCH-Västkusten förutsätts f n att all skog är "blandskog", och ingen beräkningsruta i modellen är enbart täckt av skog. Det medför att de mätdata för krondropp som vi skall jämföra med skall vara viktade medelvärden mellan granskog, övrig skog och öppen mark. Med detta i åtanke kan vi betrakta beräkningsresultaten för torrdeposition av svavel som relativt rimliga. Osäkerheten i torrdepositionsberäkningarna är dock större än för våtdeposition och vidare forskning önskvärd.

För oxiderat och reducerat kväve kan vi inte, p g a interncirkulation av kväve i träden, utnyttja krondropsdata för att uppskatta den totala torrdepositionen.

De största depositionsvärdena fås över södra delen av inre Halland. Det gäller för såväl svavel, som oxiderat och reducerat kväve. Orsaken till att denna del drabbas hårdast är flera. Stora nederbördsmängder och höga föroreningshalter i nederbörden ger stor våtdeposition. Höga föroreningshalter från framför allt den långväga transporten samt stor andel skog ger relativt stor torrdeposition i området. Denna studie omfattar endast år 1991, men i sina huvuddrag torde ovanstående slutsatser gälla även mera generellt. Betydande skillnader i deposition mellan olika år kan dock säkerligen inträffa.

I tabell 4 har en översiktlig sammanställning gjorts av ungefärliga depositionsvärden för några olika områden inom MATCH-Västkustens modellområde. Värdena baseras dels på beräkningar av torr och våt deposition, dels på uppmätta krondropsdata för svavel. Krondropsdata är hämtade från IVLs mätningar (Westling m fl, 1992).

Det framgår att NOP-länens relativa bidrag till våtdepositionen av svavel och oxiderat kväve är mycket litet inom de utvalda områdena, ca 2 - 7 %, medan motsvarande siffror för torrdepositionen är 3 - 25 %. För reducerat kväve är NOP-länens egna bidrag betydligt större, ca 15 % för våtdeposition och 40 - 50 % för torrdeposition.

Tabell 4. Översiktlig sammanställning av beräknad torrdeposition, våtdeposition samt uppmätt deposition i krondropp i några olika delar av modellområdet. Krondropsdata har hämtats från IVLs mätningar. Overview of calculated dry and wet deposition and measured throughfall deposition in three different regions within the model area. Throughfall information is based on Westling et al. (1992).

	Våtdeposition		Torrdeposition		Krondropp	
	NOP-länen	Totalt	NOP-länen	Totalt	Gran	Tall/ löv
<u>Svavel</u> (mg S/m ² år)						
Norra Bohuslän	25 (4 %)	650	15 (11 %)	140	1100	800
Sydöstra Älvsborg	40 (4 %)	900	25 (13 %)	200	1500	900
Sydöstra Halland	25 (2 %)	1000 - 1500	10 (3 %)	300	2000	1200
<u>Oxiderat kväve</u> (mg N/m ² år)						
Norra Bohuslän	15 (4 %)	400	30 (20 %)	150	-	-
Sydöstra Älvsborg	35 (7 %)	500	50 (25 %)	200	-	-
Sydöstra Halland	25 (3 %)	750	35 (14 %)	250	-	-
<u>Reducerat kväve</u> (mg N/m ² år)						
Norra Bohuslän	40 (13 %)	300	35 (50 %)	70	-	-
Sydöstra Älvsborg	75 (17 %)	450	50 (50 %)	100	-	-
Sydöstra Halland	75 (11 %)	600 - 800	50 (40 %)	120	-	-

I figur 39 belyser vi depositionens variation månad för månad över centrala Halland, som är en belastad del av västkustområdet. En uppdelning har gjorts på torr- och våtdeposition för såväl NOP-bidrag som långtransport. Stora skillnader förekommer mellan olika månader, vilket givetvis till en del beror på olika nederbörds mängder. Det är intressant att notera de relativt låga depositions värdena för NH_x-kväve under vintermånaderna december - februari jämfört med t ex svavel. Ett annat tydligt drag i figur 39 är att NOP-länens bidrag till reducerat kväve är betydligt större under sommaren jämfört med vintern. Det är dock viktigt att här påminna om de stora osäkerheter, som finns i emissionsdata för ammoniak och som givetvis i hög grad påverkar dessa resultat.

I mitten av januari förekom en episod, då kraftigt förorenad luft från kontinenten transporterades till södra Sverige. Denna episod framgår tydligt av figur 10. Sådana episoder uppträder i regel några gånger varje vinter, varför det kan vara intressant att belysa januariepisoden mera i detalj. I figur 40 visar vi de beräknade totala SO_2 -halterna över modellområdet dygn för dygn under perioden 15 - 20 januari. Väderkartor för dagarna 16 - 19 januari visas i figur 41. Det för sådana föroreningsepisoder typiska väderläget, med de centrala delarna av ett högtryck över östra Centraleuropa, framgår tydligt. Väderläget medför, att en måttlig sydlig vind i den lägre delen av atmosfären transporterar mycket förorenad luft norrut från Centraleuropa. Samtidigt förhindrar högtrycket en vertikal omblandning. På landsbygden är de lokala tillskotten till SO_2 -halten mycket små i förhållande till långtransporten. Vid sådana SO_2 -episoder dominerar i regel långtransporten även i städernas centrala delar. I centrala Göteborg kan det lokala tillskottet nära stora källor dock bli stort vid vissa tillfällen. Mätningen för den 19 januari visar detta (figur 10). MATCH-Västkustens 5 km rutnät är dock för grovt för att kunna fånga detta. Även för NO och NO_2 är de regionala och lokala föroreningstillskotten ganska små under långtransportepisoden, eftersom det blåser en måttlig vind. Strax före långtransportepisoden, då en högtrycksrygg med svaga vindar sträckte sig upp över västkustområdet, var de lokala och regionala föroreningstillskotten betydligt större. Långtransportepisoden i mitten av januari 1991 avslutas när kallfronten västerifrån, som syns på väderkartan från den 19 januari, når in över västkustområdet natten till den 20 januari.

6.2.3 Delbidrag från olika källtyper inom NOP-länen

Det är av stort intresse att kunna precisera föroreningsbidragen från olika källtyper inom NOP-länen. Dessa olika delbidrag, vilka benämns nivå-2 beräkningar, presenteras som årsmedelvärden i figurena 42 - 50. Vinter- och sommarvärden finns också tillgängliga i databasen men redovisas inte här.

För svavel spelar industri, energi och uppvärmning samt även sjöfart stor roll. Scanraff är en mycket betydande källa i norra delen av modellområdet. Oxiderat kväve domineras av tung trafik, personbilstrafik samt sjöfart.

6.2.4 Budgetberäkningar för luftföroreningar

I detta avsnitt redovisar vi budgetberäkningar för dels NOP-länens emissioner, dels föroreningsdepositionen inom NOP-länen. Budgetsiffrorna bygger helt på de resultat från MATCH-Västkusten, som vi redovisat ovan.

I figur 51 framgår, för varje månad under 1991, budgetsiffror för NOP-länens emission av svavel, NO_x -N och NH_x -N i absoluta tal, d v s ton/månad. Budgetsiffror anges för export utanför NOP-länen samt torr- och våtdeposition inom NOP-länen. Exporten dominerar för samtliga komponenter och under alla månader. Det finns dock stora skillnader mellan t ex oxiderat kväve, med störst andel export, och reducerat kväve, som har en betydligt mindre andel export. Orsaken till detta är givetvis, att närdepositionen av reducerat kväve är relativt snabb, medan atmosfärkemiska reaktioner först måste ske

innan oxiderat kväve kan deponeras. Det gäller speciellt för våtdepositionen av oxiderat kväve. Skillnaderna mellan olika månader är också stor, t ex mellan den regniga junimånaden med stor våtdeposition och den torra majmånaden.

Depositionen av oxiderat kväve inom NOP-länen är mycket beroende av årstid. Detta orsakas dels av kemin, dels av att växterna tar upp betydligt mindre mängd gaser via klyvöppningarna under vintern. Budgetsiffrorna avseende depositionen av reducerat kväve inom NOP-länen är i absoluta tal avsevärt lägre under vintern jämfört med sommaren. Detta sammanhänger givetvis direkt med hur emissionen från NOP-länen varierar under året.

Figur 52 visar i procent hur årsdepositionen över NOP-länen beror på torr- och våtdeposition och hur viktiga de egna källorna är i förhållande till de långtransporterade föroreningarna. För reducerat kväve svarar de egna källorna för ca 21 % av totala depositionen, medan motsvarande siffra är endast 12 % för oxiderat kväve och 7 % för svavel. För samtliga ämnen dominerar den långtransporterade våtdepositionen över den långtransporterade torrdepositionen.

I tabell 5 har vi sammanfattat NOP-länens gemensamma luftföroreningsbudget för år 1991. Det framgår att för svavel är importen 5 - 6 gånger så stor som exporten, och för reducerat kväve är importen ca 4 gånger så stor som exporten. För oxiderat kväve är förhållandena markant annorlunda; export och import är i det närmaste lika stora, d v s NOP-länen emitterar nästan lika mycket oxiderat kväve som totalt deponeras över området.

Den importerade depositionen domineras kraftigt av våtdeposition för samtliga tre ämnen, som studerats. För depositionen från NOP-länens egna källor är torr och våt deposition ungefär lika viktiga för svavel. Torrdepositionen dominerar för oxiderat kväve och våtdepositionen är något större än torrdepositionen för reducerat kväve.

Till viss del framgår även de enskilda läners luftföroreningsbudget av tabell 5. Vissa intressanta skillnader mellan länen framträder. Som exempel kan tas en jämförelse mellan svavelemission och total svaveldeposition för varje enskilt län. För Hallands län utgör den egna svavelemissionen 9 % av den totala svaveldepositionen över länet under 1991, medan motsvarande siffra för Göteborgs och Bohus län är 68 %. För Älvsborgs län är siffran 14 %. För oxiderat kväve är Göteborgs och Bohus läns emission t o m drygt dubbelt så stor som den totala depositionen till länet.

Tabell 5. NOP-länens luftföroreningsbudget för år 1991 avseende svavel, oxiderat kväve och reducerat kväve. Viss uppdelning har även gjorts för varje enskilt län.
Air pollution budget 1991 for the west-coast area regarding sulphur, oxidized nitrogen and reduced nitrogen.

	Svavel (ton/år)	NO _x -kväve (ton/år)	NH _x -kväve (ton/år)
<u>Emission</u>			
NOP-länen	6 610	17 600	5 980
N-län	740	3 600	2 960
O-län	3 990	9 500	930
P-län	1 880	4 500	2 090
<u>Deposition från NOP-länens källor</u>			
Till: NOP-länen, torr	1 100	1 440	1 240
NOP-länen, våt	960	740	1 680
N-län, torr + våt	311	448	1 120
O-län, torr + våt	627	571	450
P-län, torr + våt	1 122	1 161	1 350
<u>Importerad deposition från långtransport</u>			
Till: NOP-länen, torr	5 140	3 780	1 510
NOP-länen, våt	20 400	12 700	10 600
N-län, torr + våt	7 700	4 900	4 030
O-län, torr + våt	5 200	3 500	2 240
P-län, torr + våt	12 640	8 080	5 840
<u>Export</u>			
Från NOP-länen	4 550	15 420	3 060

7. NÅGRA SYNPUNKTER PÅ FRAMTIDA LUFTMILJÖSTUDER

7.1 Föroreningsmätningar

Den kombination av spridningsmodellberäkningar och mätdata, som utnyttjas i MATCH-Västkusten, anser vi vara ett kraftfullt hjälpmedel i luftmiljöarbete. Det ställer dock höga krav på att de bakgrundsstationer som utnyttjas är av hög kvalitet, ger representativa värden för området kring stationen samt att stationerna är väl fördelade över hela modellområdet. Fördelningen av stationer inom fysiografiskt olika delar av modellområdet har också betydelse.

För att för västkustregionen säkrare kunna kvantifiera de långväga transporterade föroreningarnas bidrag till den totala föroreningssituationen, är det önskvärt att ha tillgång till en bakgrundsstation med dygnsprovtagning för luft och veckoprovtagning för nederbörd i modellområdets nordöstra del. Där saknas idag en station.

Möjligheter finns också att i framtiden utnyttja långtransportanalyser i MATCH-Sverige modellen för vidare bearbetning och presentation inom MATCH-Västkusten. Det skulle möjliggöra en optimering av antalet mätstationer, där hänsyn kan tas även till information från mätstationer utanför det egna länet eller egna regionen. Det gäller inte bara svavel och kväve, vilket redovisats ovan. I framtiden torde också en kartläggning av marknära ozon kunna göras med hjälp av en liknande metodik.

7.2 Modellberäkningar

Systemet för MATCH-Västkusten kan nu givetvis tillämpas för nya tidsperioder. Det som fordras är en revidering av emissionsdata, nya meteorologiska data och analyser samt mätdata från nödvändiga bakgrundsstationer.

Möjlighet finns också att ta fram en modellvariant med högre geografisk upplösning, t ex 1 km beräkningsrutor. Det skulle ge 25 gånger högre upplösning än idag och vara av stort värde i närheten av stora föroreningsutsläpp. På stora avstånd från källorna skulle fördelen främst vara den förbättrade upplösningen i informationen om markanvändning. En ökad upplösning i modellen fordrar dock en del utvecklingsarbete.

REFERENSER

Eliassen, A., Hov, Ø., Iversen, T., Saltbones, J., and Simpson, D. (1988)
Estimates of airborne transboundary transport of sulphur and nitrogen over Europe.
EMEP/MSC-W. Report 1/88.

GF Konsult AB (1993)
Emissionsdatabas för Västkusten. Dokumentation.

Miljö och Hälsoskydd- Göteborg, Göteborgsregionens kommunalförbund (1991)
Luftföroreningar i Göteborg 1991.

Persson, C., Robertson, L., och Backström, H. (1991)
Spridningsberäkningar för Skåne-regionen - Nuläge och framtida scenarier.
SMHI-rapport.

Persson, C., Langner, L., och Robertson, L. (1992)
Öresund med eller utan bro - Del 2, regionala beräkningar.
SMHI-rapport.

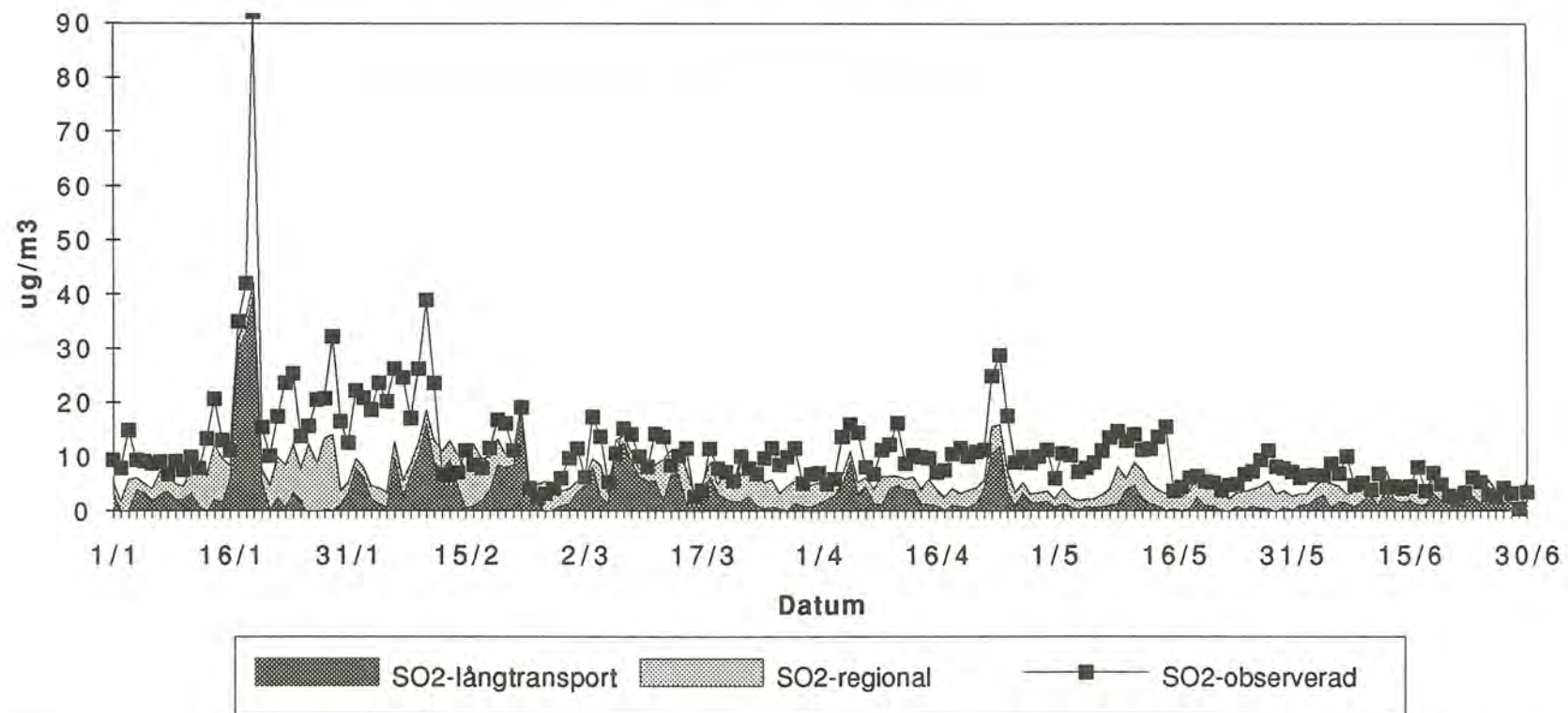
Persson, C., Langner, L., och Robertson, L. (1993)
MATCH: A mesoscale atmospheric dispersion model and its application to air pollution
assessments in Sweden. In Air Pollution Modelling and its Application, Vol X (edited
by S-E Gryning), Plenum Press, New York (in press).

Svanberg, P.-A., m fl (1992)
Halter av svaveldioxid, sot och kväveoxid i svenska tätorter vintern 1991 - 1992.
IVL-rapport.

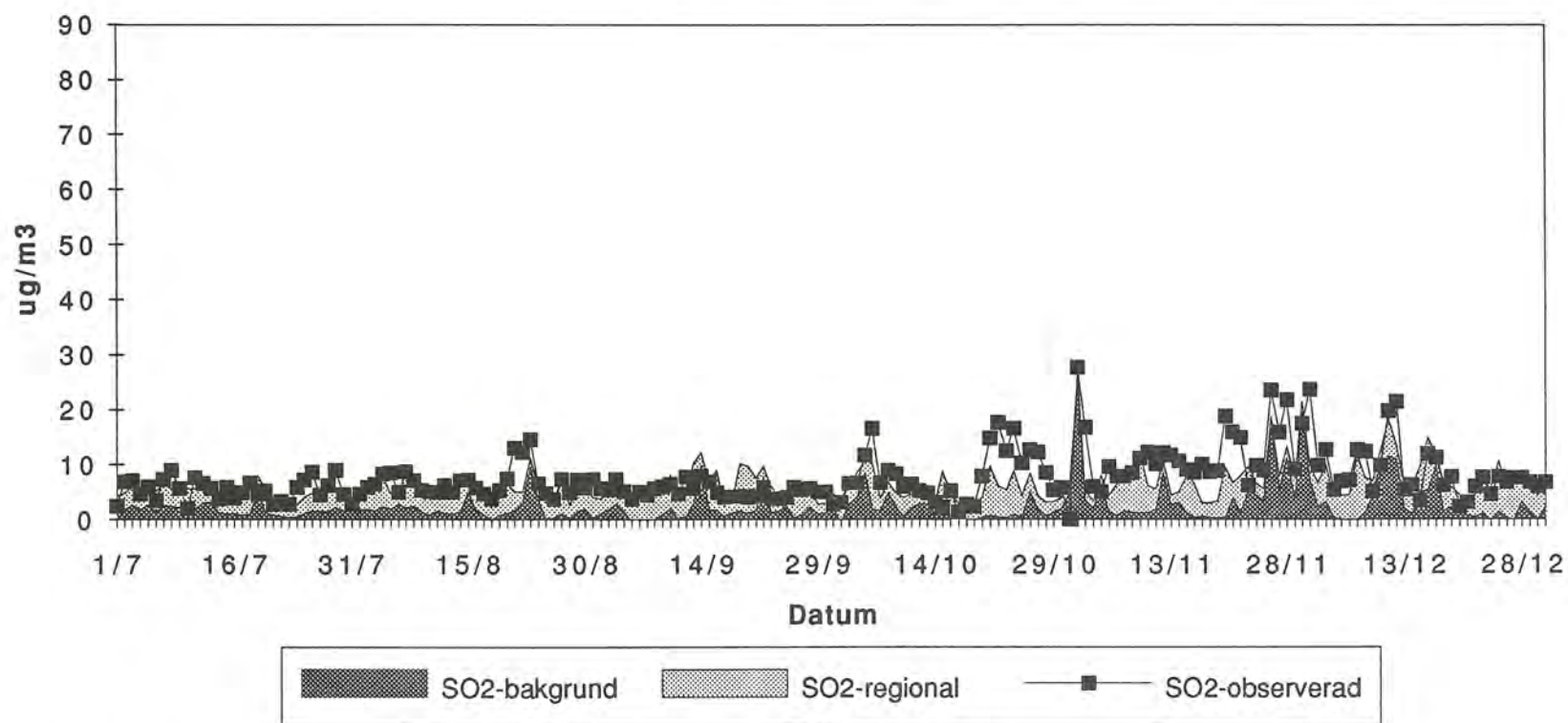
Sverdrup et al. (1992)
Critical loads for forest soils in the Nordic countries.
Ambio, Vol. 21, No. 5, pp 348 - 355.

Westling, O., Hallgren-Larsson, E., Sjöberg, K., och Lövblad, G. (1992)
Deposition och effekter av luftföroreningar i södra och mellersta Sverige.
IVL, B-1079.

SO₂ vid Femman 1991

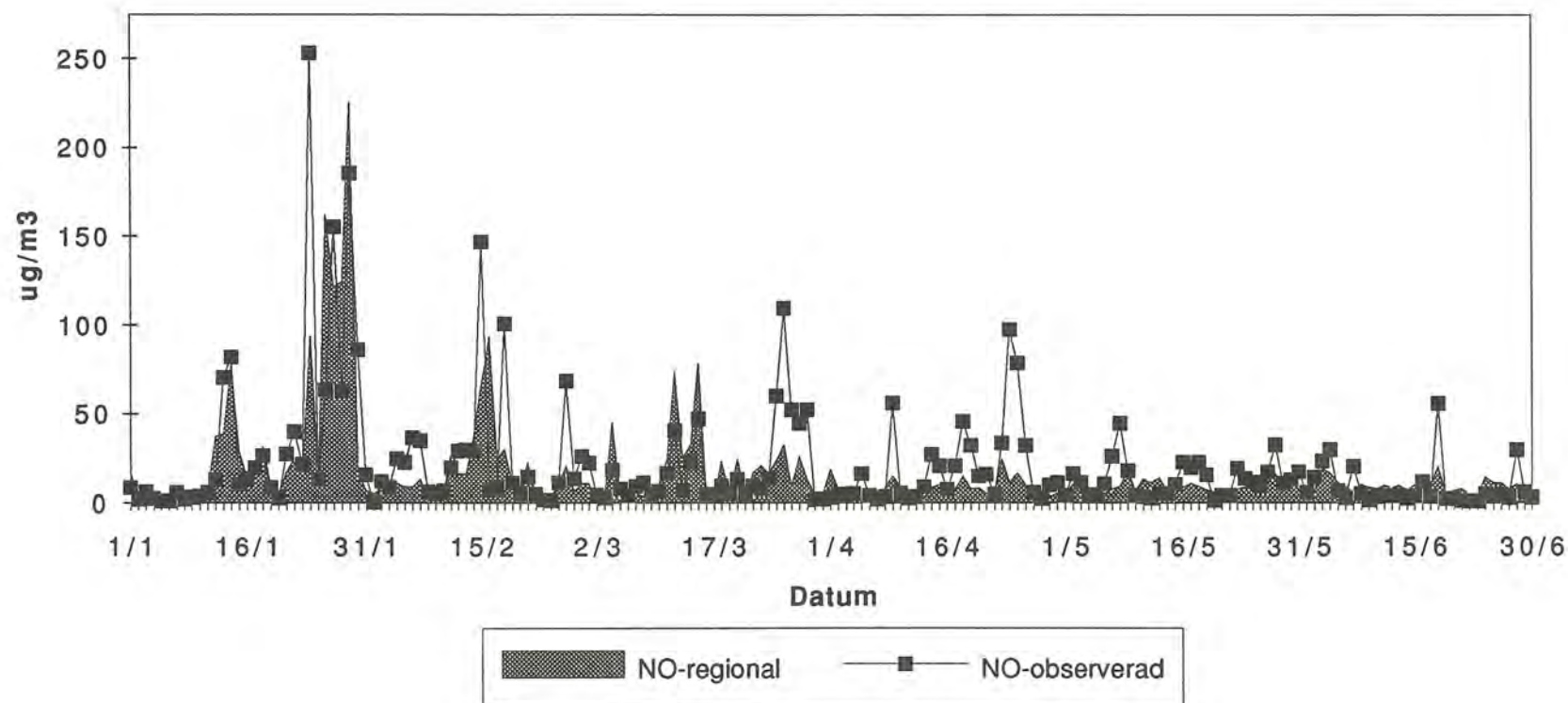


Figur 6a. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade långtransportbidrag och regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av SO₂ i luft (µg SO₂/m³) för dygnsvärden under första halvåret 1991.
Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed (black squares) total SO₂-concentrations in air (µg SO₂/m³) for daily values during the first half of 1991.

SO₂ vid Femman 1991

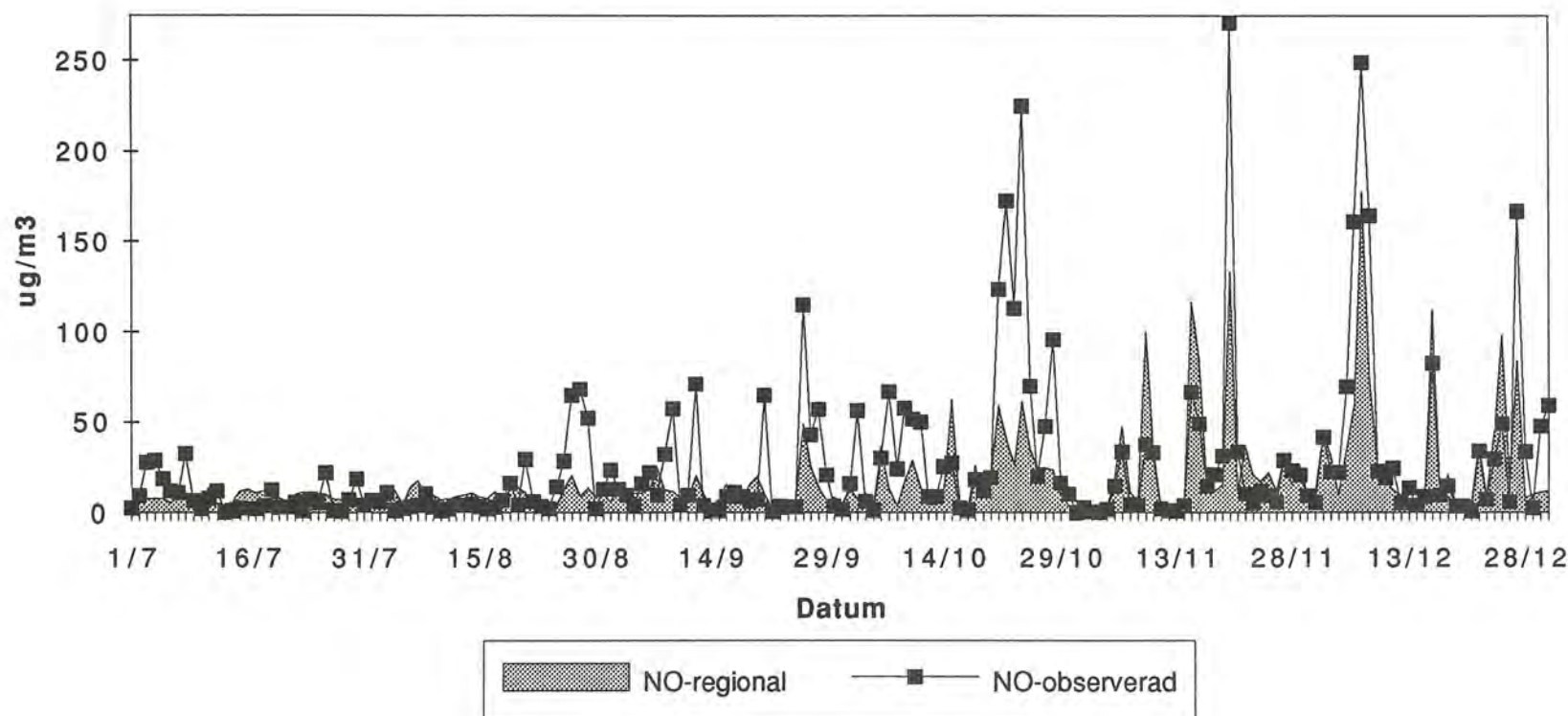
Figur 6b. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade långtransportbidrag och regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av SO₂ i luft ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) för dygnsvärden under andra halvåret 1991.
 Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed (black squares) total SO₂-concentrations in air ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) for daily values during the second half of 1991.

NO vid Femman 1991



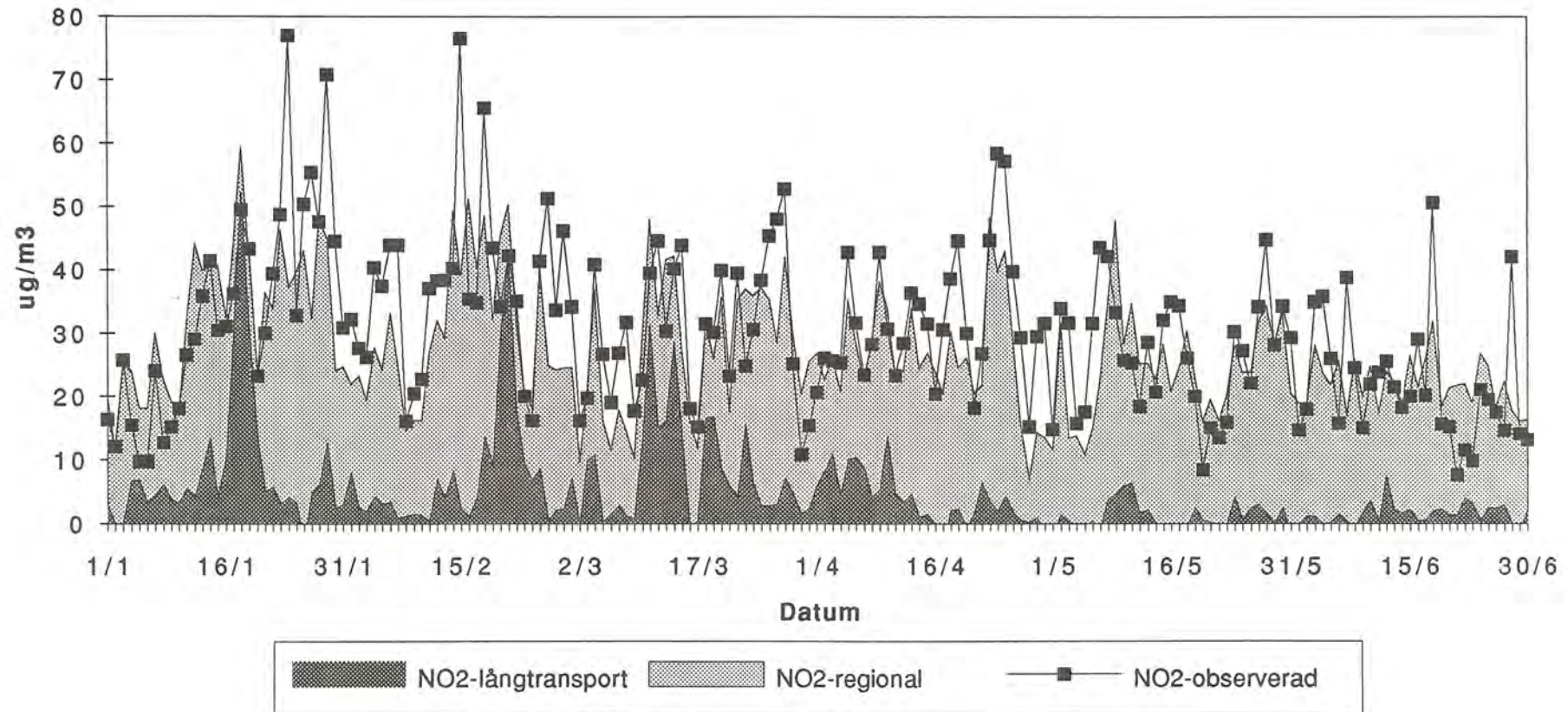
Figur 7a. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av NO i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ räknat som NO_2) för dygnsvärden under första halvåret 1991. Långtransportbidraget är 0. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) air concentrations of NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ as NO_2) for daily values during the first half of 1991. Long range transport is zero.

NO vid Femman 1991

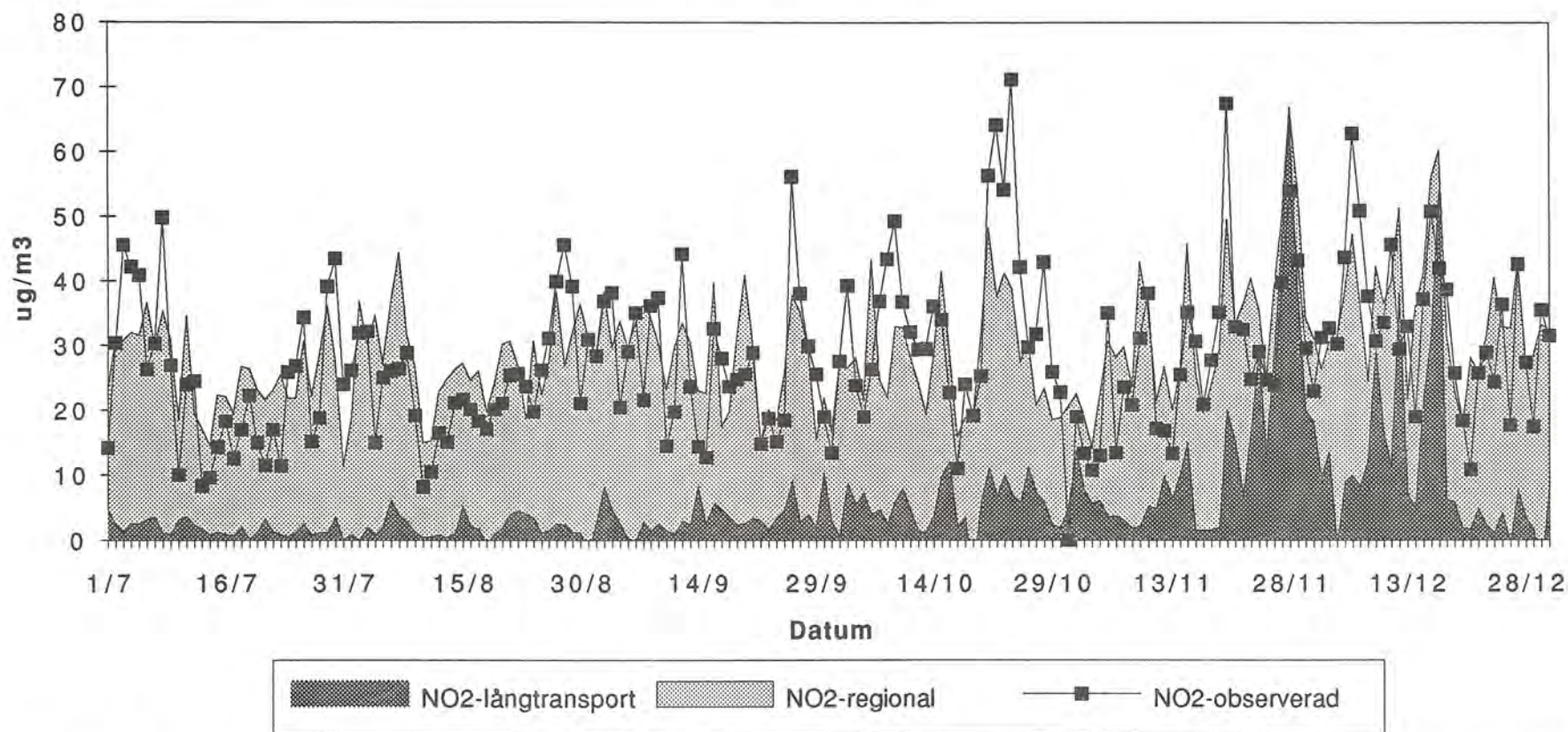


Figur 7b. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av NO i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ räknat som NO_2) för dygnsvärden under andra halvåret 1991. Långtransportbidrag är 0. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) air concentrations of NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ as NO_2) for daily values during the second half of 1991. Long range transport is 0.

NO2 vid Femman 1991

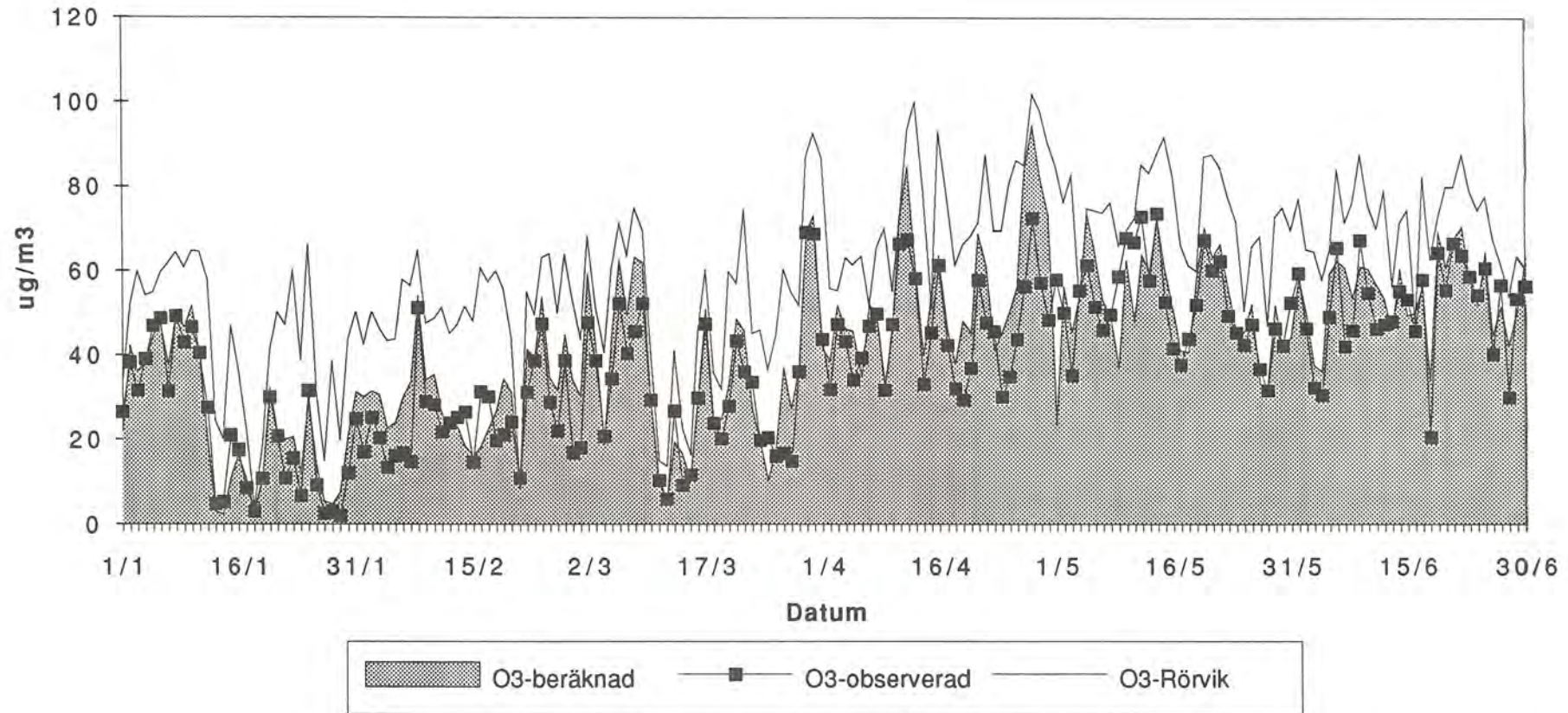


Figur 8a. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade långtransportbidrag och regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av NO₂ i luft (µg NO₂/m³) för dygnsvärden under första halvåret 1991. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed (black squares) total NO₂-concentrations in air (µg NO₂/m³) for daily values during the first half of 1991.

NO₂ vid Femman 1991

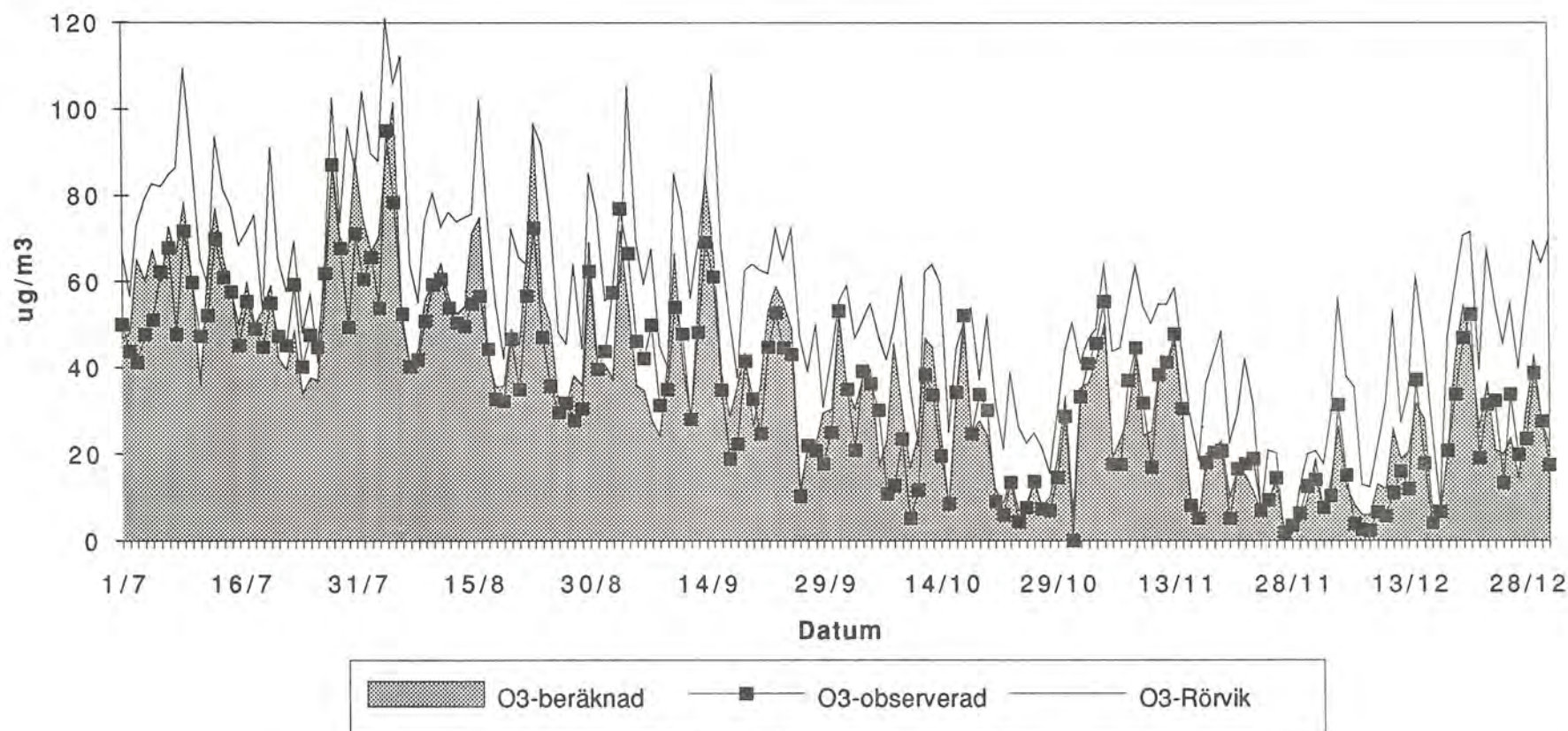
Figur 8b. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade långtransportbidrag och regionala bidrag från NOP-länen och observerade totalhalter av NO₂ i luft ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) för dygnsvärden under andra halvåret 1991. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed (black squares) total NO₂-concentrations in air ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) for daily values during the second half of 1991.

Ozon vid Femman 1991



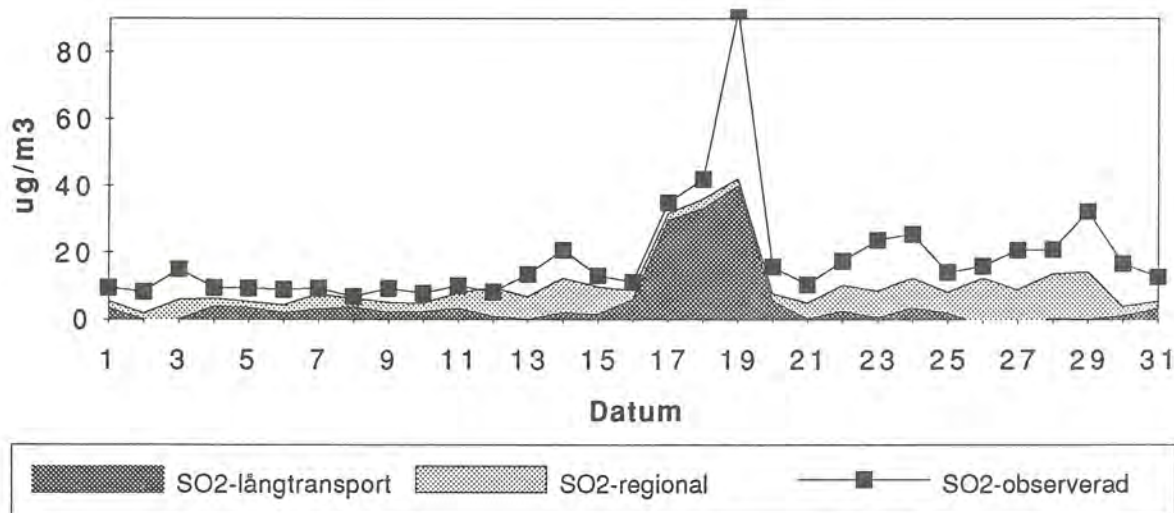
Figur 9a. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade och observerade dygnsalter av O_3 ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) under första halvåret 1991. En jämförelse med observerade dygnsalter av O_3 i Rörvik görs också.
Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) daily concentrations of O_3 ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) during the first half of 1991. A comparison with observed daily concentrations of O_3 (solid line) at the background station Rörvik outside Gothenburg is also shown.

Ozon vid Femman 1991



Figur 9b. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade och observerade dygnshalter av O_3 ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) under andra halvåret 1991. En jämförelse med observerade dygnshalter av O_3 i Rörvik görs också.
Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) daily concentrations of O_3 ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) during the second half of 1991. A comparison with observed daily concentrations of O_3 (solid line) at the background station Rörvik outside Gothenburg is also shown.

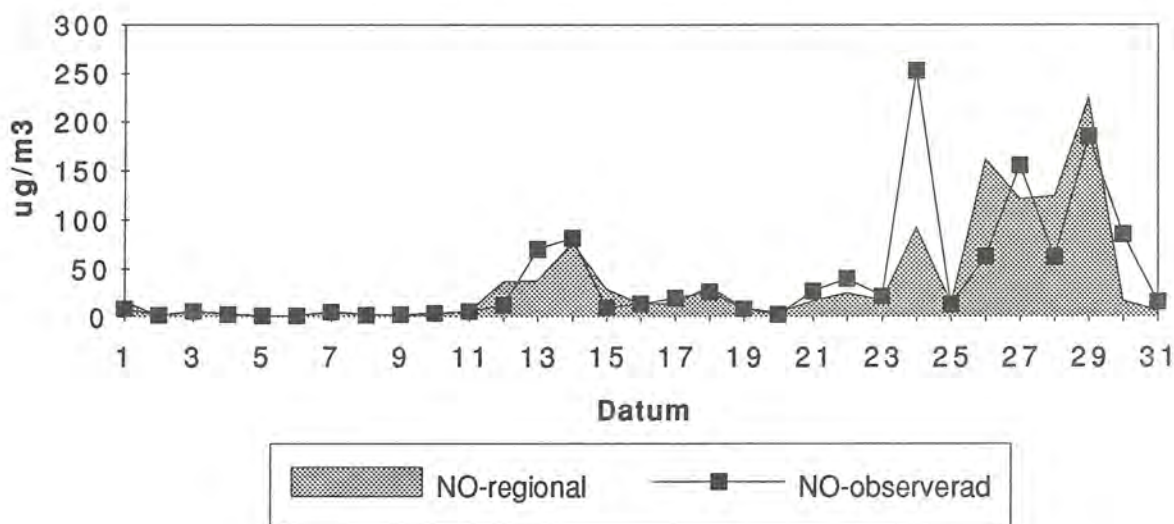
SO₂ vid Femman, januari 1991



Figur 10. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan långtransport-bidrag, regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av SO₂ i luft ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) för dygnsvärden under januari 1991.

Figure 10. Comparison, for a monitoring station in central Gothenburg, between long range transport contribution, regional contribution from the Swedish west-coast area and observed SO₂-concentrations in air ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) for daily values during January, 1991.

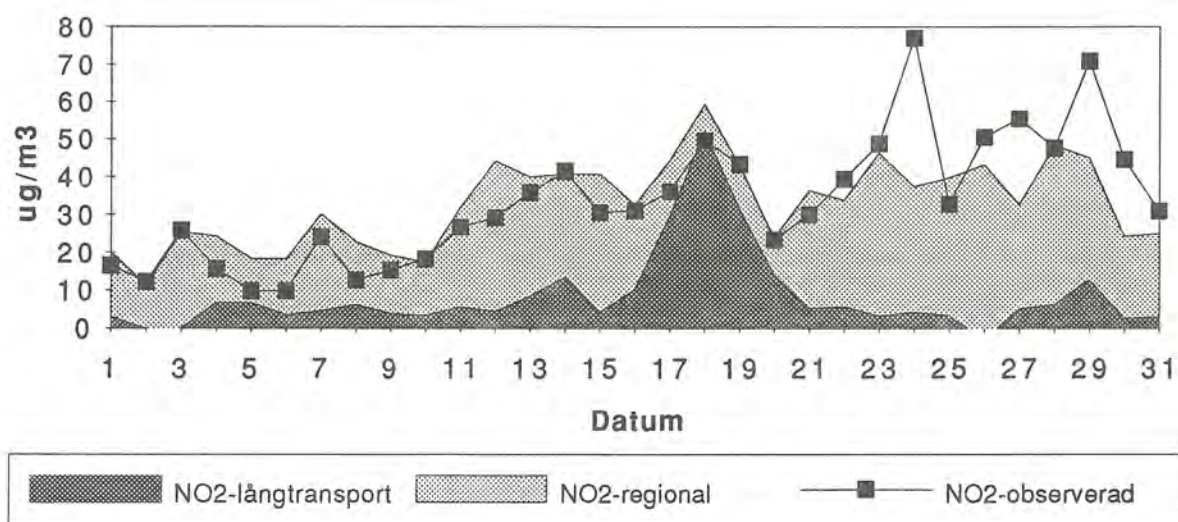
NO vid Femman, januari 1991



Figur 11. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av NO i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ räknat som NO₂) för dygnsvärden under januari 1991. Långtransportbidraget är 0.

Figure 11. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) air concentrations of NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ as NO₂) for daily values during January, 1991. Long range transport is zero.

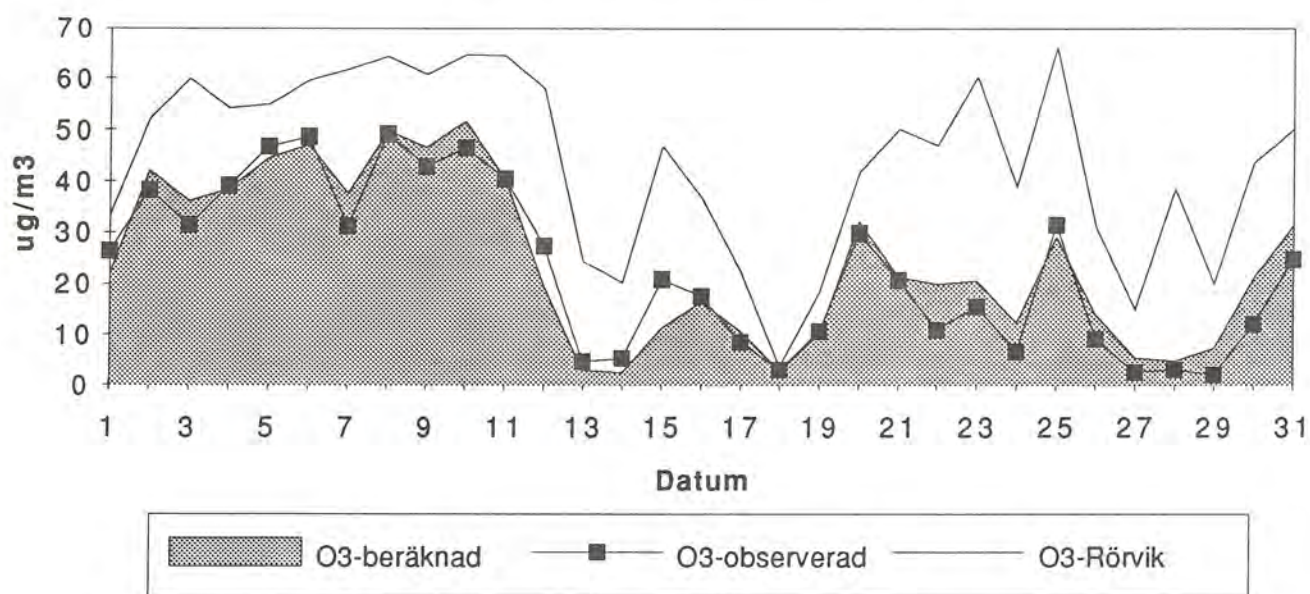
NO₂ vid Femman, januari 1991



Figur 12. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan långtransport-bidrag, regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av NO₂ i luft ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) för dygnsvärden under januari 1991.

Figure 12. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed NO₂-concentrations in air ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) for daily values during January, 1991.

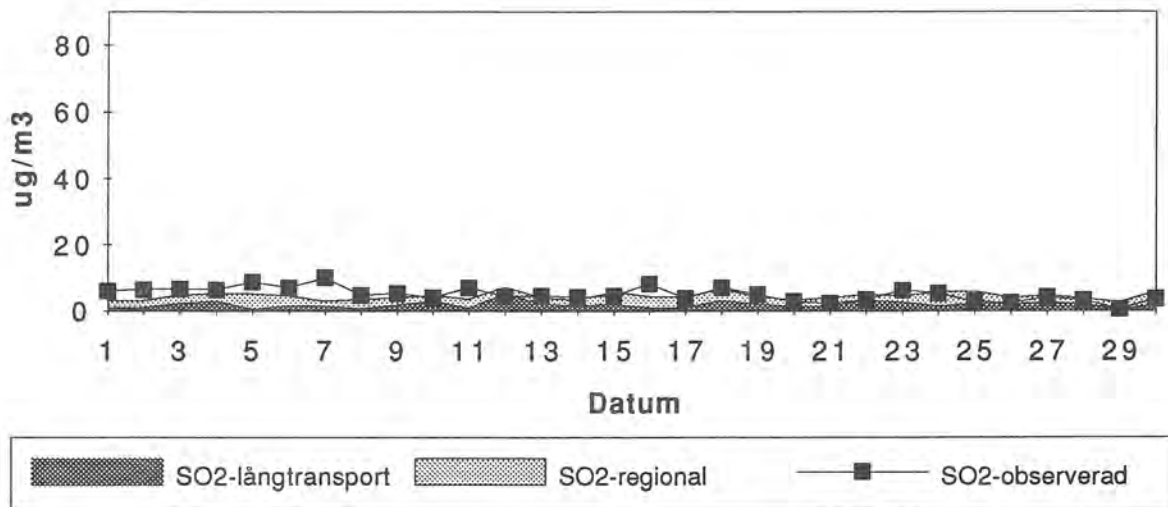
O₃ vid Femman, januari 1991



Figur 13. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade och observerade dygnshalter av O₃ ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) under januari 1991. En jämförelse med observerade dygnshalter av O₃ i Rörvik görs också.

Figure 13. Comparison for a measuring station in central Gothenburg between calculated (shaded) and observed (black squares) daily concentrations of O₃ ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) during January, 1991. A comparison with observed daily concentrations of O₃ (solid line) at the background station Rörvik outside Gothenburg is also shown.

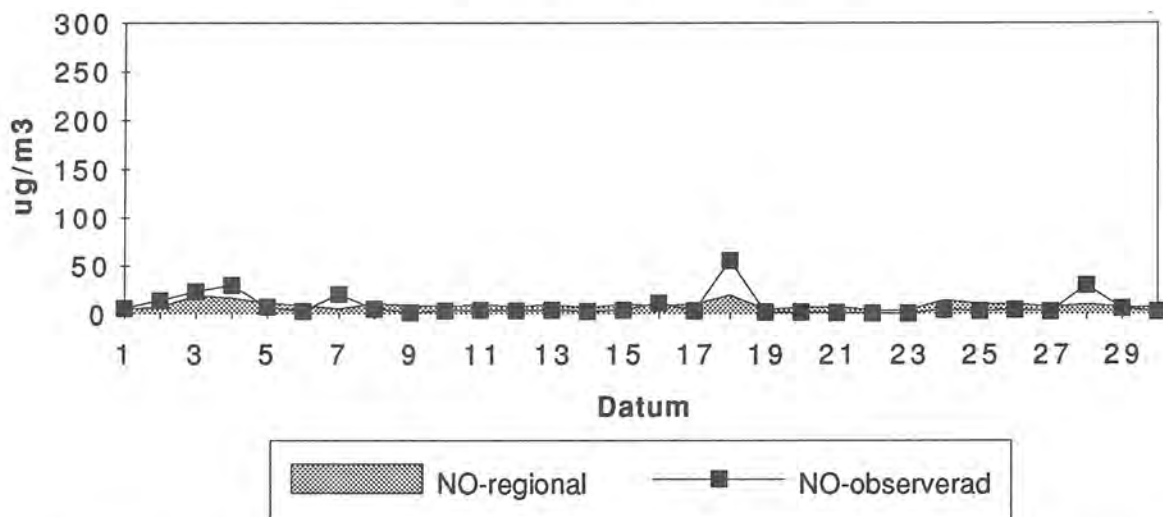
SO₂ vid Femman, juni 1991



Figur 14. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan långtransportbidrag, regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av SO₂ i luft (µg SO₂/m³) för dygnsvärden under juni 1991.

Figure 14. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed SO₂-concentrations in air (µg SO₂/m³) for daily values during June, 1991.

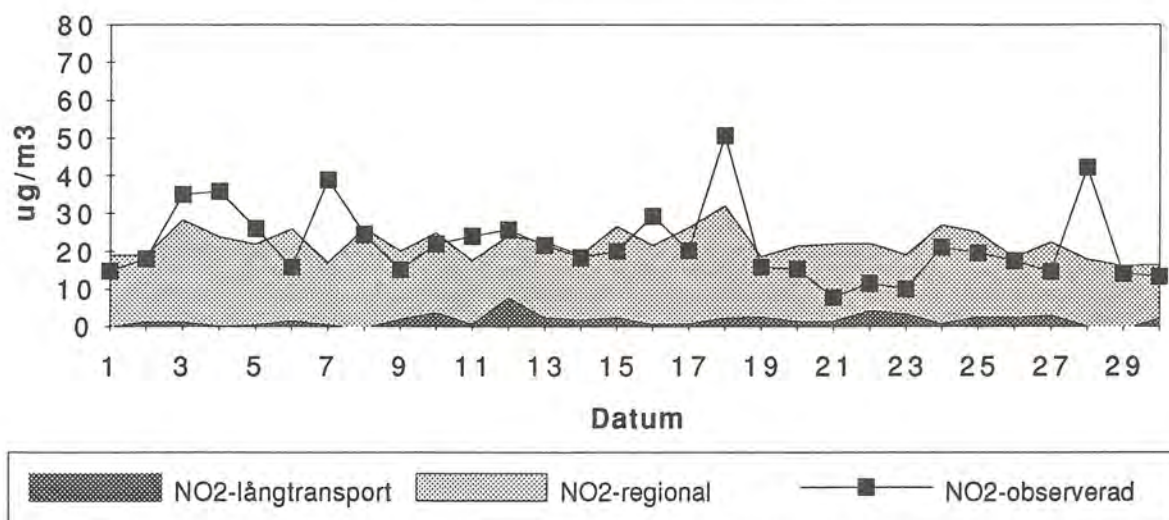
NO vid Femman, juni 1991



Figur 15. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av NO i luft (µg/m³ räknat som NO₂) för dygnsvärden under juni 1991. Långtransportbidraget är 0.

Figure 15. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) air concentrations of NO (µg/m³ as NO₂) for daily values during June, 1991. Long range transport is zero.

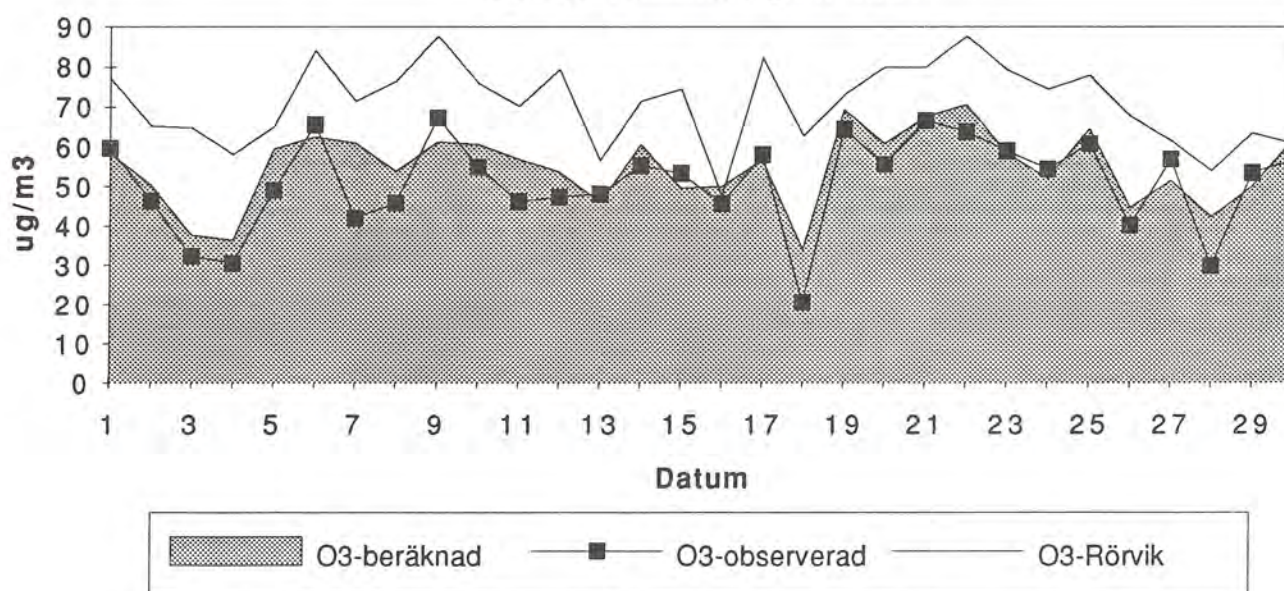
NO₂ vid Femman, juni 1991



Figur 16. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan långtransport-bidrag, regionala bidrag från NOP-länen och observerade halter av NO₂ i luft ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) för dygnsvärden under juni 1991.

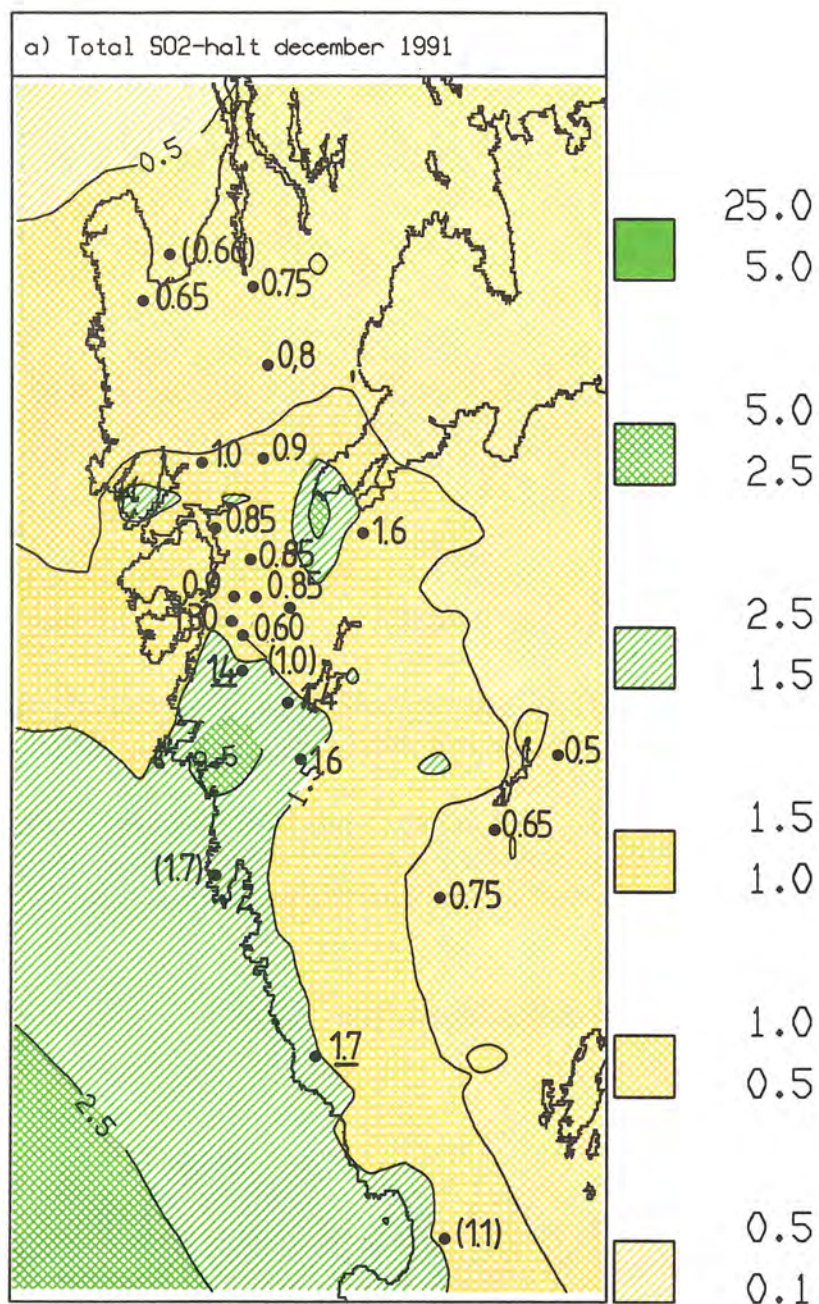
Figure 16. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between long range transport contribution (dark shaded), regional contribution (light shaded) from the Swedish west-coast area and observed NO₂-concentrations in air ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) for daily values during June, 1991.

O₃ vid Femman, juni 1991



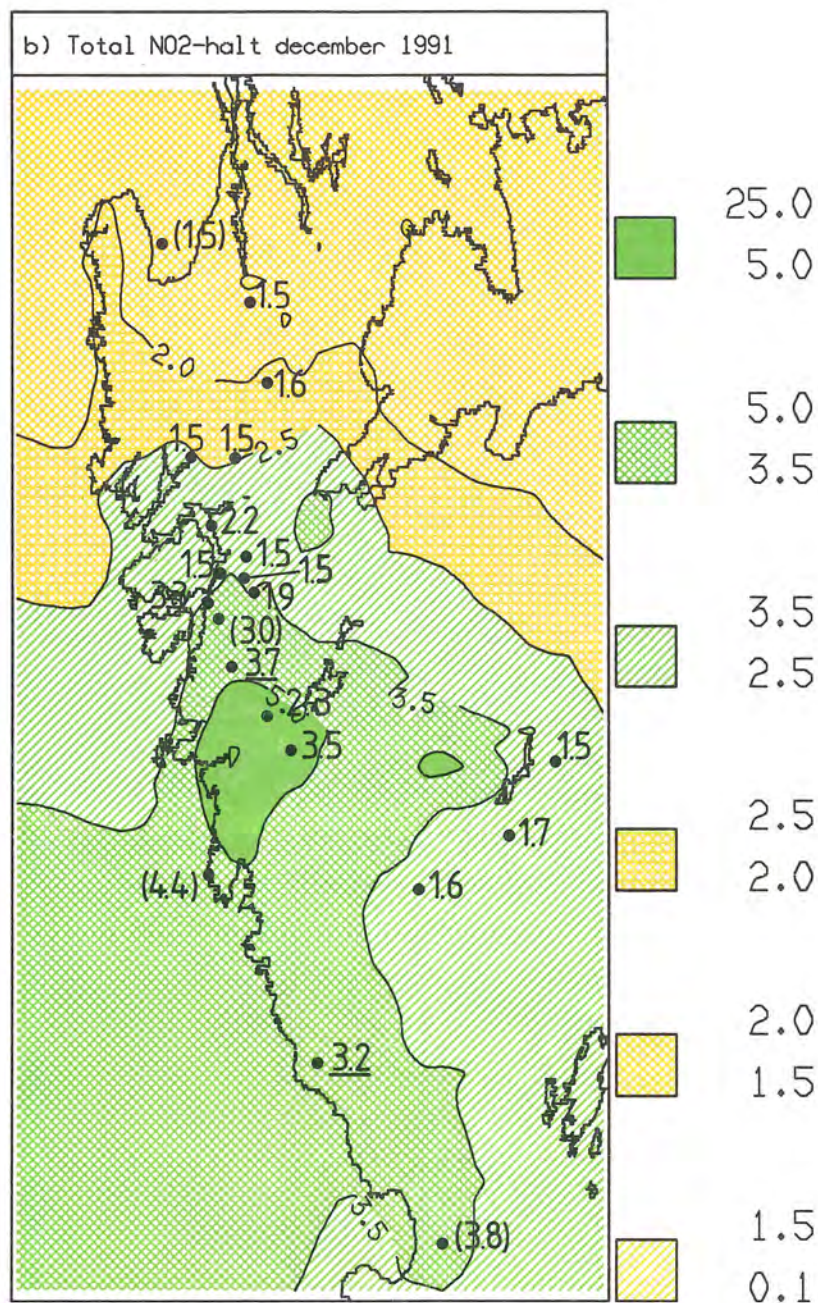
Figur 17. Jämförelse för station Femman i centrala Göteborg mellan beräknade och observerade dygnshalter av O₃ ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) under första halvåret 1991. En jämförelse med observerade dygnshalter av O₃ i Rörvik görs också.

Figure 17. Comparison, for a measuring station in central Gothenburg, between calculated (shaded) and observed (black squares) daily concentrations of O₃ ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) during the first half-year of 1991. A comparison with observed daily concentrations of O₃ (solid line) at the background station Rörvik outside Gothenburg is also shown.



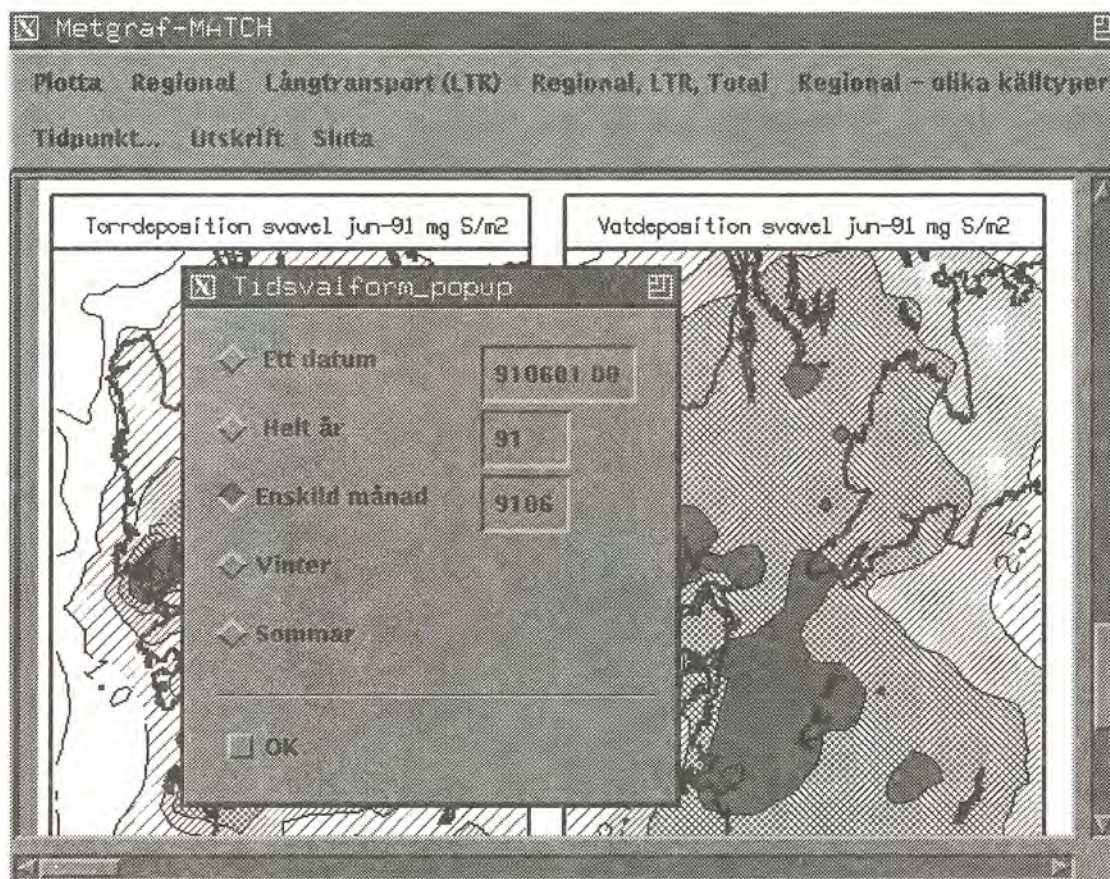
Figur 18a. Jämförelse för december 1991 mellan beräknade **månadshalter** av SO₂ (µg S/m³) över modellområdet och uppmätta halter vid mätstationer på landsbygden. Mätstationer: (x.x) = EMEP-station, beroende data; x.x = IVL urbannät, oberoende data; x.x = IVL passiva provtagare, oberoende data.

Figure 18a. Comparison, for December 1991, between calculated (indicated by isolines) and measured air concentrations of SO₂ (µg S/m³) (at rural stations).

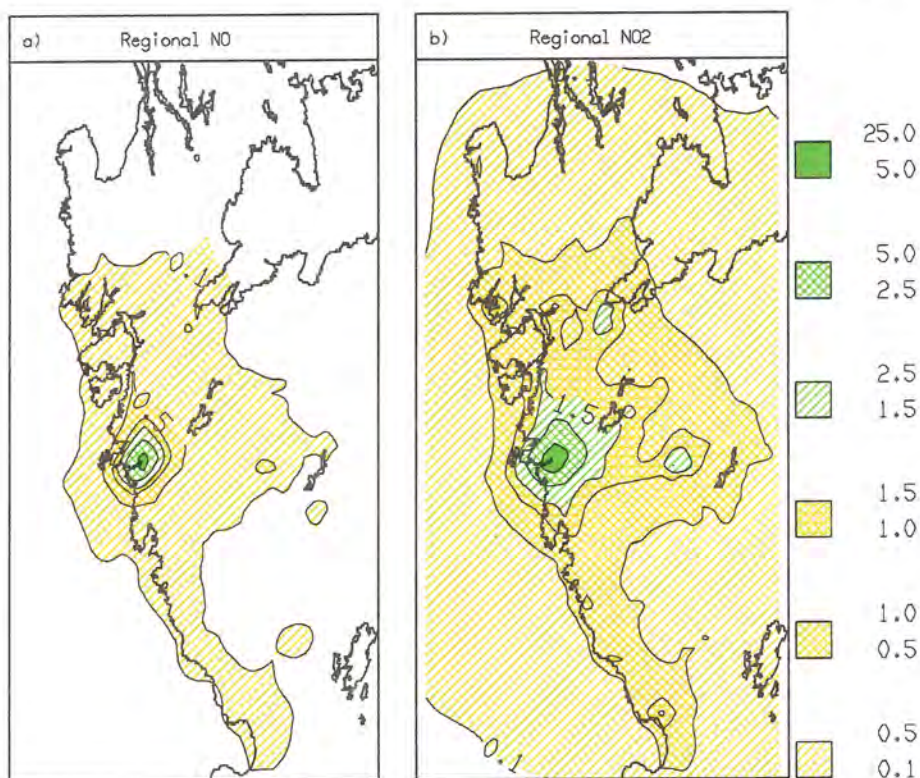


Figur 18b. Jämförelse för december 1991 mellan beräknade **månadshalter** av NO₂ ($\mu\text{g N/m}^3$) över modellområdet och uppmätta halter vid mätstationer på landsbygden. Mätstationer: (x.x) = EMEP-station, beroende data; x.x = IVL urbannät, oberoende data; x.x = IVL passiva provtagare, oberoende data.

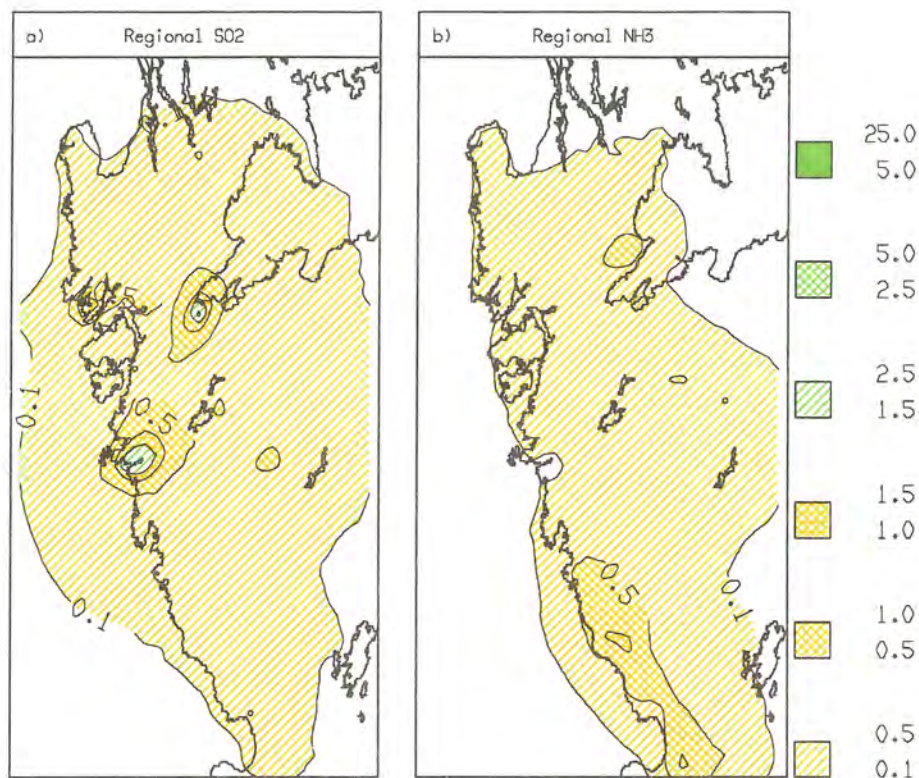
Figure 18b. Comparison, for December 1991, between calculated (indicated by isolines) and measured air concentrations of NO₂ ($\mu\text{g N/m}^3$) (at rural stations).



Figur 19. Illustration av meny i SMHIs presentationssystem på arbetsstation.
 Figure 19. Illustration of menu in the SMHI presentation system on workstation.

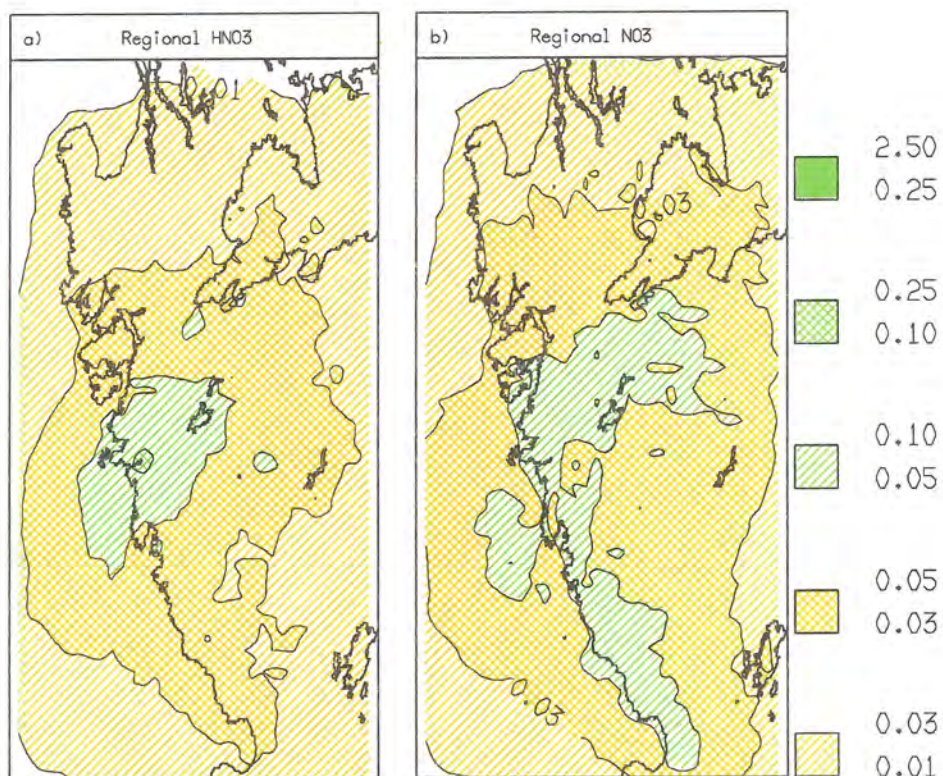


Figur 20. Beräknad årsmedelhalt ($\mu\text{g N/m}^3$) av a) NO och b) NO_2 , orsakad av samtliga källor inom NOP-länen.
 Figure 20. Calculated annual mean air concentration ($\mu\text{g N/m}^3$) of a) NO and b) NO_2 , caused by all sources within the west-coast area.



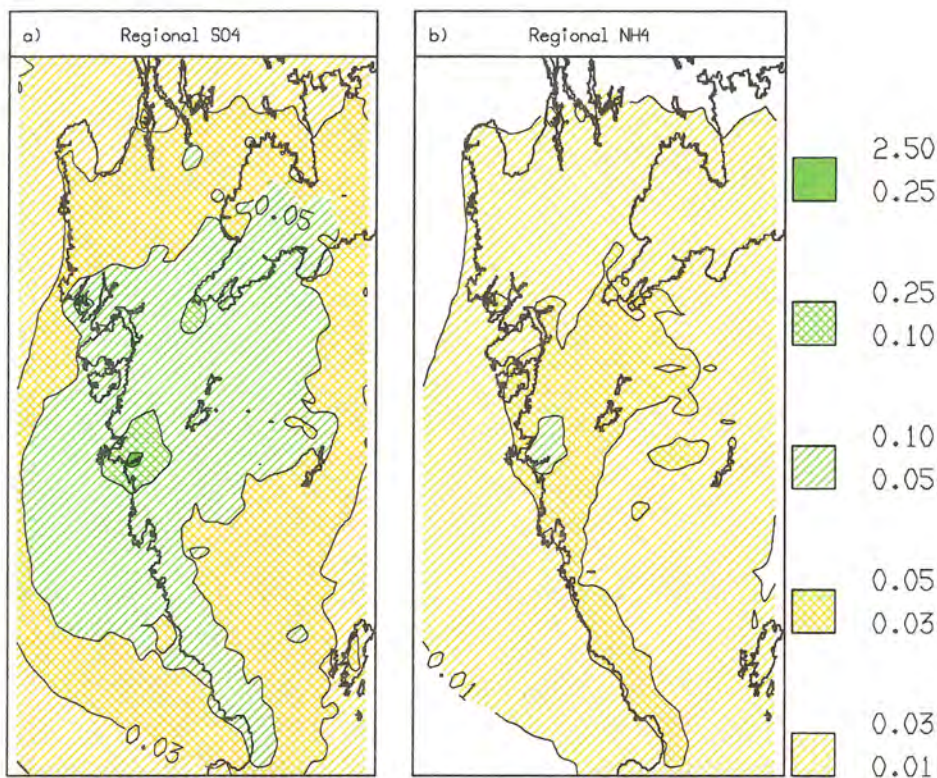
Figur 21. Beräknad årsmedelhalt i luft av a) SO_2 ($\mu\text{g S/m}^3$) och b) NH_3 ($\mu\text{g N/m}^3$), orsakad av samtliga källor inom NOP-länen.

Figure 21. Calculated annual mean air concentration of a) SO_2 ($\mu\text{g S/m}^3$) and b) NH_3 ($\mu\text{g N/m}^3$), caused by all sources within the west-coast area.



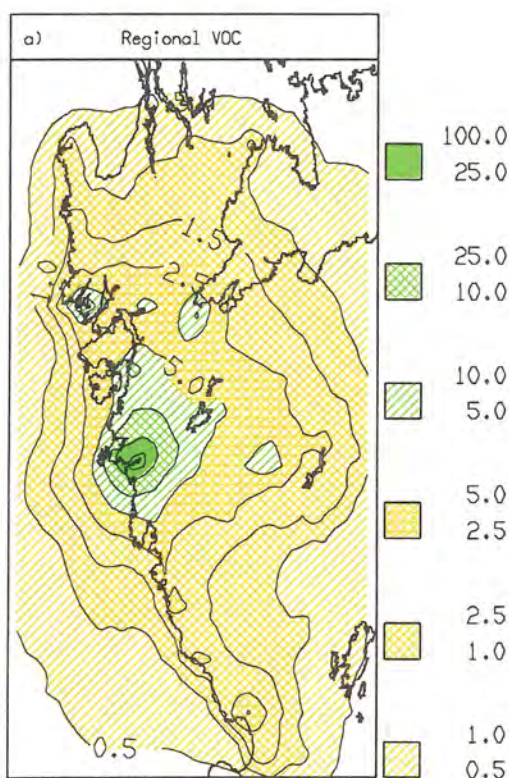
Figur 22. Beräknad årsmedelhalt ($\mu\text{g N/m}^3$) i luft av a) HNO_3 och b) NO_3^- , orsakad av samtliga källor inom NOP-länen.

Figure 22. Calculated annual mean air concentration ($\mu\text{g N/m}^3$) of a) HNO_3 and b) NO_3^- , caused by all sources within the west-coast area.



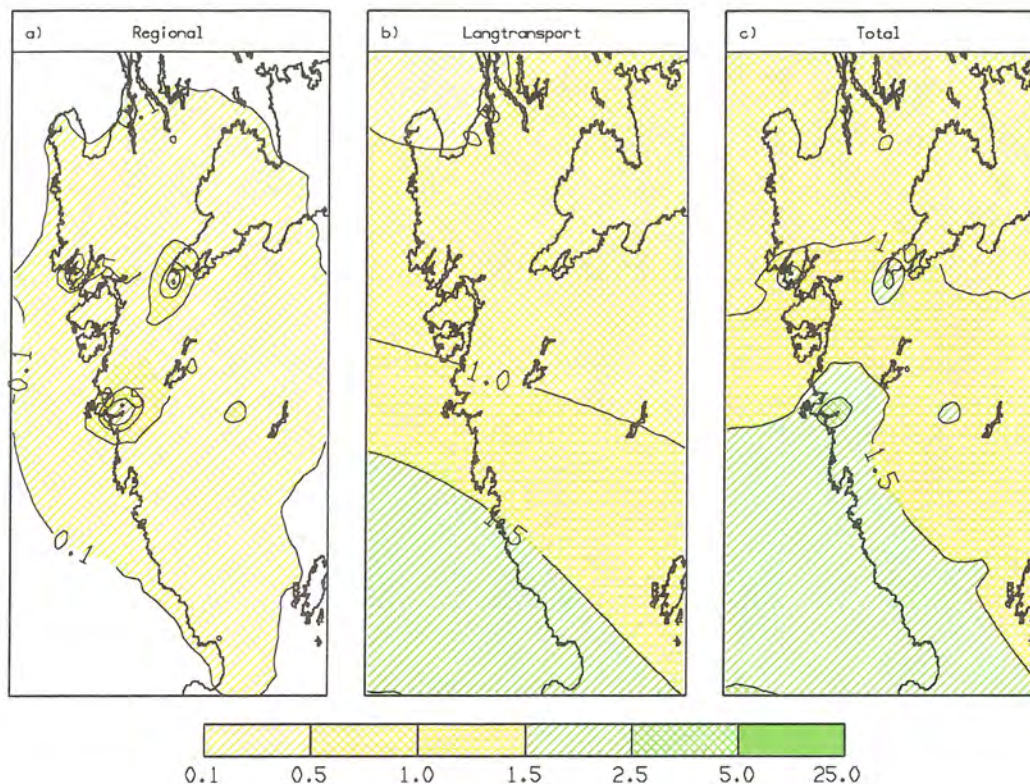
Figur 23. Beräknad årsmedelhalt i luft av a) SO_4^{2-} ($\mu g S/m^3$) och b) NH_4^+ ($\mu g N/m^3$), orsakad av samtliga källor inom NOP-länen.

Figure 23. Calculated annual mean air concentration of a) SO_4^{2-} ($\mu g S/m^3$) and b) NH_4^+ ($\mu g N/m^3$), caused by all sources within the west-coast area.



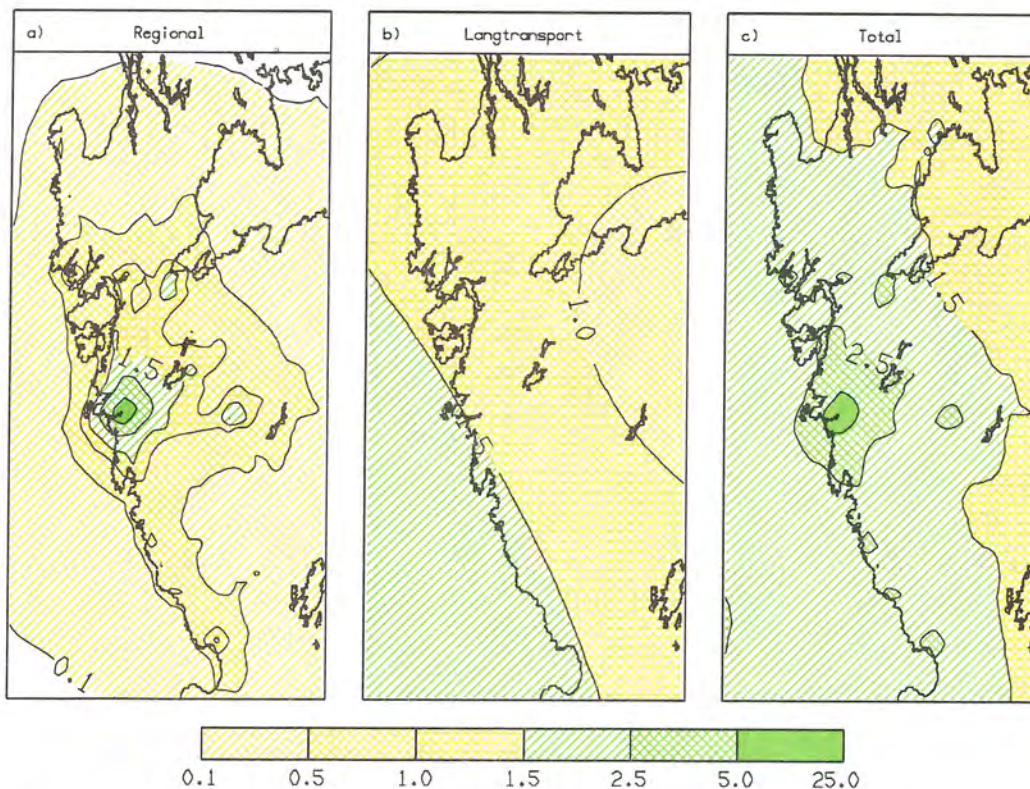
Figur 24. Beräknad årsmedelhalt i luft av VOC ($\mu g/m^3$), orsakad av samtliga källor inom NOP-länen.

Figure 24. Calculated annual mean air concentration of VOC ($\mu g/m^3$), caused by all sources within the west-coast area.



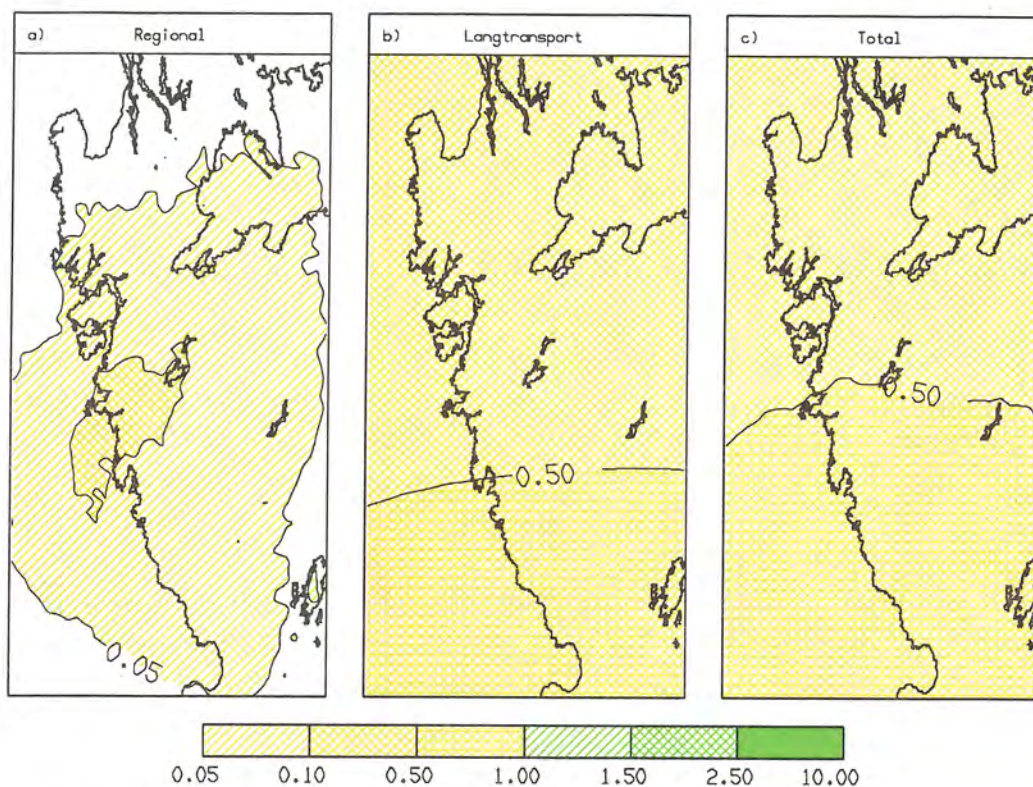
Figur 25. Jämförelse mellan beräknade årsmedelvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för SO_2 -halt ($\mu\text{g S/m}^3$) i luft.

Figure 25. Comparison between calculated annual mean air concentration of SO_2 ($\mu\text{g S/m}^3$) for a) west-coast regional contribution, b) long range transport contribution, and c) total.

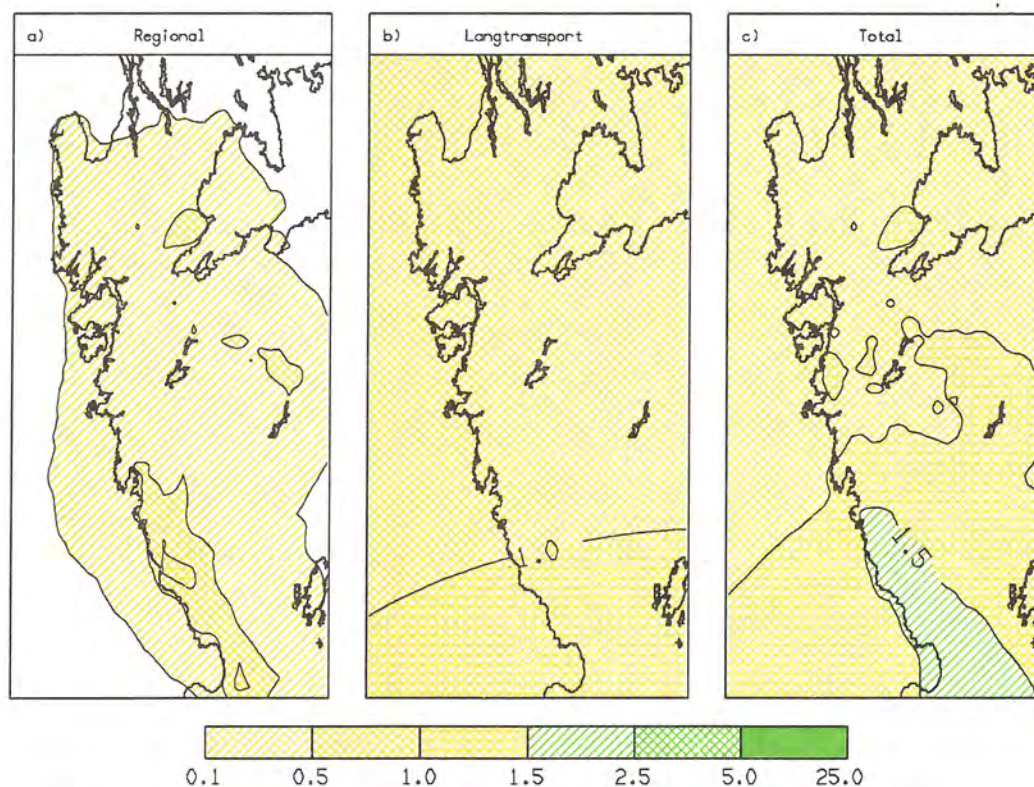


Figur 26. Jämförelse mellan beräknade årsmedelvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för NO_2 -halt ($\mu\text{g N/m}^3$) i luft.

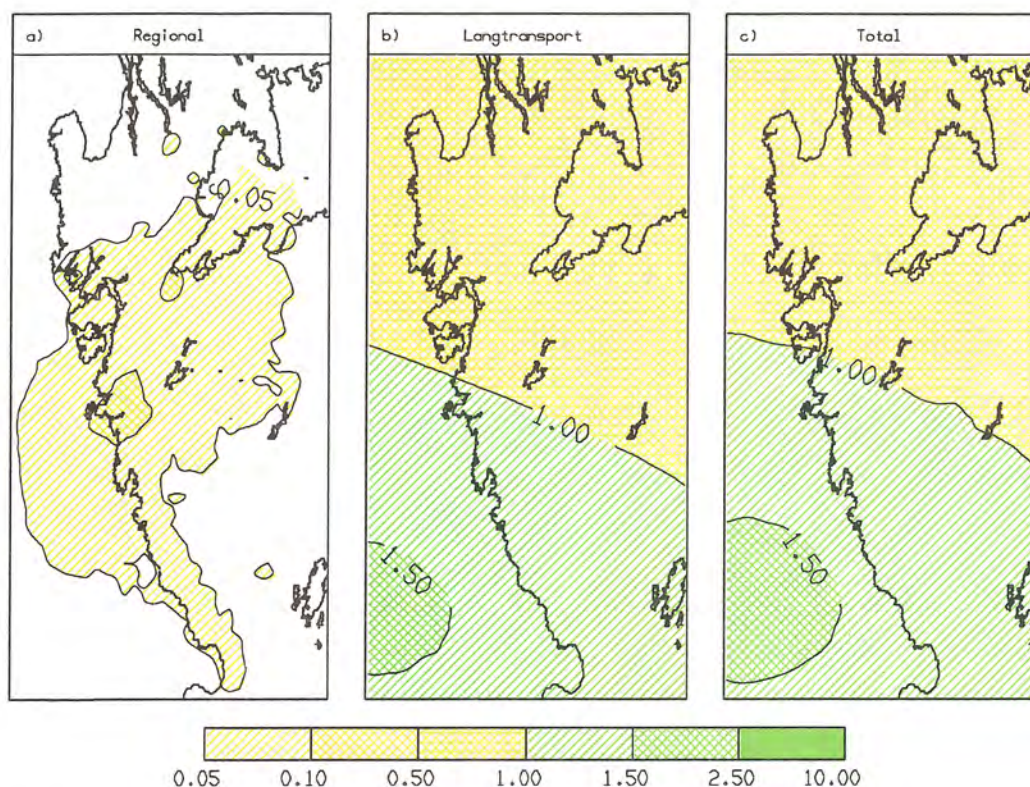
Figure 26. Comparison between calculated annual mean air concentration of NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$) for a) west-coast regional contribution, b) long range transport contribution, and c) total.



Figur 27. Jämförelse mellan beräknade årsmedelvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för $(\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-)$ -halt ($\mu\text{g N/m}^3$) i luft.
Figure 27. Comparison between calculated annual mean air concentration of $(\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-)$ ($\mu\text{g N/m}^3$) for a) west-coast regional contribution, b) long range transport contribution, and c) total.

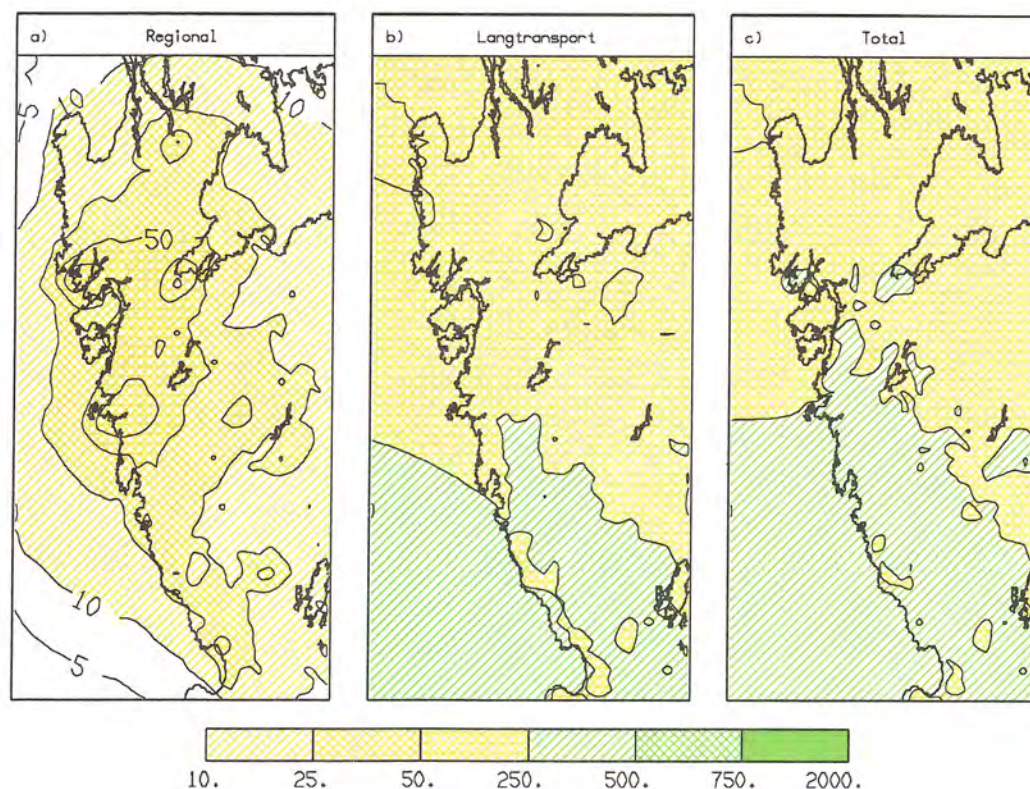


Figur 28. Jämförelse mellan beräknade årsmedelvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för $(\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3)$ -halt ($\mu\text{g N/m}^3$) i luft.
Figure 28. Comparison between calculated annual mean air concentration of $(\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3)$ ($\mu\text{g N/m}^3$) for a) west-coast regional contribution, b) long range transport contribution, and c) total.



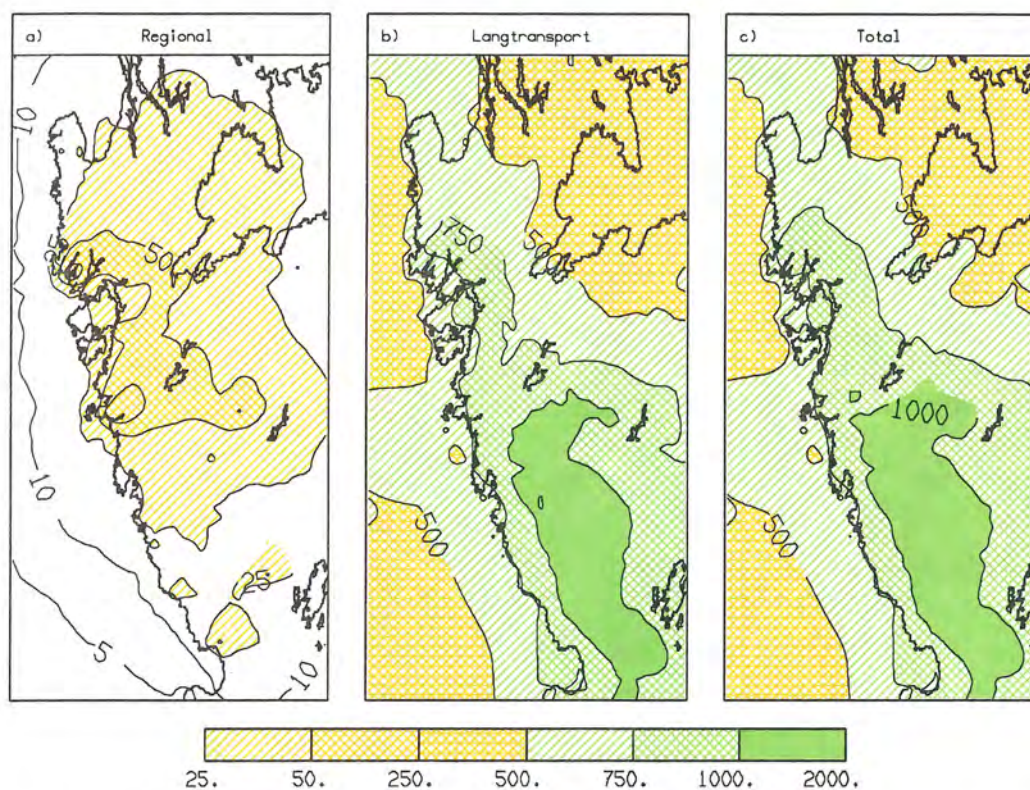
Figur 29. Jämförelse mellan beräknade årsmedelvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för SO_4^{2-} -halt ($\mu\text{g S/m}^3$) i luft.

Figure 29. Comparison between calculated annual mean air concentration of SO_4^{2-} ($\mu\text{g S/m}^3$) for a) west-coast regional contribution, b) long range transport contribution, and c) total.

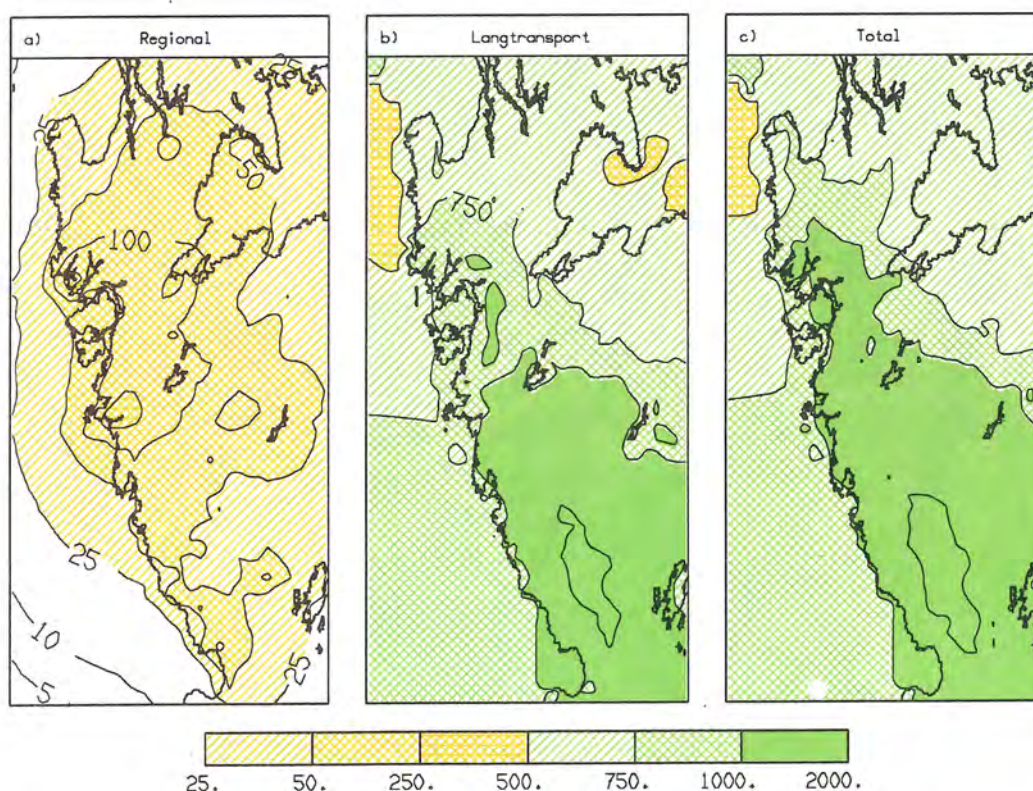


Figur 30. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torrdeposition av svavel (mg S/m^2).

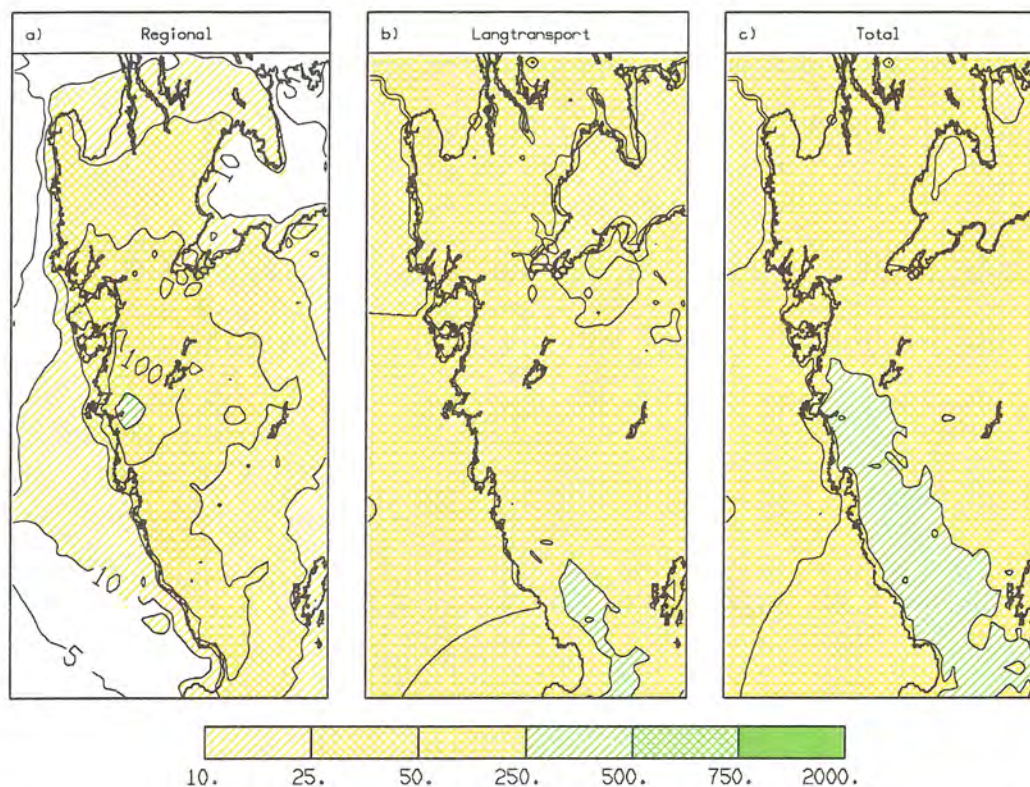
Figure 30. Comparison between calculated annual dry deposition of sulphur (mg S/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



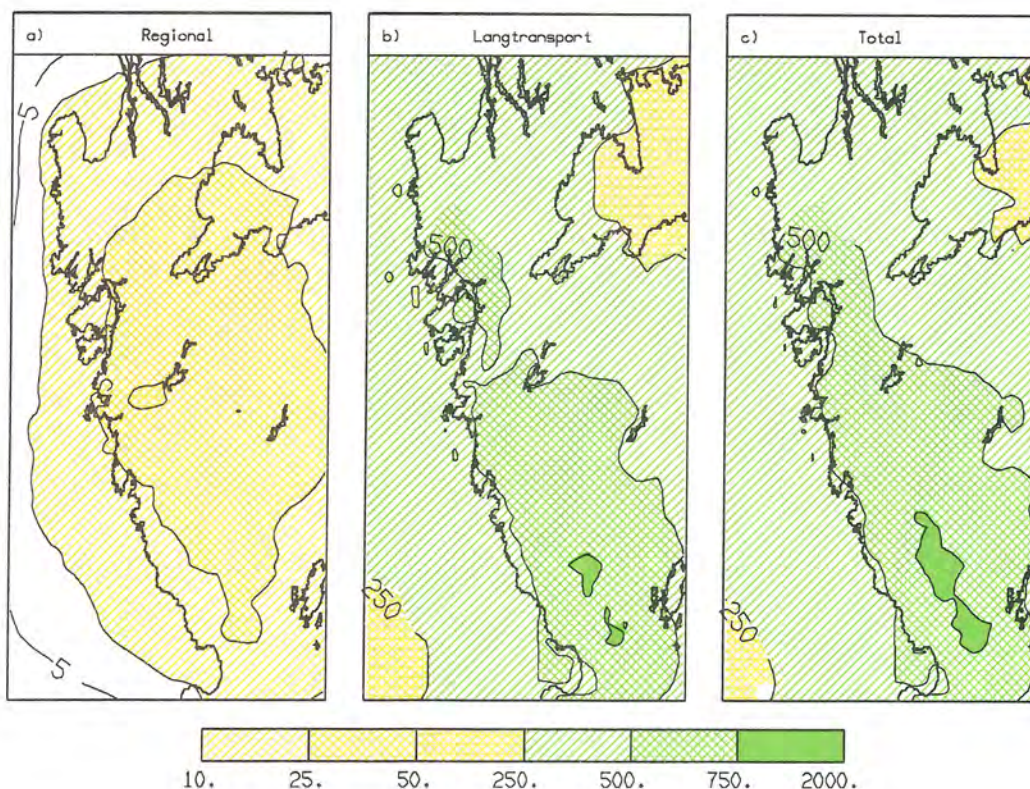
Figur 31. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för våtdeposition av svavel (mg S/m^2).
Figure 31. Comparison between calculated annual wet deposition of sulphur (mg S/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



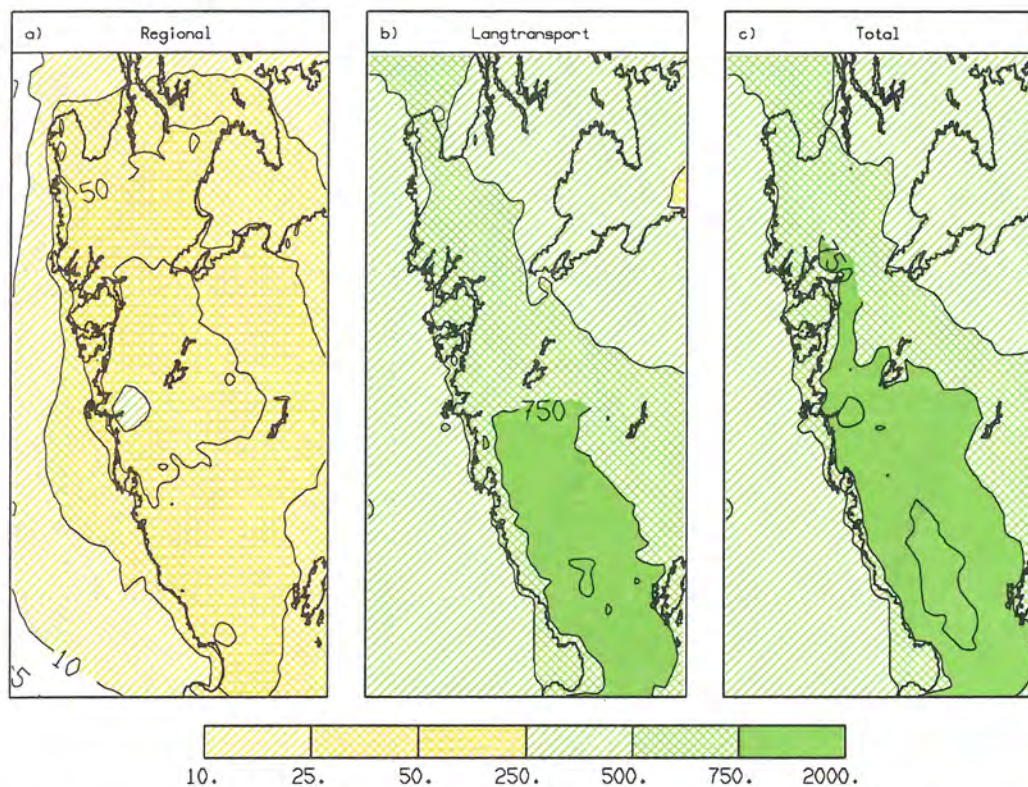
Figur 32. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torr + våt deposition av svavel (mg S/m^2).
Figure 32. Comparison between calculated annual dry + wet deposition of sulphur (mg S/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



Figur 33. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torrdeposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2).
 Figure 33. Comparison between calculated annual dry deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.

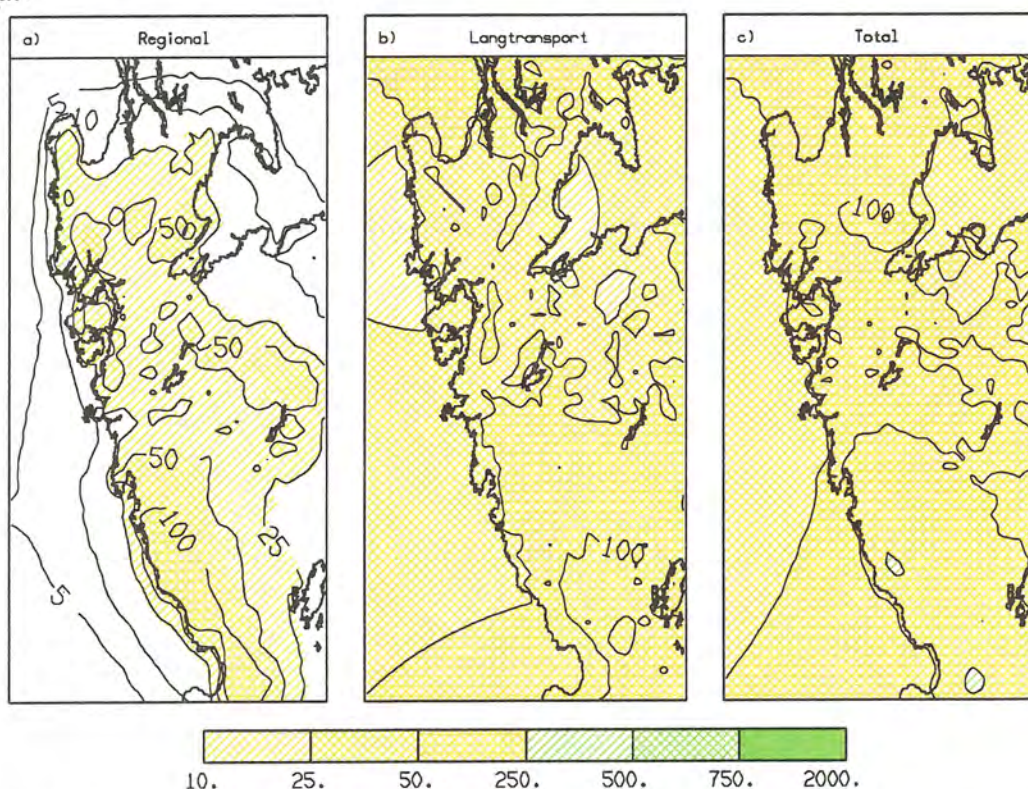


Figur 34. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för våtdeposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2).
 Figure 34. Comparison between calculated annual wet deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



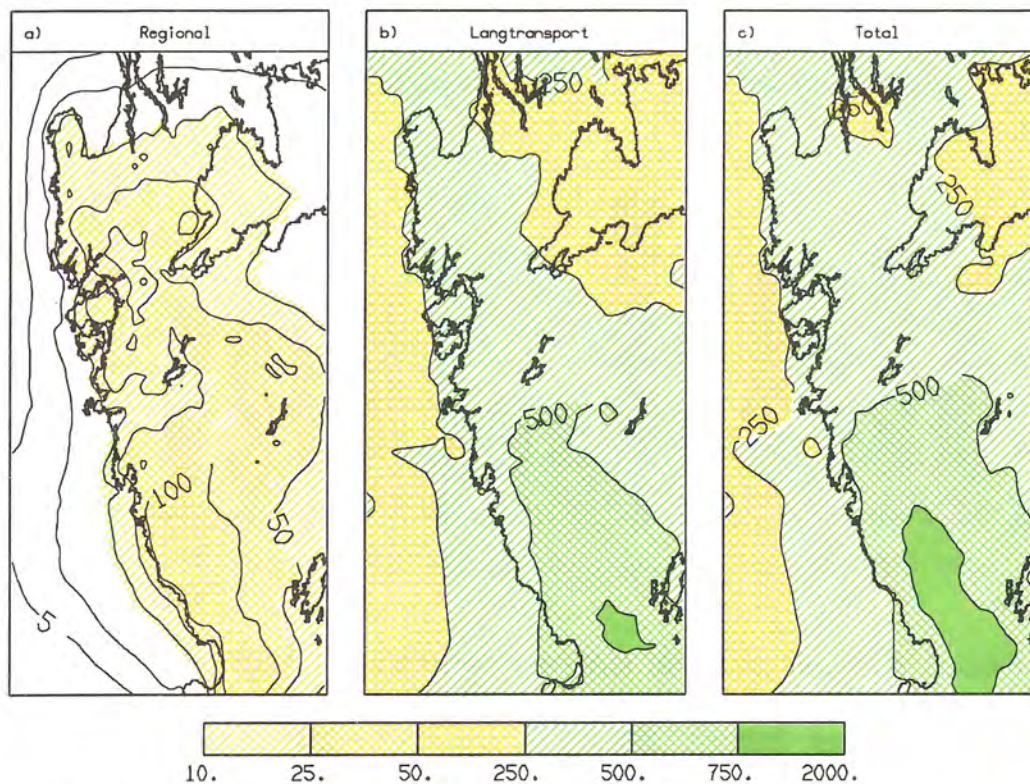
Figur 35. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torr + våt deposition av NO_x - N (mg N/m^2).

Figure 35. Comparison between calculated annual dry + wet deposition of NO_x - N (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.

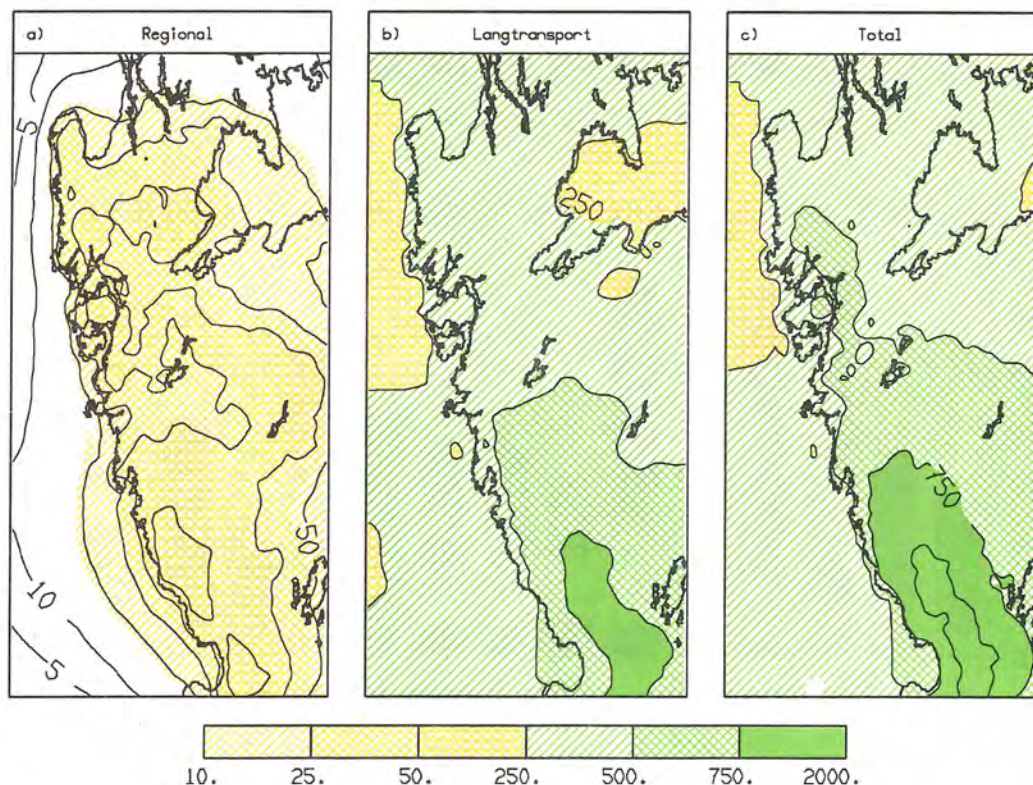


Figur 36. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torrdeposition av NH_x - N (mg N/m^2).

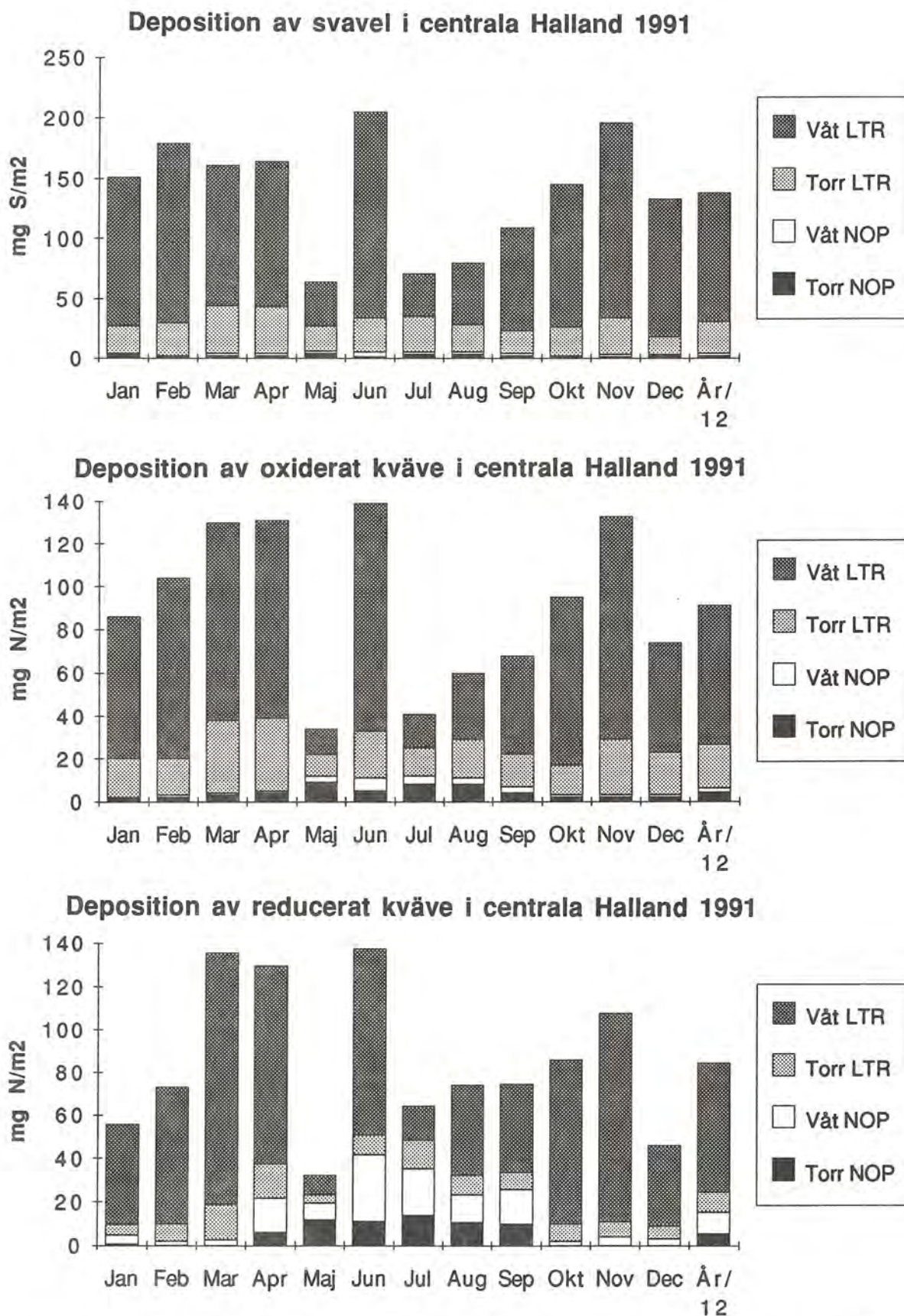
Figure 36. Comparison between calculated annual dry deposition of NH_x - N (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



Figur 37. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för våtdeposition av $\text{NH}_x - \text{N}$ (mg N/m^2).
Figure 37. Comparison between calculated annual wet deposition of $\text{NH}_x - \text{N}$ (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.

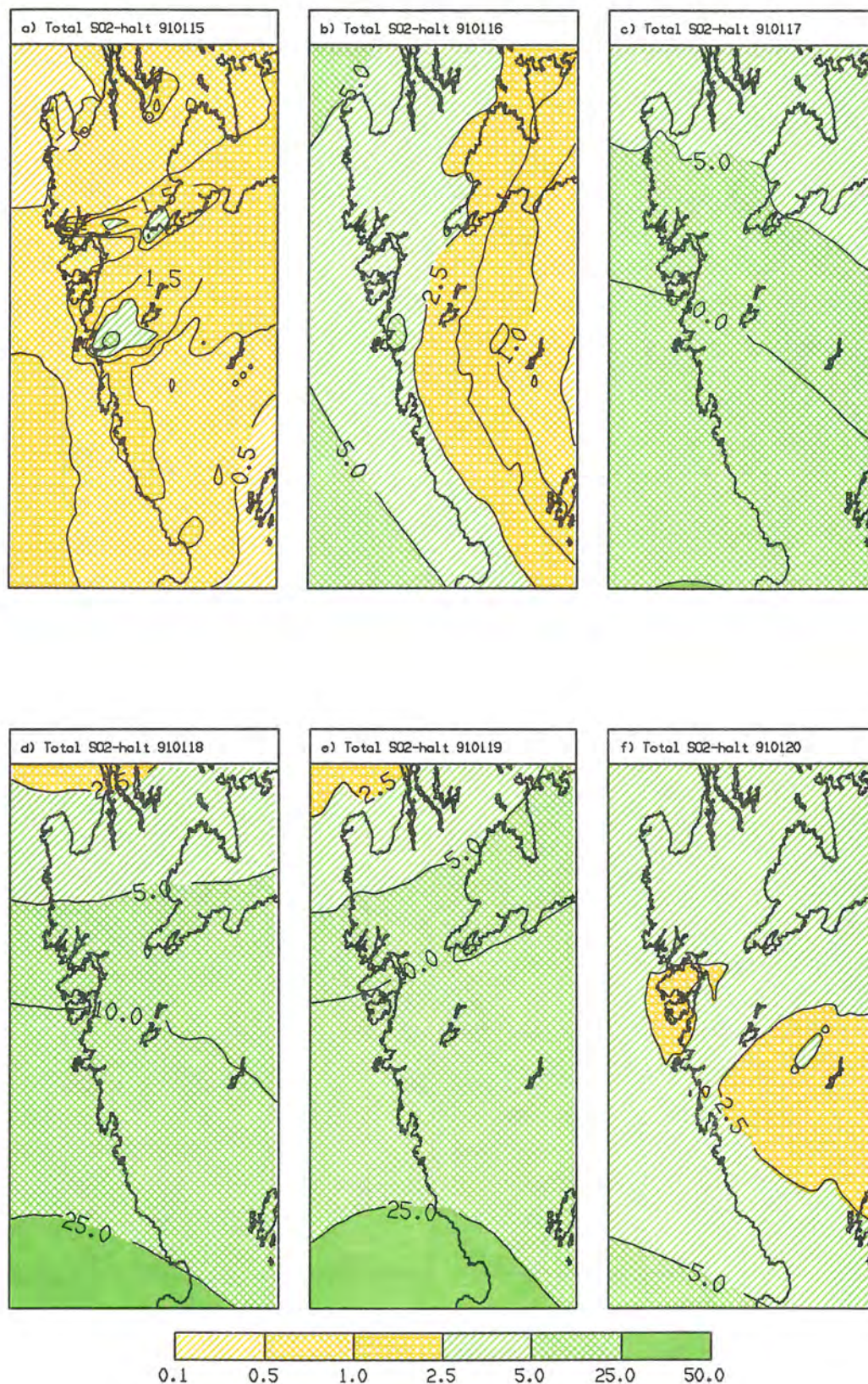


Figur 38. Jämförelse mellan beräknade årsvärden av a) NOP-länens regionala bidrag, b) långtransportbidrag och c) totalt för torr + våt deposition av $\text{NH}_x - \text{N}$ (mg N/m^2).
Figure 38. Comparison between calculated annual dry + wet deposition of $\text{NH}_x - \text{N}$ (mg N/m^2) for a) west-coast contribution, b) long range transport contribution and c) total.



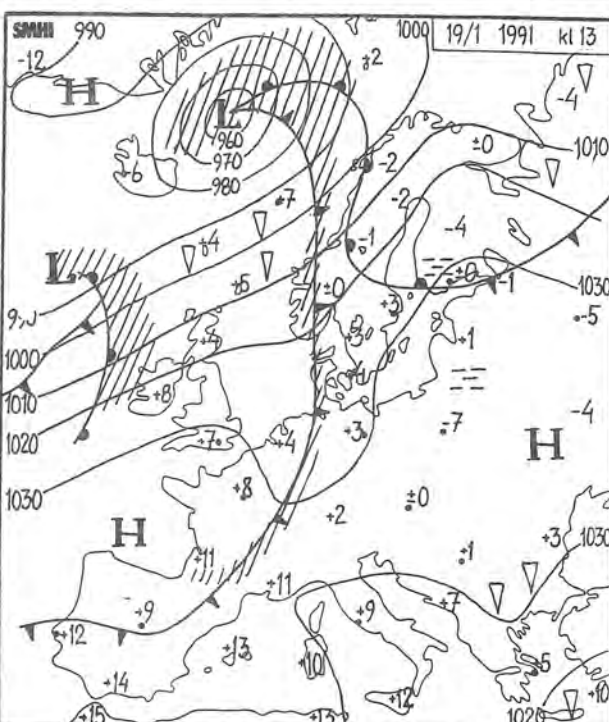
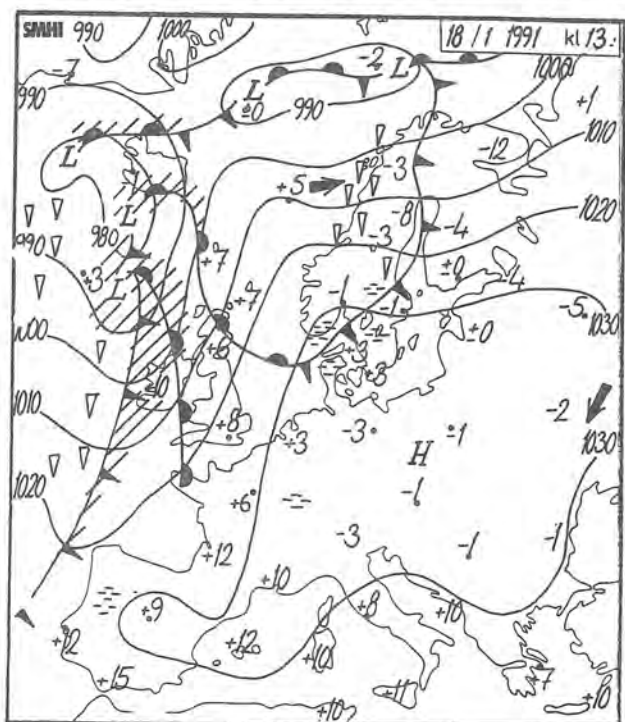
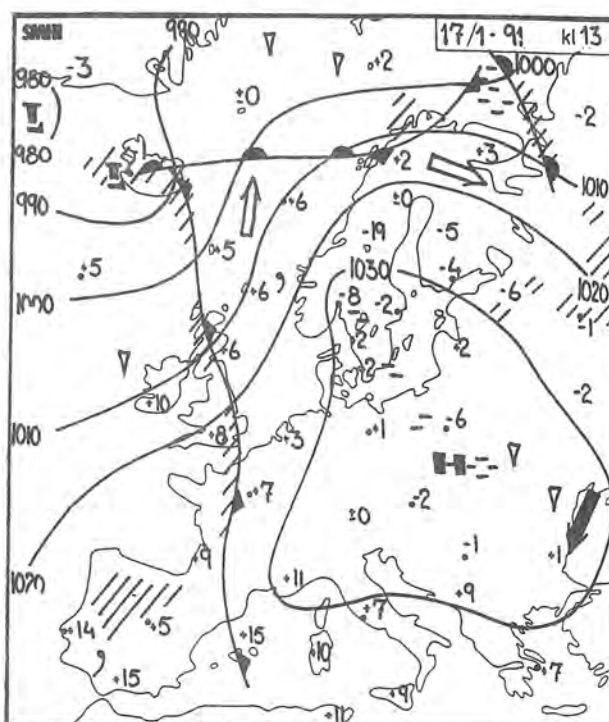
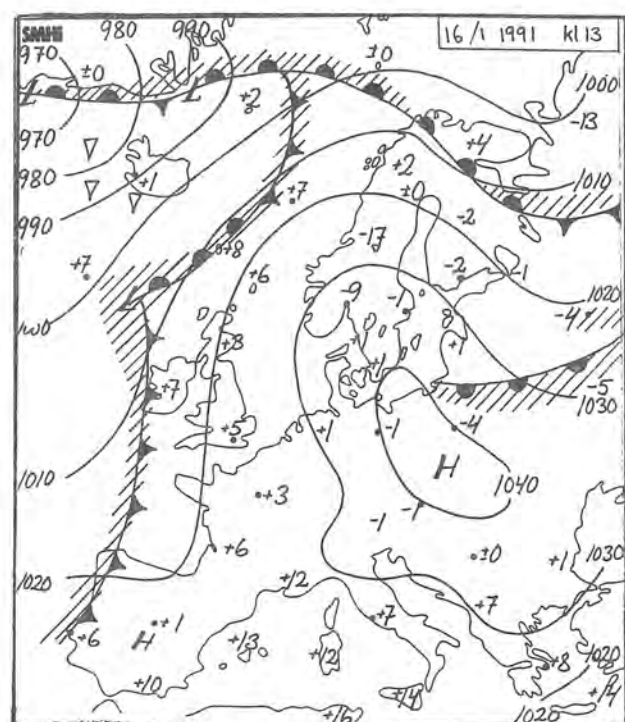
Figur 39. Månadsvärden för depositionen över centrala Halland av svavel, oxiderat kväve och reducerat kväve, uppdelade på torr och våt deposition samt NOP-bidrag och långtransport.

Figure 39. Monthly values for the deposition over central Halland of sulphur, oxidized and reduced nitrogen, separated into wet and dry deposition from west-coast and long range transport contribution.

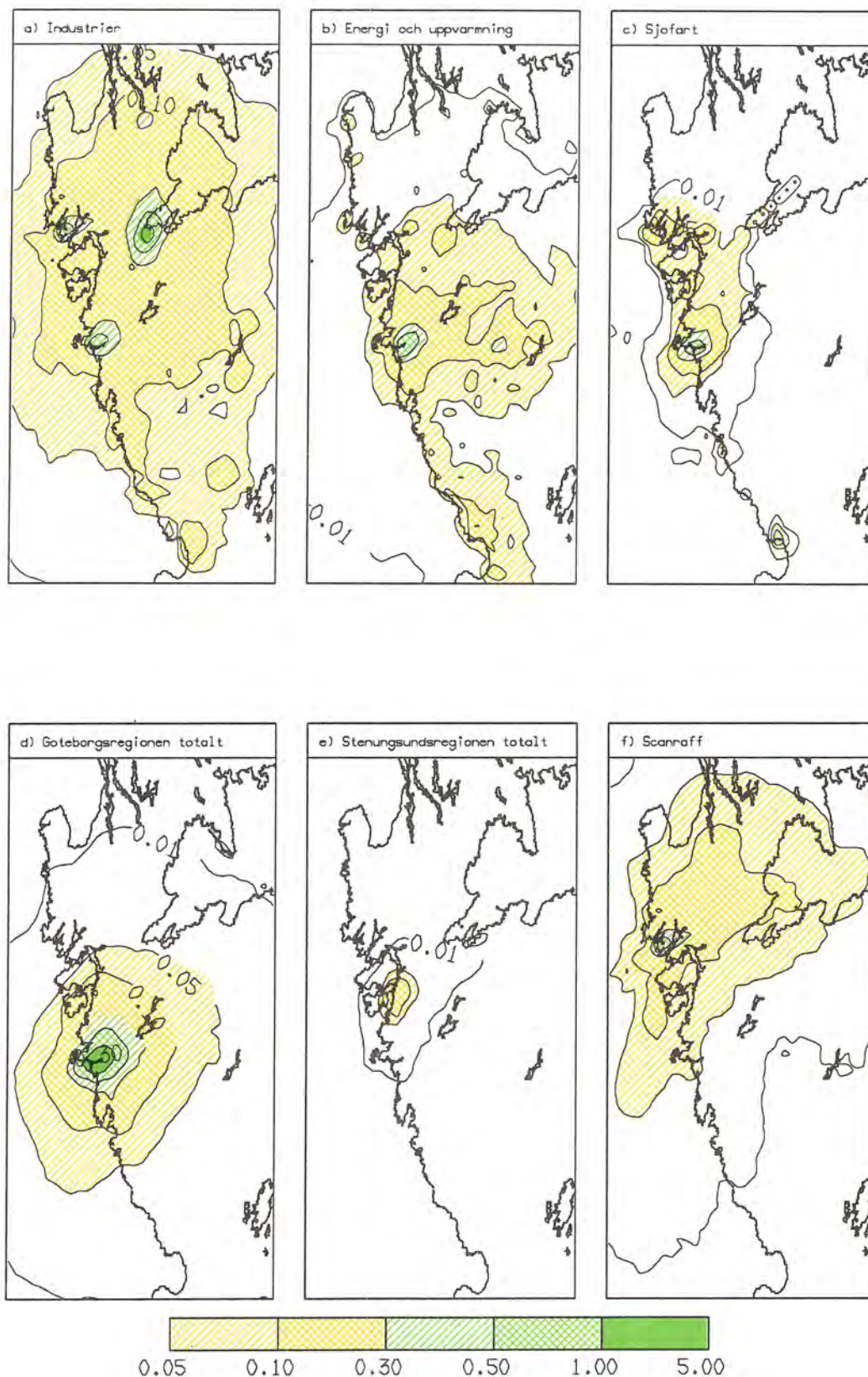


Figur 40. Beräknade dygnsmedelvärden av totala SO₂-halter i luft (µg S/m³) för dygnet 15 - 20 januari.

Figure 40. Calculated daily mean values of SO₂-concentration in air (µg S/m³) for the days 15 - 20 January.

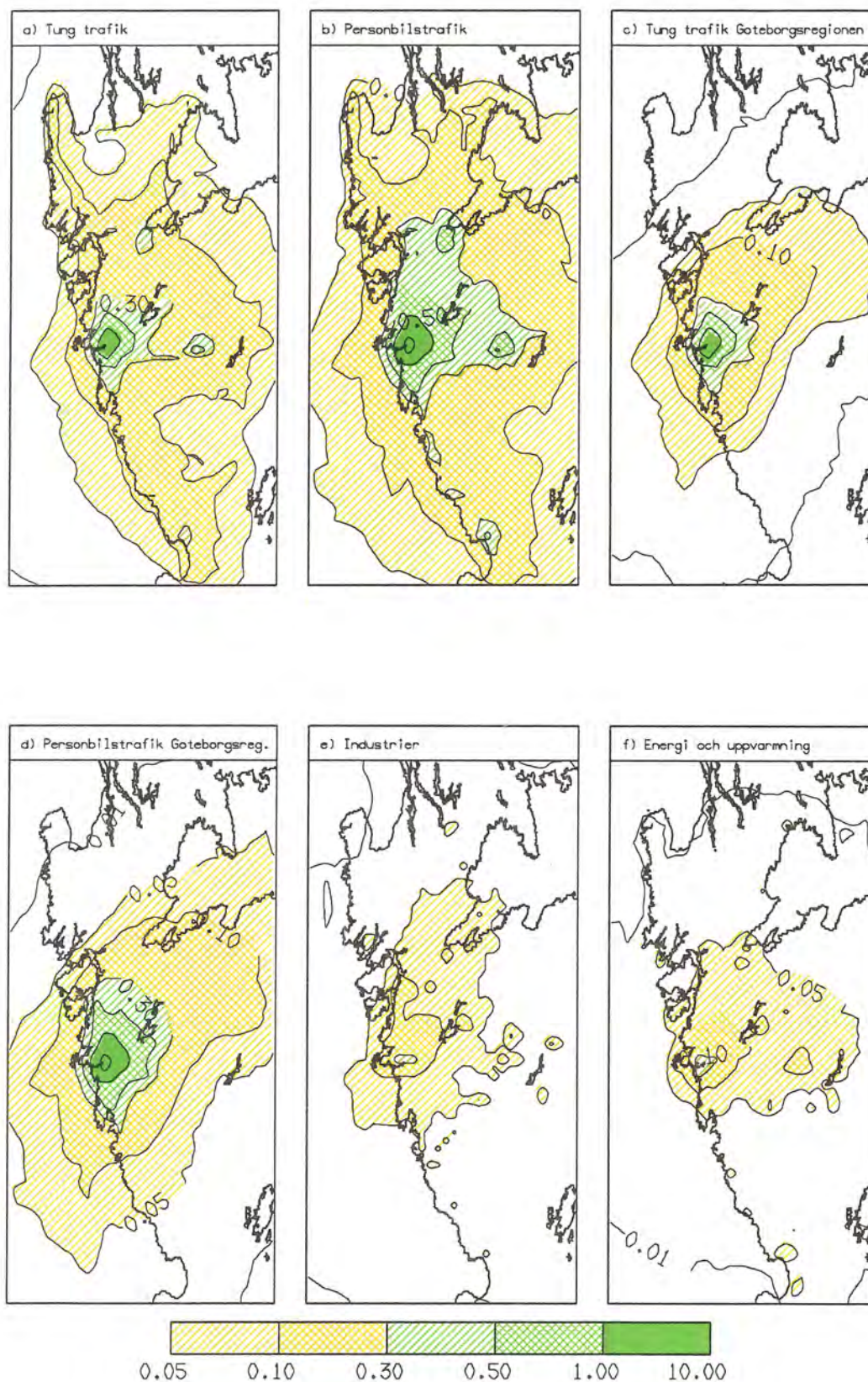


Figur 41. Väderkarta för dagarna 16 - 19 januari 1991, kl. 13.
 Figure 41. Weather maps for the days 16 - 19 January, 1991, at 13 LT.



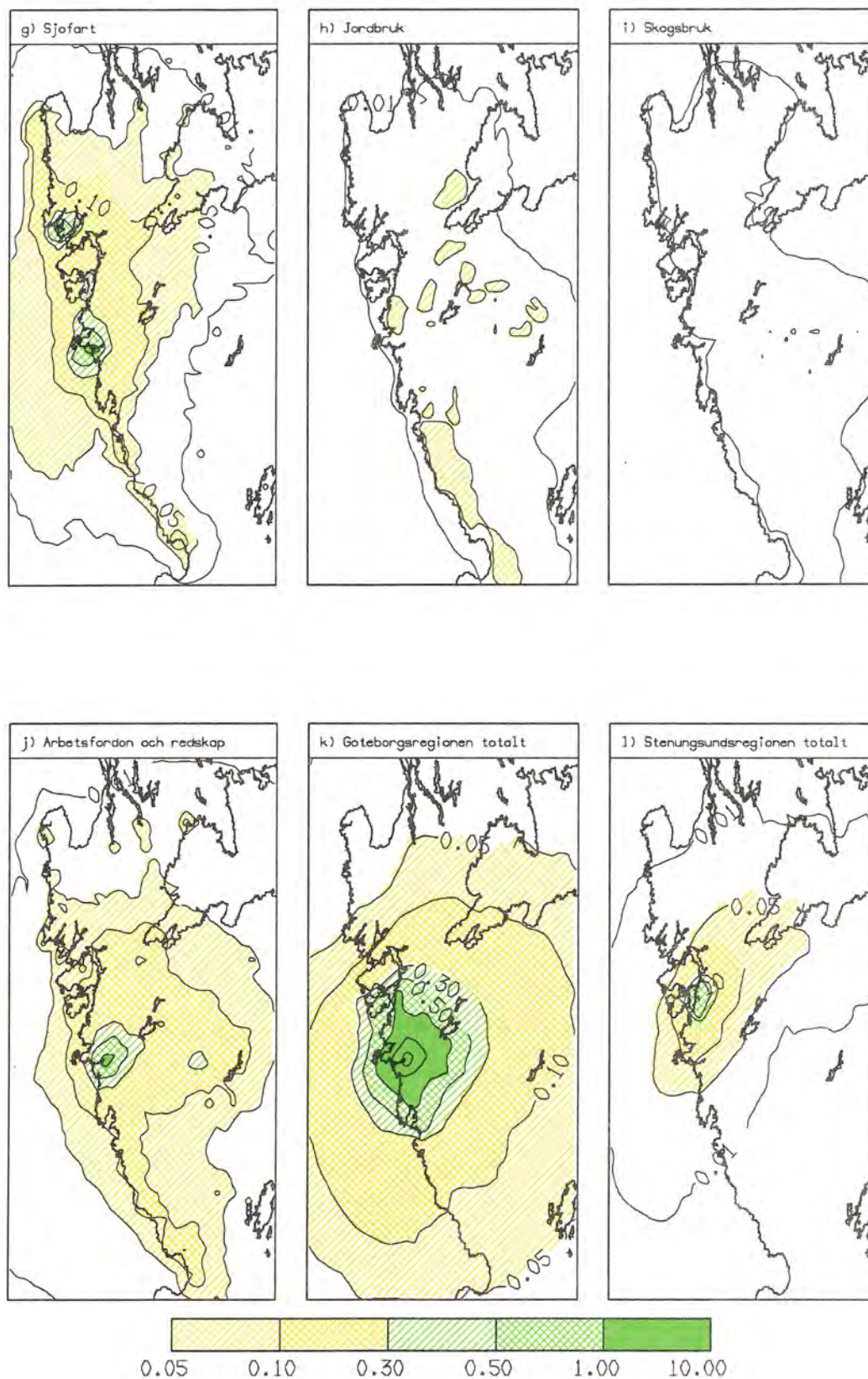
Figur 42. Beräknad årsmedelhalt i luft av SO_2 ($\mu\text{g S/m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) industri, b) energi och uppvärmning, c) sjöfart, d) Göteborgsregionen totalt, e) Stenungsundsregionen totalt, f) Scanraff.

Figure 42. Calculated annual mean air concentration of SO_2 ($\mu\text{g S/m}^3$) caused by emissions within the west-coast area from a) industry, b) energy and heating, c) shipping, d) Gothenburg region, e) Stenungsund region, f) Scanraff.



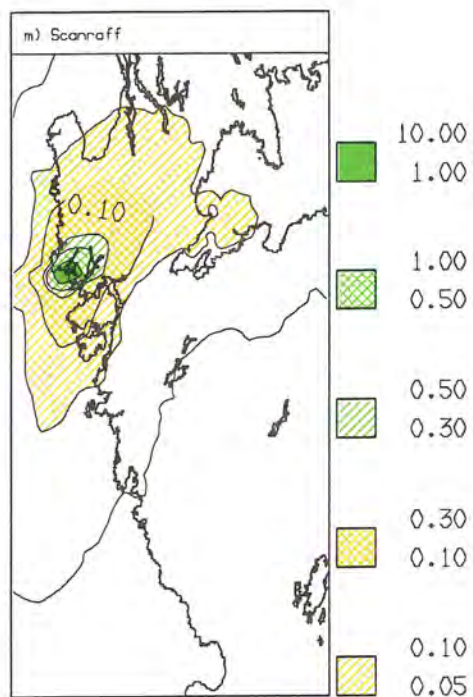
Figur 43. Beräknad årsmedelhalt i luft av NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) tung trafik, b) personbilstrafik, c) tung trafik i Göteborgsregionen, d) personbilstrafik i Göteborgsregionen, e) industri, f) energi och uppvärmning.

Figure 43. Calculated annual mean air concentration of NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$) caused by emissions within the west-coast area from a) trucks and buses, b) car traffic, c) trucks and buses in Gothenburg, d) car traffic in Gothenburg, e) industry, f) energy and heating.



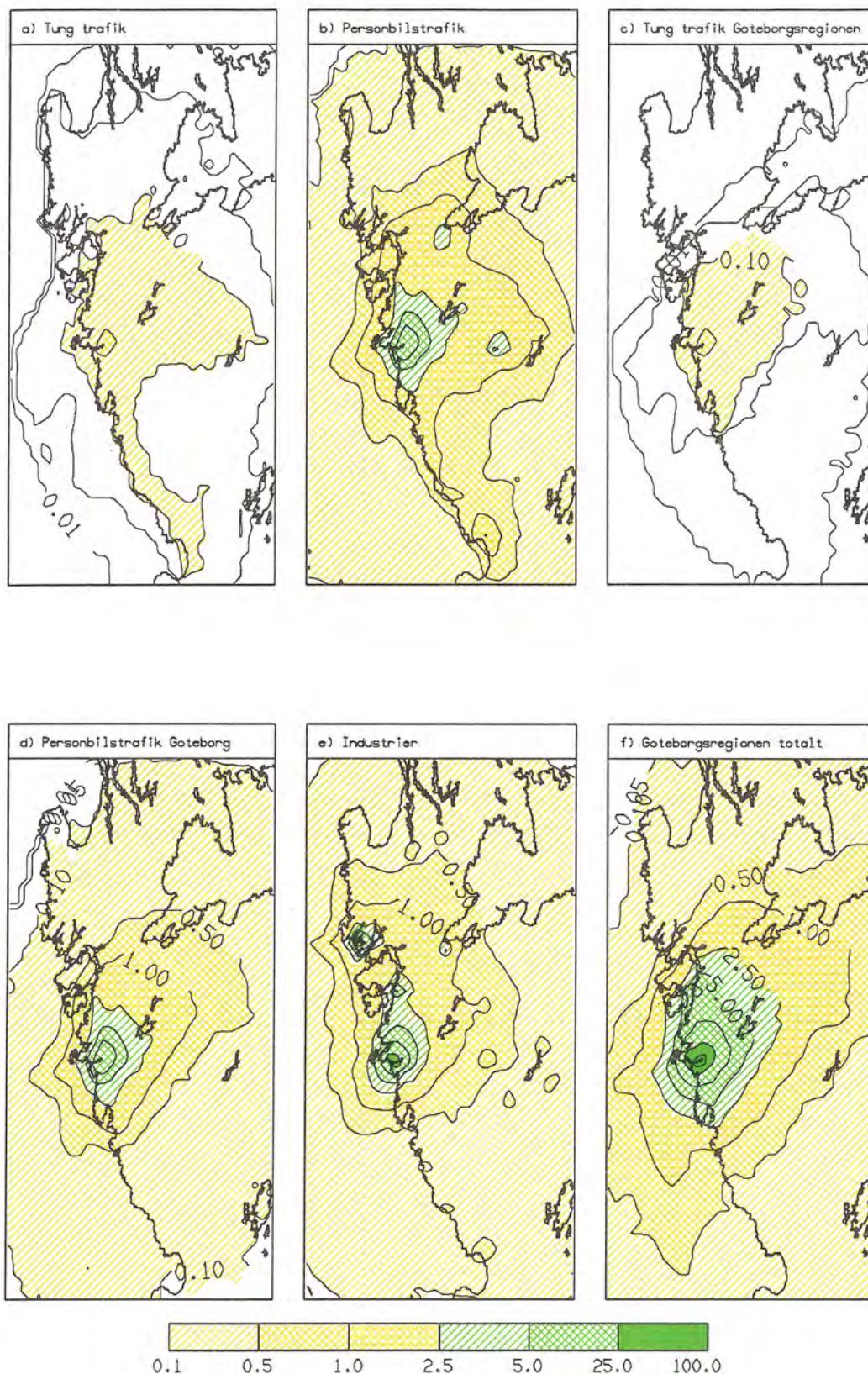
Figur 43, forts. Beräknad årsmedelhalt i luft av NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länen från g) sjöfart, h) jordbruk, i) skogsbruk, j) arbetsfordon och redskap, k) Göteborgsregionen totalt, l) Stenungsundsregionen totalt.

Figure 43, cont. Calculated annual mean air concentration of NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$) caused by emissions within the west-coast area from g) shipping, h) agriculture, i) forestry, j) labour vehicles and tools, k) Gothenburg region, l) Stenungsund region.



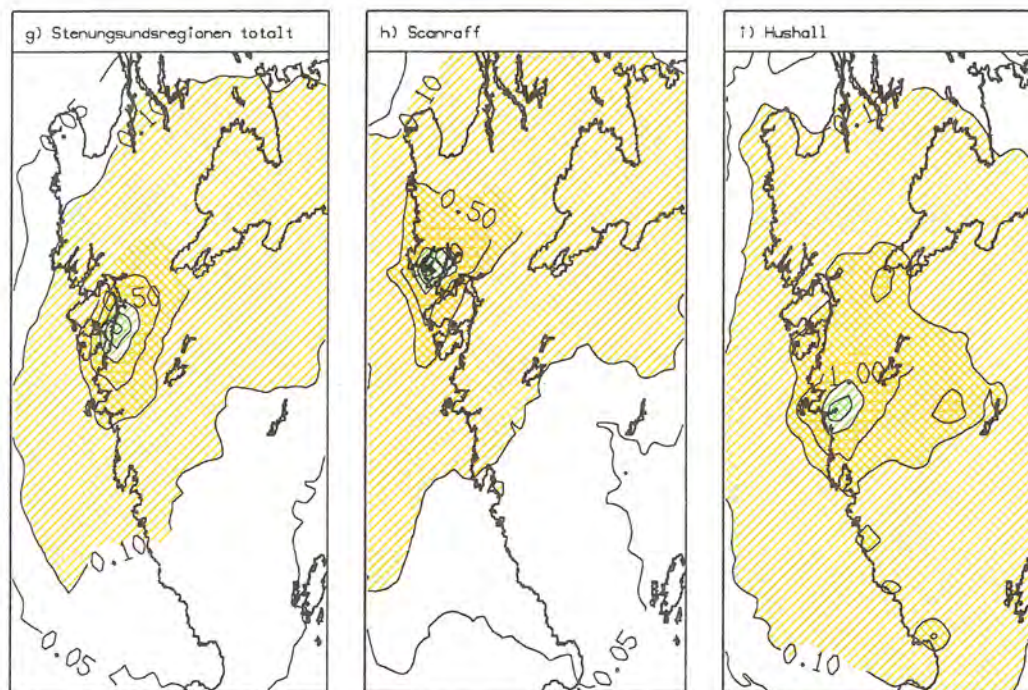
Figur 43, forts. Beräknad årsmedelhalt i luft av NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länet från m) Scanraff.

Figure 43, cont. Calculated annual mean air concentration of NO_2 ($\mu\text{g N/m}^3$) caused by emissions within the west-coast area from m) Scanraff.



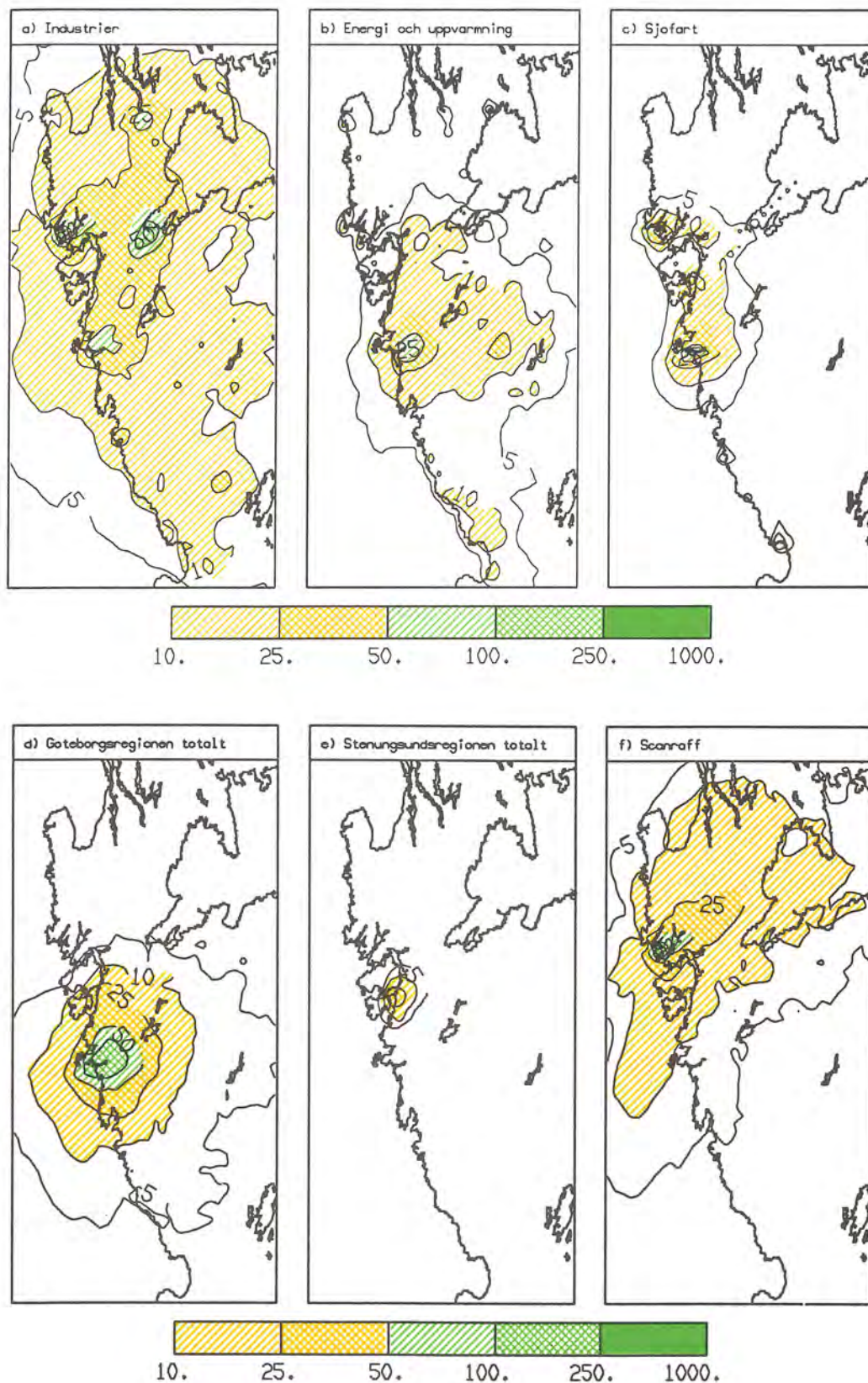
Figur 44. Beräknad årsmedelhalt i luft av VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) tung trafik, b) personbilstrafik, c) tung trafik i Göteborgsregionen, d) personbilstrafik i Göteborgsregionen, e) industri, f) Göteborgsregionen totalt.

Figure 44. Calculated annual mean air concentration of VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), caused by emissions within the west-coast area from a) trucks and buses, b) car traffic, c) trucks and buses Gothenburg, d) car traffic Gothenburg, e) industry, f) Gothenburg region.



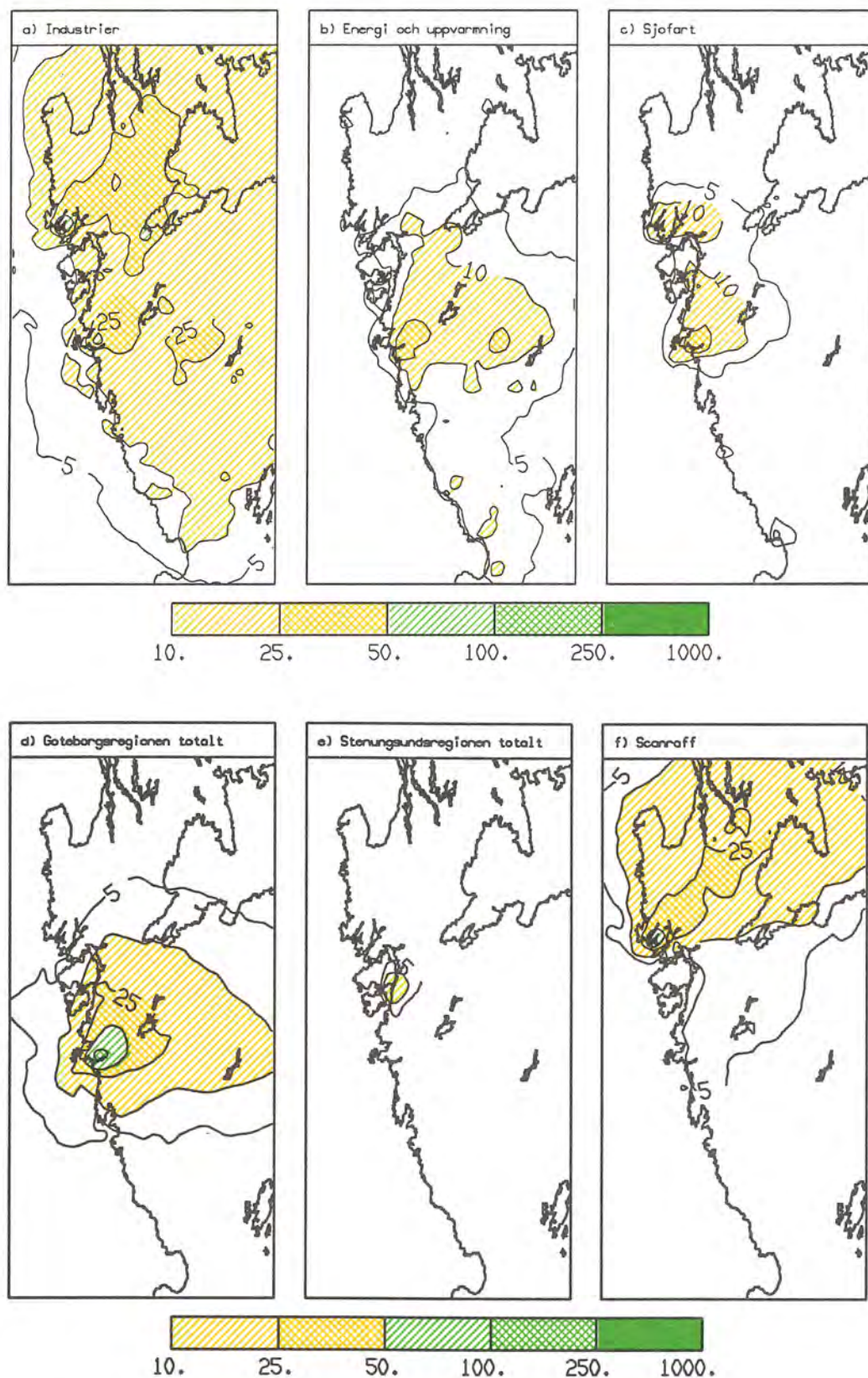
Figur 44, forts. Beräknad årsmedelhalt i luft av VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), orsakad av emissioner i NOP-länen från g) Stenungsundsregionen totalt, h) Scanraff, i) hushåll.

Figure 44, cont. Calculated annual mean air concentration of VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), caused by emissions within the west-coast area from g) Stenungsund region, h) Scanraff, i) domestic use.



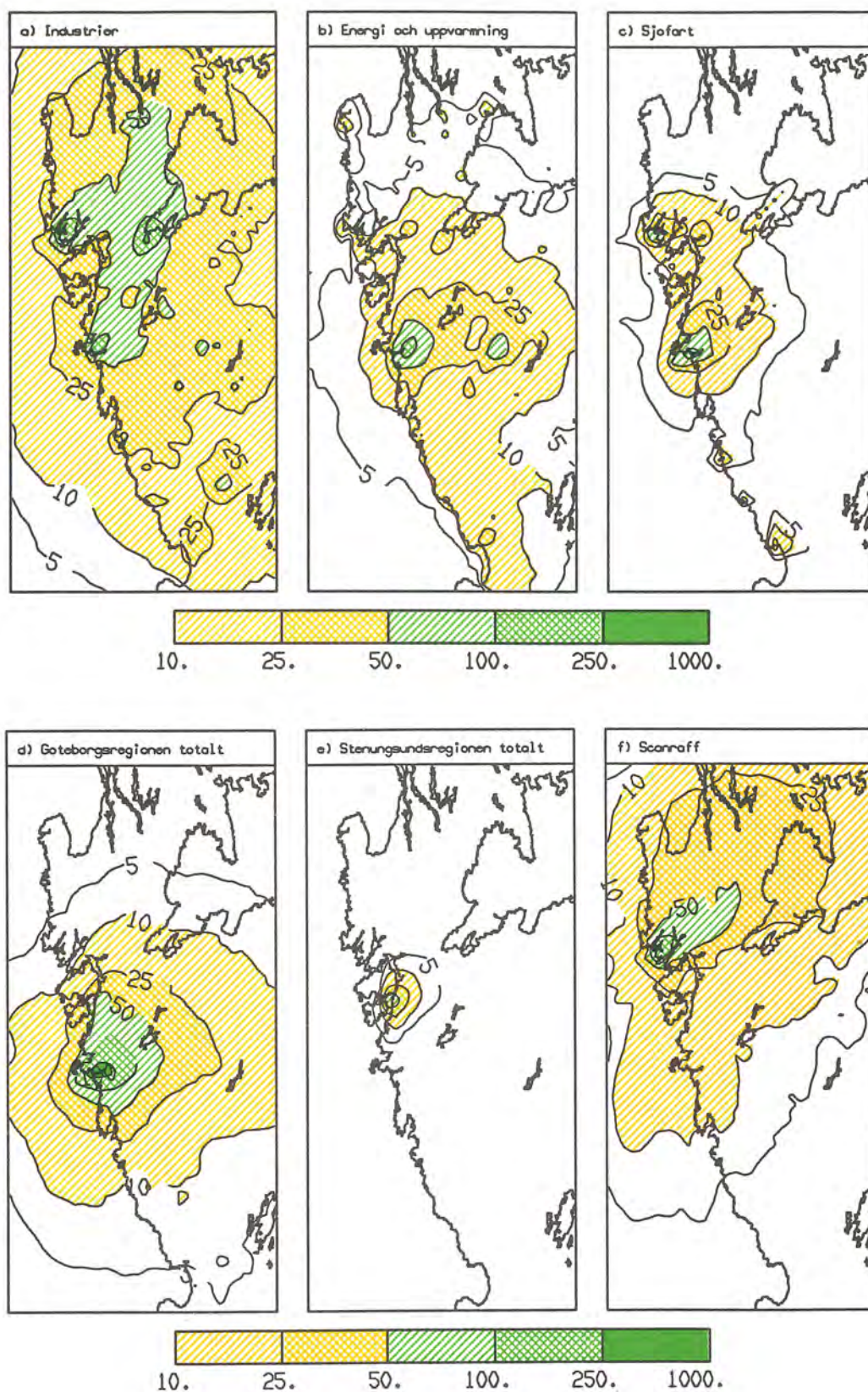
Figur 45. Beräknad årlig torrdeposition av svavel (mg S/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) industri, b) energi och uppvärmning, c) sjöfart, d) Göteborgsregionen totalt, e) Stenungsundsregionen totalt, f) Scanraff.

Figure 45. Calculated annual dry deposition of sulphur (mg S/m^2) caused by emissions within the west-coast area from a) industry, b) energy and heating, c) shipping, d) Gothenburg region, e) Stenungsund region, f) Scanraff.



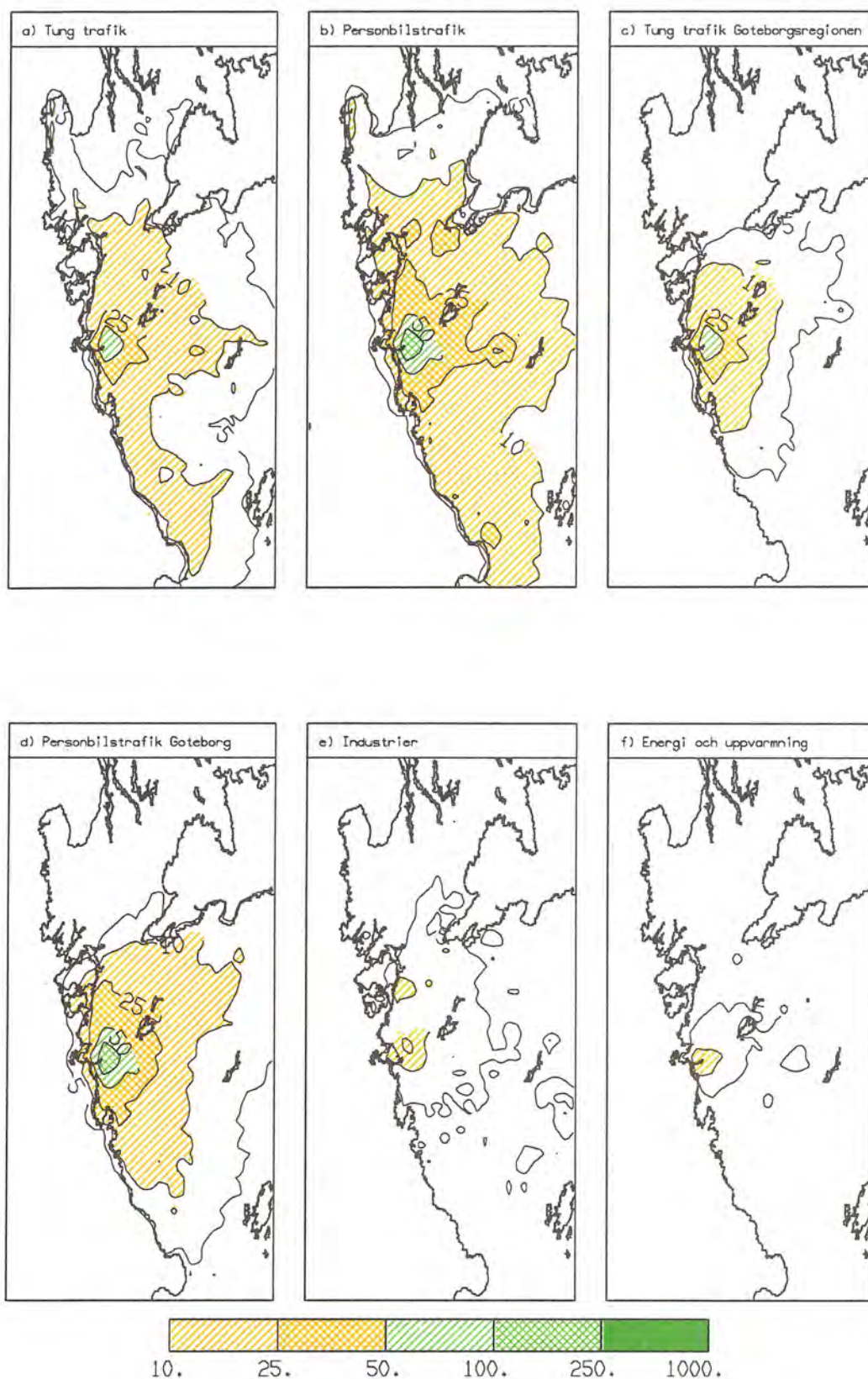
Figur 46. Beräknad årlig våtdeposition av svavel (mg S/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) industri, b) energi och uppvärmning, c) sjöfart, d) Göteborgsregionen totalt, e) Stenungsundsregionen totalt, f) Scanraff.

Figure 46. Calculated annual wet deposition of sulphur (mg S/m^2) caused by emissions within the west-coast area from a) industry, b) energy and heating, c) shipping, d) Gothenburg region, e) Stenungsund region, f) Scanraff.



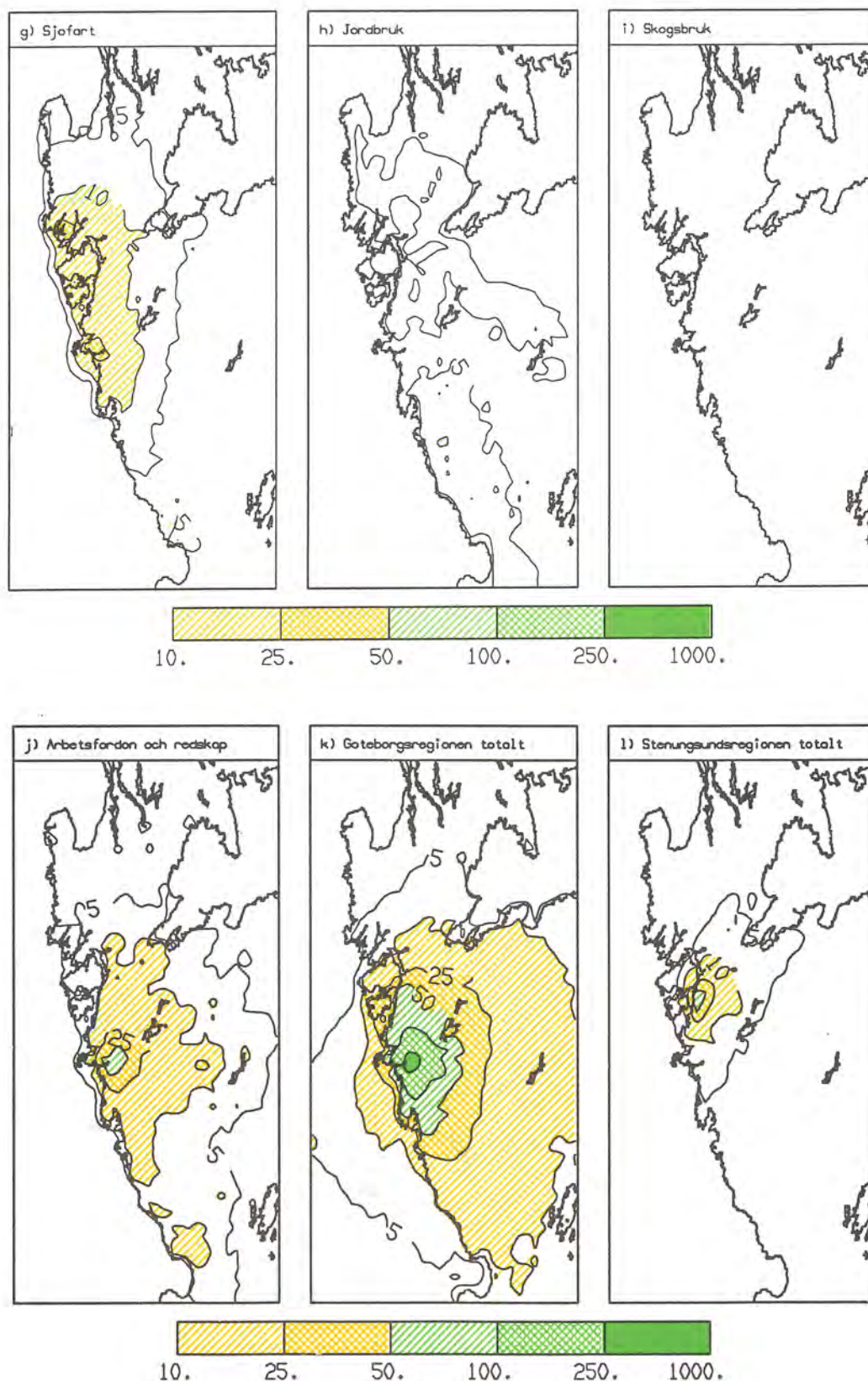
Figur 47. Beräknad årlig torr + våt deposition av svavel (mg S/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) industri, b) energi och uppvärmning, c) sjöfart, d) Göteborgsregionen totalt, e) Stenungsundsregionen totalt, f) Scanraff.

Figure 47. Calculated annual dry + wet deposition of sulphur (mg S/m^2), caused by emissions within the west-coast area from a) industry, b) energy and heating, c) shipping, d) Gothenburg region, e) Stenungsund region, f) Scanraff.



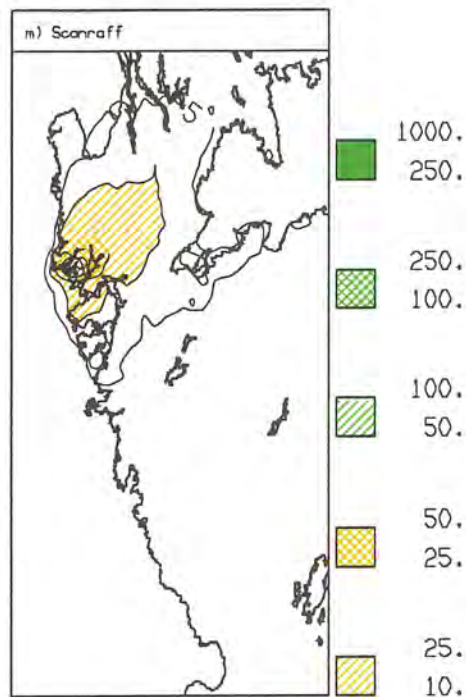
Figur 48. Beräknad årlig torrdeposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) tung trafik, b) personbilstrafik, c) tung trafik i Göteborgsregionen, d) personbilstrafik i Göteborgsregionen, e) industri, f) energi och uppvärmning.

Figure 48. Calculated annual dry deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from a) trucks and buses, b) car traffic, c) trucks and buses Gothenburg, d) car traffic Gothenburg, e) industry, f) Gothenburg region.



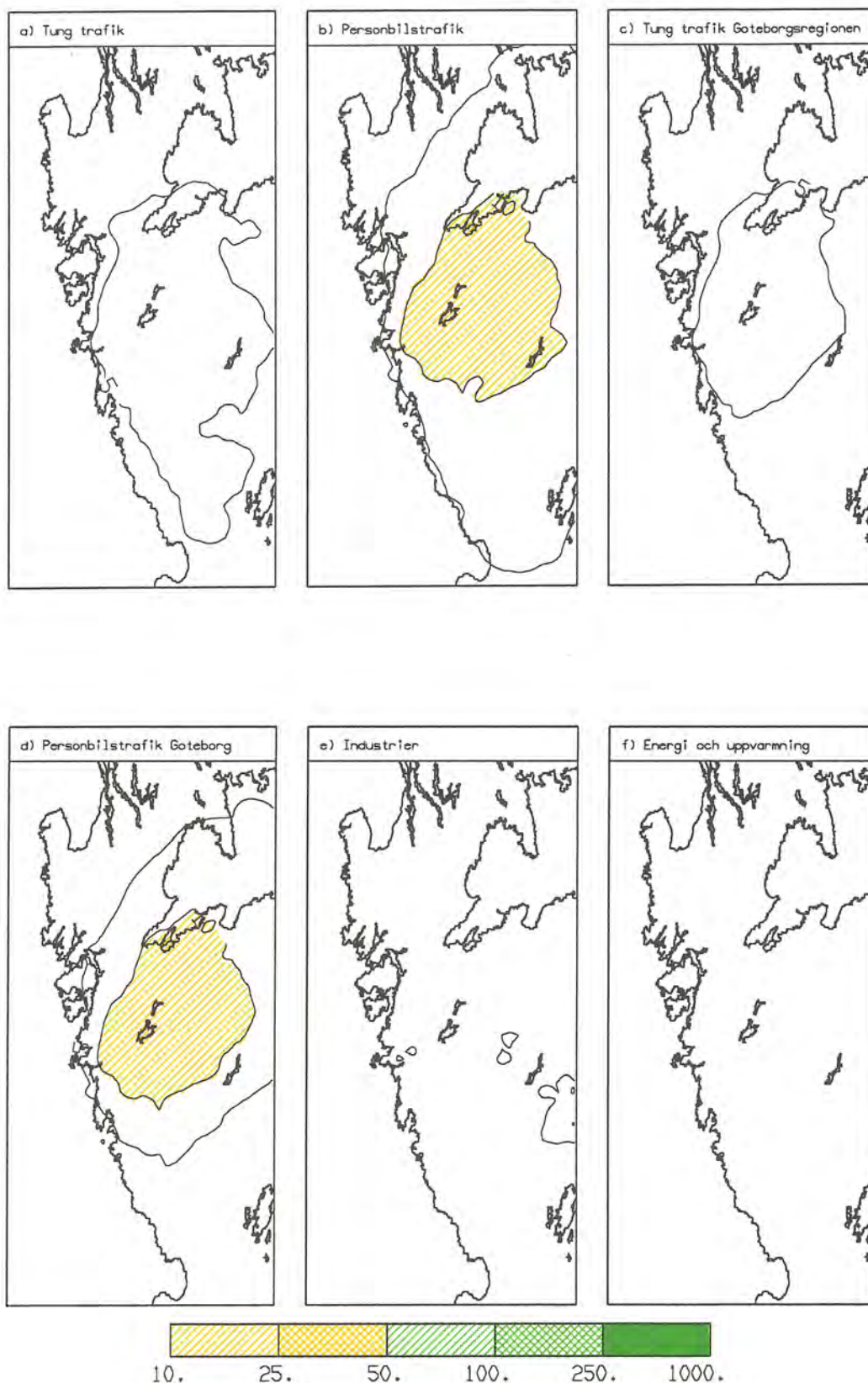
Figur 48, forts. Beräknad årlig torrdeposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från g) sjöfart, h) jordbruk, i) skogsbruk, j) arbetsfordon och redskap, k) Göteborgsregionen totalt, l) Stenungsundsregionen totalt.

Figure 48, cont. Calculated annual dry deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2) caused by emissions within the west-coast area from g) shipping, h) agriculture, i) forestry, j) labour vehicles and tools, k) Gothenburg region, l) Stenungsund region.



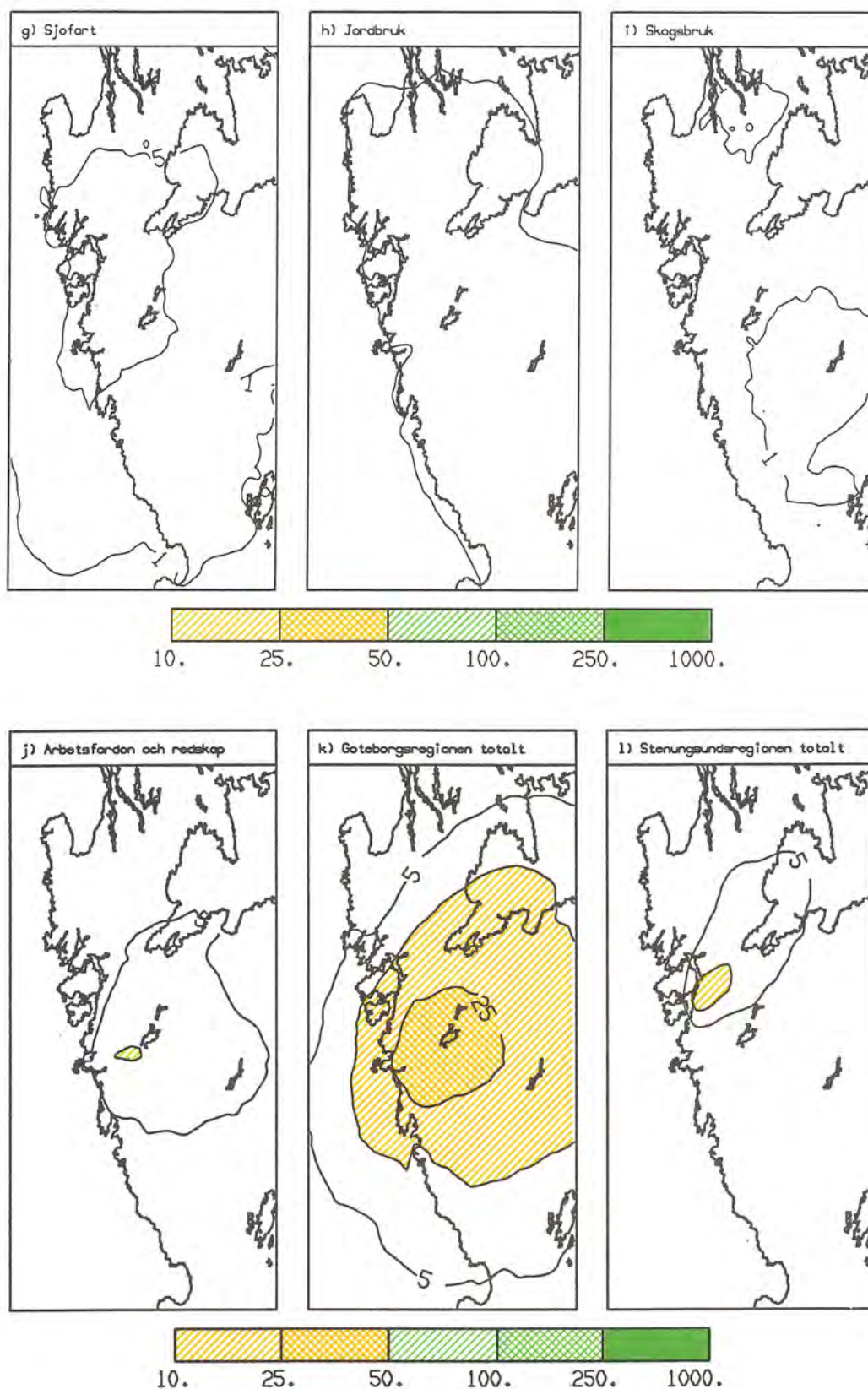
Figur 48, forts. Beräknad årlig torrdeposition av NO_x - N (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från m) Scanraff.

Figure 48, cont. Calculated annual dry deposition of NO_x - N (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from m) Scanraff.



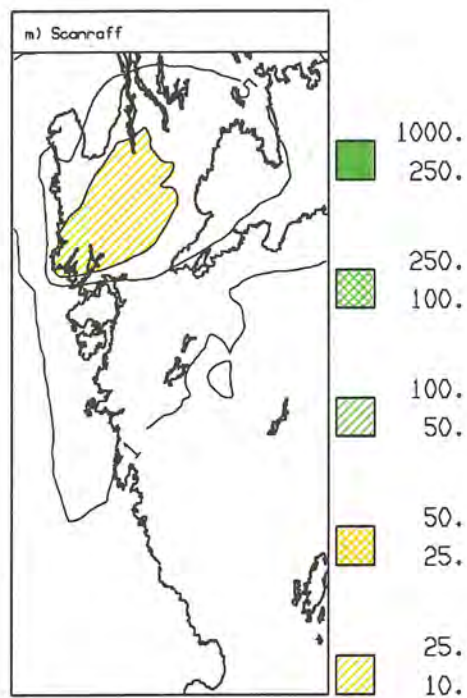
Figur 49. Beräknad årlig våtdeposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) tung trafik, b) personbilstrafik, c) tung trafik i Göteborgsregionen, d) personbilstrafik i Göteborgsregionen, e) industri, f) energi och uppvärmning.

Figure 49. Calculated annual wet deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), caused by emissions from a) trucks and buses, b) car traffic, c) trucks and buses Gothenburg, d) car traffic Gothenburg, e) industry, f) energy and heating.



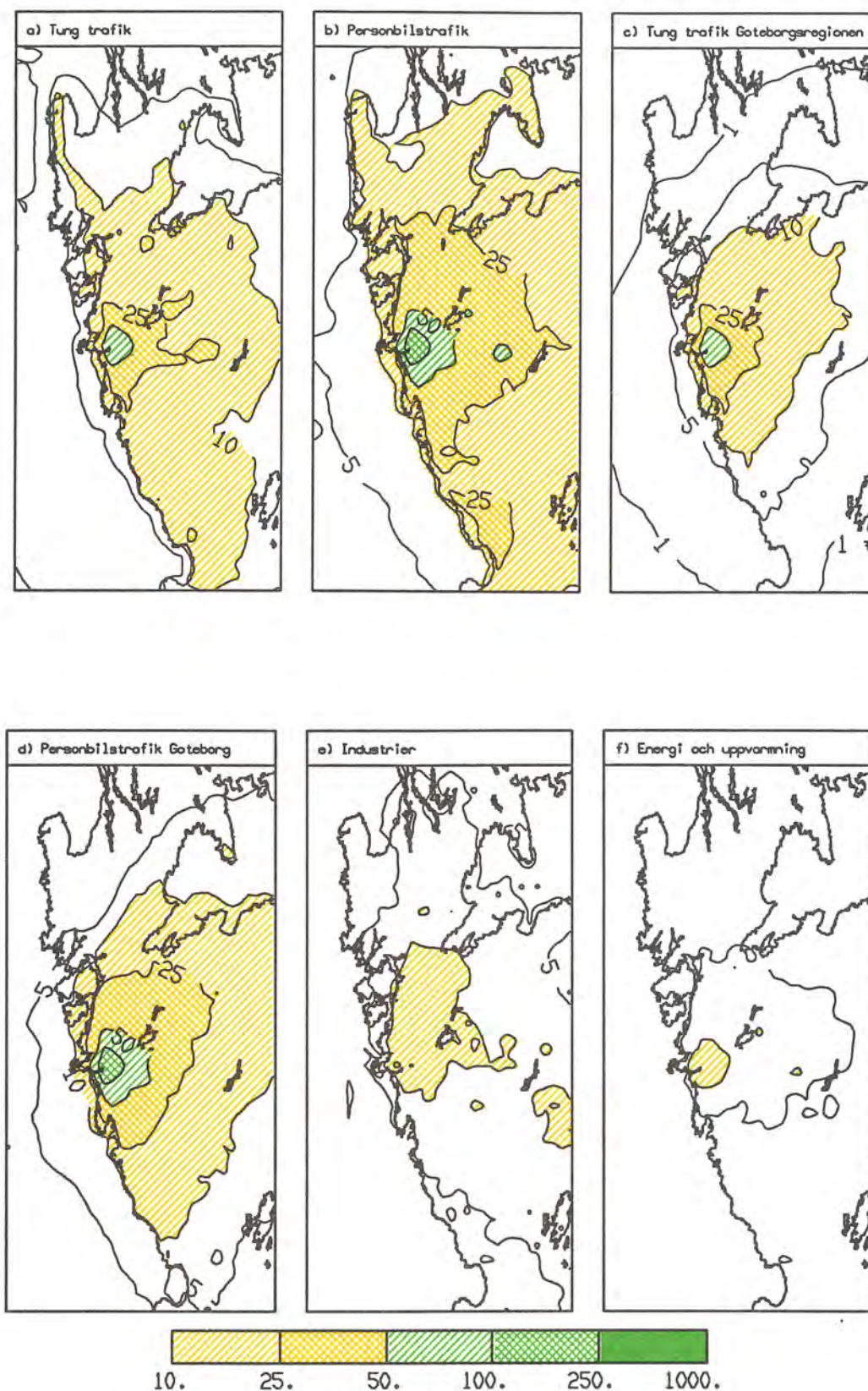
Figur 49, forts. Beräknad årlig våtdeposition av NO_x - N (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från g) sjöfart, h) jordbruk, i) skogsbruk, j) arbetsfordon och redskap, k) Göteborgsregionen totalt, l) Stenungsundsregionen totalt.

Figure 49, cont. Calculated annual wet deposition of NO_x - N (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from g) shipping, h) agriculture, i) forestry, j) labour vehicles and tools, k) Gothenburg region, l) Stenungsund region.



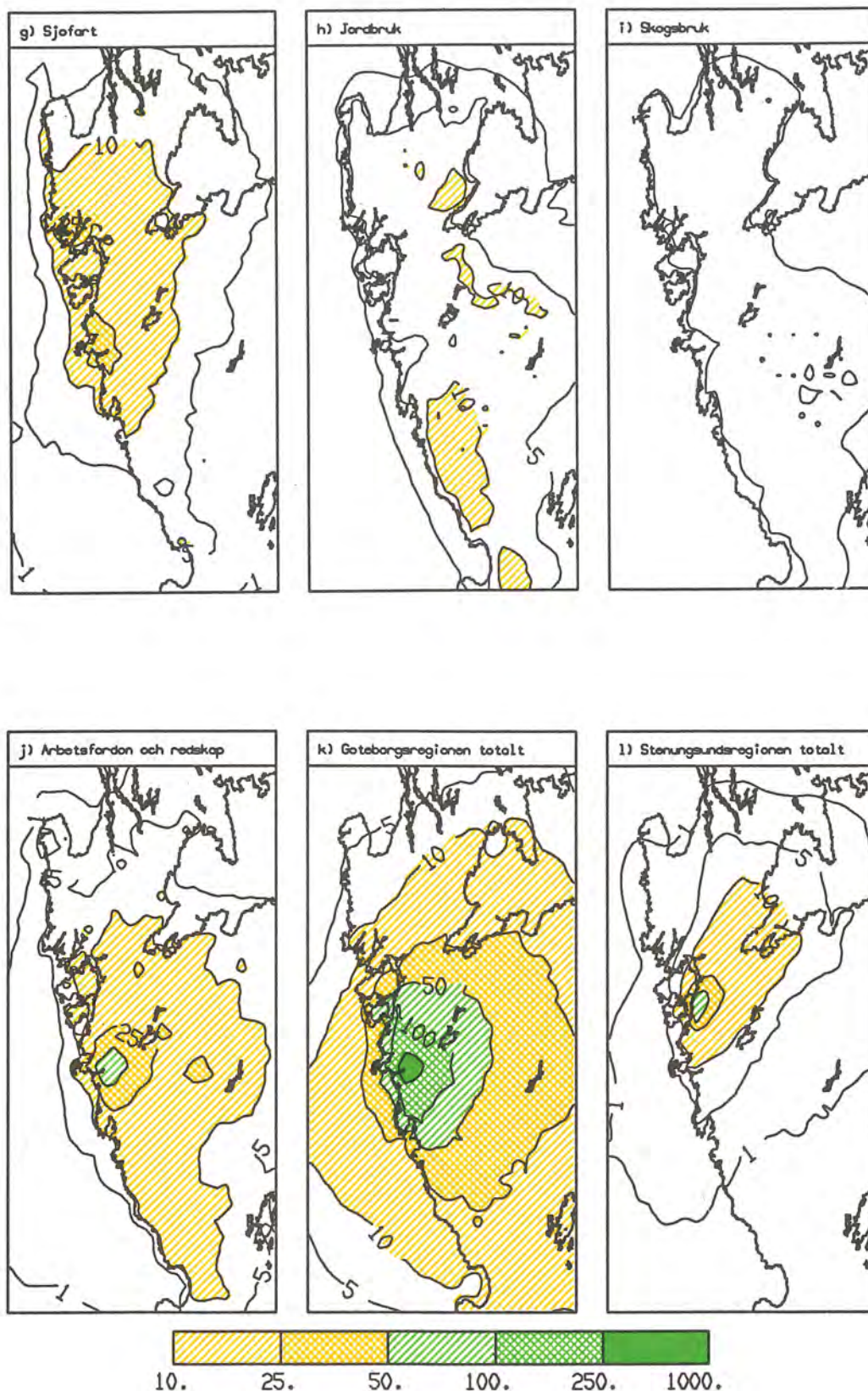
Figur 49, forts. Beräknad årlig våtdeposition av NO_x - N (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från m) Scanraff.

Figure 49, cont. Calculated annual wet deposition of NO_x - N (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from m) Scanraff.



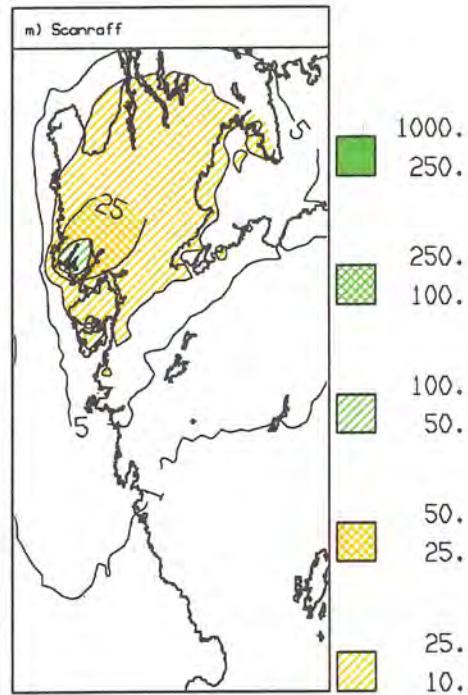
Figur 50. Beräknad årlig torr + våt deposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från a) tung trafik, b) personbilstrafik, c) tung trafik i Göteborgsregionen, d) personbilstrafik i Göteborgsregionen, e) industri, f) energi och uppvärmning.

Figure 50. Calculated annual dry + wet deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from a) trucks and buses, b) car traffic, c) trucks and buses Gothenburg, d) car traffic Gothenburg, e) industry, f) energy and heating.



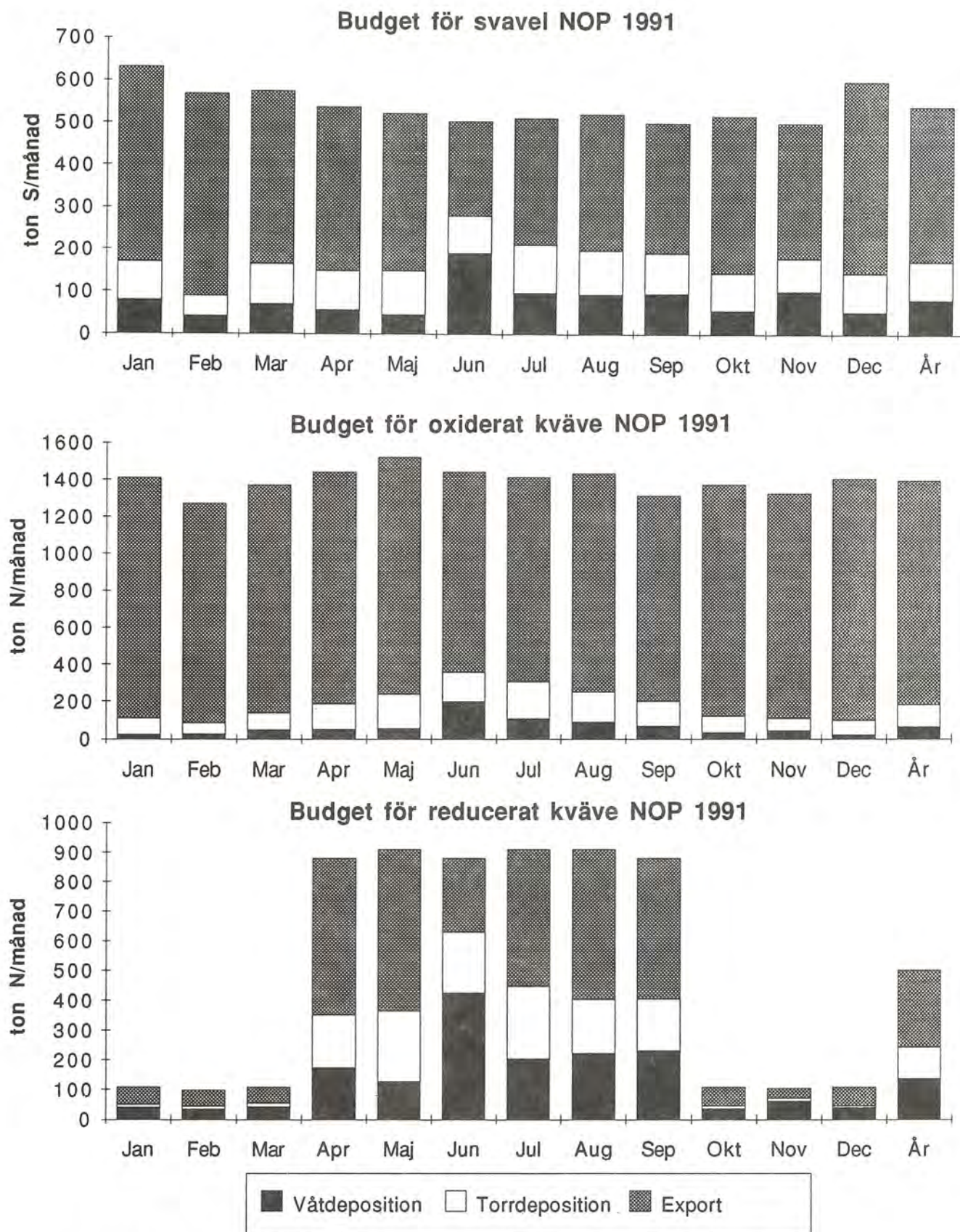
Figur 50, forts. Beräknad årlig torr + våt deposition av $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från g) sjöfart, h) jordbruk, i) skogsbruk, j) arbetsfordon och redskap, k) Göteborgsregionen totalt, l) Stenungsundsregionen totalt.

Figure 50, cont. Calculated annual dry + wet deposition of $\text{NO}_x - \text{N}$ (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from g) shipping, h) agriculture, i) forestry, j) labour vehicles and tools, k) Gothenburg region, l) Stenungsund region.



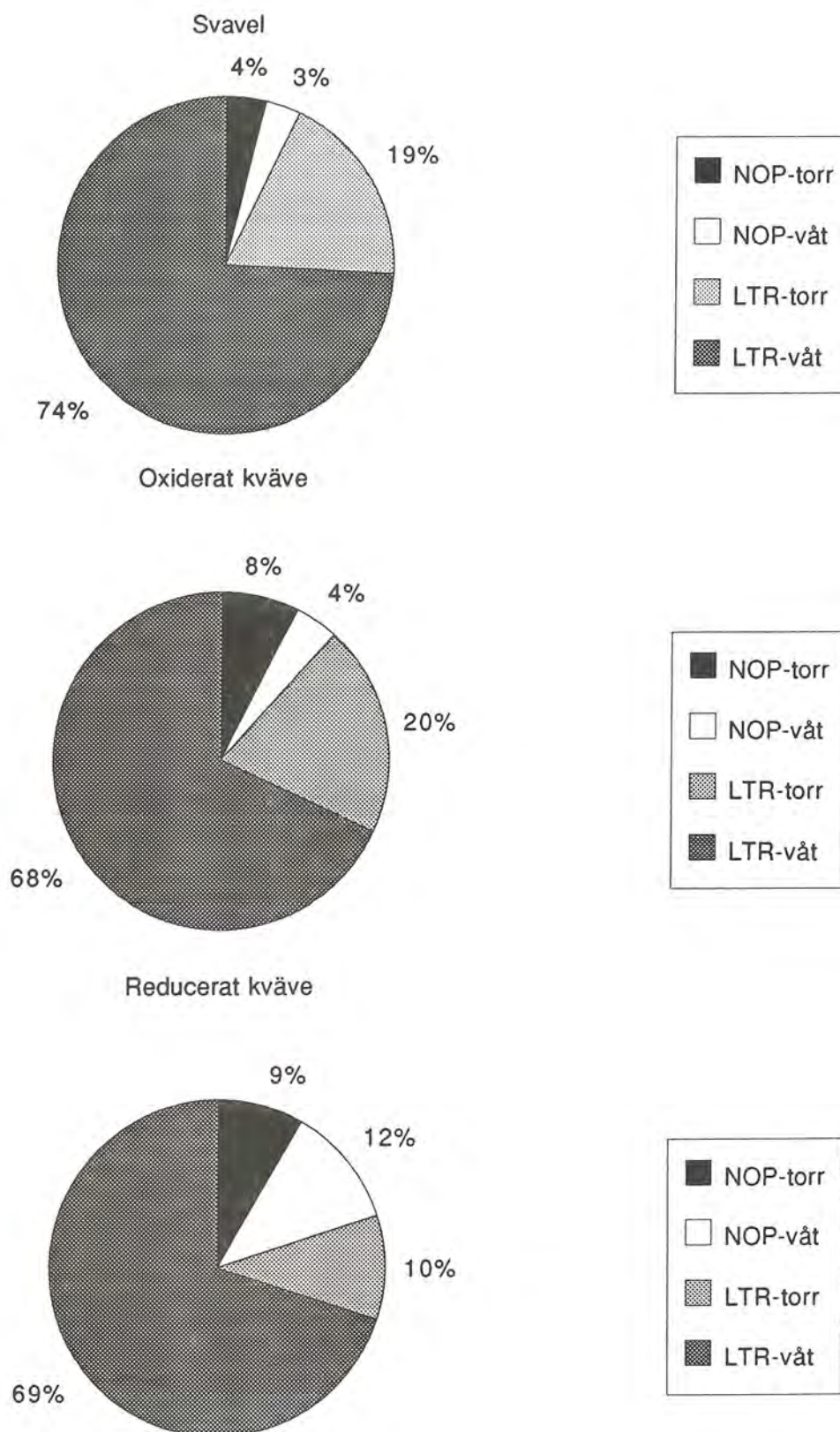
Figur 50, forts. Beräknad årlig torr + våt deposition av NO_x - N (mg N/m^2), orsakad av emissioner i NOP-länen från m) Scanraff.

Figure 50. Calculated annual dry + wet deposition of NO_x - N (mg N/m^2), caused by emissions within the west-coast area from m) Scanraff.



Figur 51. Beräknad budget (ton/månad) för varje månad under 1991 för emissioner från NOP-länen, avseende a) svavel, b) oxiderat kväve och c) reducerat kväve. Budgeten är uppdelad på våt- och torrdeposition inom NOP-länen samt export ut från NOP-länen.

Figure 51. Calculated budget (tons/month) for each month during 1991 for emissions from the west-coast area, regarding a) sulphur, b) oxidized nitrogen and reduced nitrogen. The budget is separated into wet deposition (black) and dry deposition (white) within the west-coast area and export (grey) from the west-coast area.

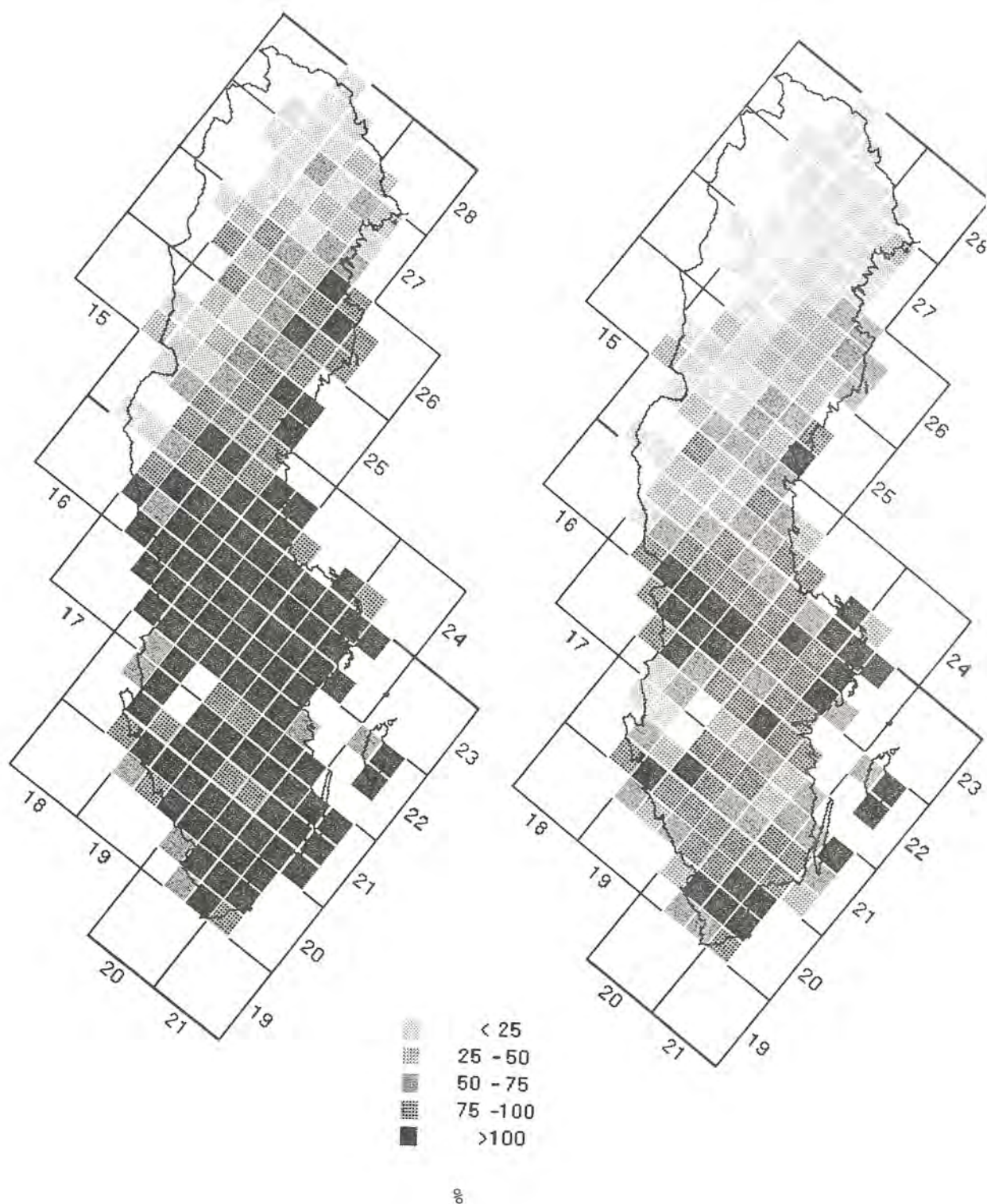


Figur 52. Beräknad procentuell budget för deposition av a) svavel, b) oxiderat kväve och c) reducerat kväve till NOP-länen. Budgeten är uppdelad på torrdeposition och våtdeposition från källor inom NOP-länen samt torrdeposition och våtdeposition från långtransporterade föroreningar.

Figure 52. Calculated percentage budget for deposition of a) sulphur, b) oxidized nitrogen and c) reduced nitrogen to the west-coast area. The budget is separated into dry deposition (white) and wet deposition (black) from west-coast sources, as well as dry deposition (light grey) and wet deposition (dark grey) from long range transport contribution.

Karta över nödvändig minskning av svavelbelastningen för undvikande av ytterligare försurning av skogsmarken i Sverige.

(Källa: Sverdrup et al., 1992, hämtat från Westling et al., 1992.)



Åtgärdsbehovet anges så, att man skall klara att skydda 95 % respektive 50 % av skogen inom rutan. Behovet av att minska svavelbelastningen med mer än 100 %, som anges i vissa rutor, innebär att enbart åtgärder mot svavel inte är tillräckliga. Även depositionen av kväve behöver minska.

Förklaringar till några fackuttryck

Blandningshöjd	= höjden på den nedersta delen av atmosfären, som är välblandad
Deposition	= nedfall av föroreningar till mark, vatten och vegetation
Diffusion	= turbulent (spridning) transport
Emission	= föroreningsutsläpp
g/s	= gram per sekund
gänsskikt	= atmosfären under blandningshöjden
Klimatologi	= genomsnittlig fördelning (under t ex 30 år) av olika väderförhållanden för ett område
Linjekälla	= föroreningsutsläpp, som beräknas komma från en linje (t ex väg)
N	= kväve
NH _x -kväve	= reducerat kväve
NO _x -kväve	= oxiderat kväve
Parameter	= fysikalisk variabel
Parametrisering	= (ungefär) förenklad beskrivning med hjälp av värden på olika parametrar
Punktkälla	= föroreningsutsläpp, som beräknas komma från en skorsten
Totalkolväten	= summan av alla olika slag av kolväten (i detta fall utom metan)
Topografi	= här använt för beskrivning av fördelningen land/hav samt markytans höjd över havet
S	= svavel
Similaritetsteori	= (ungefär) modern teori för att beskriva turbulensen i de lägsta delarna av atmosfären
Utvättningskoefficient	= parameter, som används för att beskriva nederbördens förmåga att fånga in luftföroreningar
VOC	= flyktiga organiska ämnen (kolväten)
Ytkälla	= diffusa föroreningsutsläpp nära marken, som beräknas komma från en viss yta, t ex 5 x 5 km ruta.

SMHIs rapporter

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.

Publiceras sedan

RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

SMHI-RAPPORTER, METEOROLOGI OCH KLIMATOLOGI (RMK)

1. Thompson, T., Udin, I., and Omstedt, A.
Sea surface temperatures in waters surrounding Sweden.
Stockholm 1974
2. Bodin, S.
Development on an unsteady atmospheric boundary layer model.
Stockholm 1974
3. Moen, L.
A multi-level quasi-geostrophic model for short range weather predictions.
Norrköping 1975
4. Holmström, I.
Optimization of atmospheric models.
Norrköping 1976
5. Collins, W.G.
A parameterization model for calculation of vertical fluxes of momentum due to terrain induced gravity waves.
Norrköping 1976
6. Nyberg, A.
On transport of sulphur over the North Atlantic.
Norrköping 1976
7. Lundqvist, J.-E., and Udin, I.
Ice accretion on ships with special emphasis on Baltic conditions.
Norrköping 1977
8. Eriksson, B.
Den dagliga och årliga variationen av temperatur, fuktighet och vindhastighet vid några orter i Sverige.
Norrköping 1977
9. Holmström, I., and Stokes, J.
Statistical forecasting of sea level changes in the Baltic.
Norrköping 1978
10. Omstedt, A., and Sahlberg, J.
Some results from a joint Swedish-Finnish sea ice experiment, March, 1977.
Norrköping 1978
11. Haag, T.
Byggnadsindustrins väderberoende, seminarieuppsats i företagsekonomi, B-nivå.
Norrköping 1978
12. Eriksson, B.
Vegetationsperioden i Sverige beräknad från temperaturobservationer.
Norrköping 1978
13. Bodin, S.
En numerisk prognosmodell för det atmosfäriska gränsskiktet, grundad på den turbulenta energiekvationen.
Norrköping 1979
14. Eriksson, B.
Temperaturfluktuationer under senaste 100 åren.
Norrköping 1979
15. Udin, I., och Mattisson, I.
Havsis- och snöinformation ur datorbearbetade satellitdata - en modellstudie.
Norrköping 1979
16. Eriksson, B.
Statistisk analys av nederbördsdata. Del I. Arealnederbörd.
Norrköping 1979
17. Eriksson, B.
Statistisk analys av nederbördsdata. Del II. Frekvensanalys av månadsnederbörd.
Norrköping 1980
18. Eriksson, B.
Årsmedelvärden (1931-60) av nederbörd, avdunstning och avrinning.
Norrköping 1980
19. Omstedt, A.
A sensitivity analysis of steady, free floating ice.
Norrköping 1980
20. Persson, C., och Omstedt, G.
En modell för beräkning av luftföroreningars spridning och deposition på mesoskala.
Norrköping 1980

21. Jansson, D.
Studier av temperaturinversioner och vertikal
vindskjuvning vid Sundsvall-Hämösands flyg-
plats.
Norrköping 1980
22. Sahlberg, J., and Törnevik, H.
A study of large scale cooling in the Bay of
Bothnia.
Norrköping 1980
23. Ericson, K., and Hårsmar, P.-O.
Boundary layer measurements at Klockrike. Oct.
1977.
Norrköping 1980
24. Bringfelt, B.
A comparison of forest evapotranspiration deter-
mined by some independent methods.
Norrköping 1980
25. Bodin, S., and Fredriksson, U.
Uncertainty in wind forecasting for wind power
networks.
Norrköping 1980
26. Eriksson, B.
Graddagsstatistik för Sverige.
Norrköping 1980
27. Eriksson, B.
Statistisk analys av nederbördsdata. Del III. 200-
åriga nederbördsserier.
Norrköping 1981
28. Eriksson, B.
Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige.
Norrköping 1981
29. Pershagen, H.
Maximisnödjun i Sverige (perioden 1905-70).
Norrköping 1981
30. Lönnqvist, O.
Nederbördsstatistik med praktiska tillämpningar.
(Precipitation statistics with practical appli-
cations.)
Norrköping 1981
31. Melgarejo, J.W.
Similarity theory and resistance laws for the at-
mospheric boundary layer.
Norrköping 1981
32. Liljas, E.
Analys av moln och nederbörd genom automatisk
klassning av AVHRR-data.
Norrköping 1981
33. Ericson, K.
Atmospheric boundary layer field experiment in
Sweden 1980, GOTEX II, part I.
Norrköping 1982
34. Schoeffler, P.
Dissipation, dispersion and stability of numerical
schemes for advection and diffusion.
Norrköping 1982
35. Undén, P.
The Swedish Limited Area Model. Part A. For-
mulation.
Norrköping 1982
36. Bringfelt, B.
A forest evapotranspiration model using synoptic
data.
Norrköping 1982
37. Omstedt, G.
Spridning av luftförorening från skorsten i kon-
vektiva gränsskikt.
Norrköping 1982
38. Törnevik, H.
An aerobiological model for operational forecasts
of pollen concentration in the air.
Norrköping 1982
39. Eriksson, B.
Data rörande Sveriges temperaturklimat.
Norrköping
40. Omstedt, G.
An operational air pollution model using routine
meteorological data.
Norrköping 1984
41. Persson, C., and Funkquist, L.
Local scale plume model for nitrogen oxides.
Model description.
Norrköping 1984
42. Gollvik, S.
Estimation of orographic precipitation by dynami-
cal interpretation of synoptic model data.
Norrköping 1984
43. Lönnqvist, O.
Congression - A fast regression technique with a
great number of functions of all predictors.
Norrköping 1984
44. Laurin, S.
Population exposure to SO_2 and NO_x from dif-
ferent sources in Stockholm.
Norrköping 1984

45. Svensson, J.
Remote sensing of atmospheric temperature profiles by TIROS Operational Vertical Sounder.
Norrköping 1985
46. Eriksson, B.
Nederbörds- och humiditetsklimat i Sverige under vegetationsperioden.
Norrköping 1986
47. Taesler, R.
Köldperioden av olika längd och förekomst.
Norrköping 1986
48. Wu Zengmao
Numerical study of lake-land breeze over Lake Vättern, Sweden.
Norrköping 1986
49. Wu Zengmao
Numerical analysis of initialization procedure in a two-dimensional lake breeze model.
Norrköping 1986
50. Persson, C.
Local scale plume model for nitrogen oxides. Verification.
Norrköping 1986
51. Melgarejo, J.W.
An analytical model of the boundary layer above sloping terrain with an application to observations in Antarctica.
Norrköping 1986
52. Bringfelt, B.
Test of a forest evapotranspiration model.
Norrköping 1986
53. Josefsson, W.
Solar ultraviolet radiation in Sweden.
Norrköping 1986
54. Dahlström, B.
Determination of areal precipitation for the Baltic Sea.
Norrköping 1986
55. Persson, C. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA)
The Chernobyl accident - A meteorological analysis of how radionuclides reached Sweden.
Norrköping 1986
56. Persson, C., Robertsson, L. (SMHI), Grennfelt, P., Kindbom, K., Lövblad, G., och Svanberg, P.-A. (IVL)
Luftföroreningsepisoden över södra Sverige 2 - 4 februari 1987.
Norrköping 1987
57. Omstedt, G.
An operational air pollution model.
Norrköping 1988
58. Alexandersson, H., Eriksson, B.
Climate fluctuations in Sweden 1860 - 1987.
Norrköping 1989
59. Eriksson, B.
Snödjupsförhållanden i Sverige - Säsongerna 1950/51 - 1979/80.
Norrköping 1989
60. Omstedt, G., Szegö, J.
Människors exponering för luftföroreningar.
Norrköping 1990
61. Mueller, L., Robertson, L., Andersson, E., Gustafsson, N.
Meso-γ scale objective analysis of near surface temperature, humidity and wind, and its application in air pollution modelling.
(Även serie Promis) Norrköping 1990
62. Andersson, T., Mattisson, I.
A field test of thermometer screens.
Norrköping 1991
63. Alexandersson, H., Gollvik, S., Meuller, L.
An energy balance model for prediction of surface temperatures.
Norrköping 1991
64. Alexandersson, H., Dahlström, B.
Future climate in the Nordic region - survey and synthesis for the next century.
Norrköping 1992
65. Persson, C., Langner, J., Robertson, L.
Regional spridningsmodell för Göteborgs och Bohus, Hallands och Älvsborgs län. (A mesoscale air pollution dispersion model for the Swedish west-coast region. In Swedish with captions also in English.)
Norrköping 1994



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 8000. Telex 64400 smhi s.