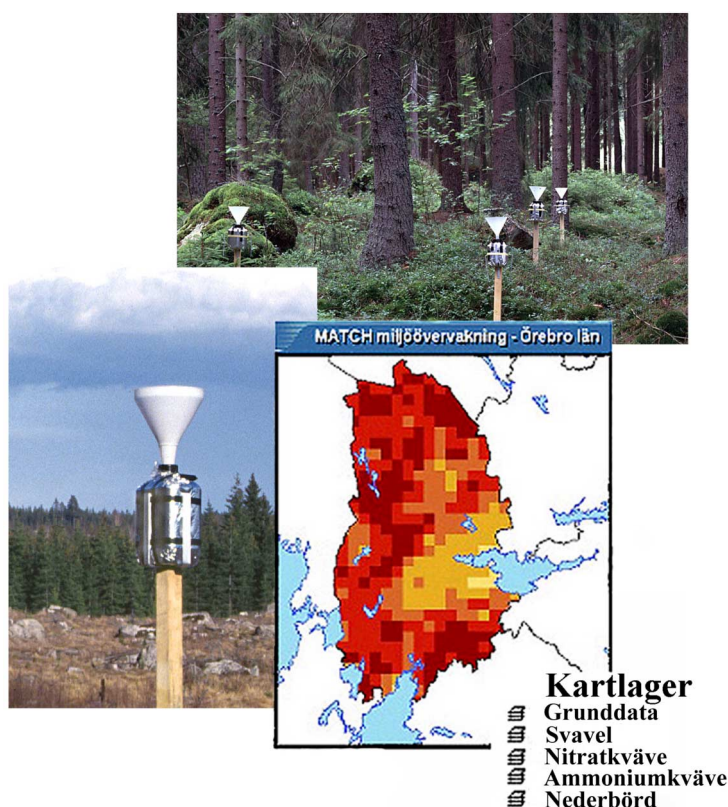




# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## Jämförelse mellan uppmätt och modellberäknad deposition av svavel och kväve i Sverige



Eva Ugglå Eva Hallgren Larsson Johan Knulst Olle Westling

B 1530

September 2003



<b>Organisation/Organization</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b>
<b>Adress/address</b> Aneboda SE-360 30 Lammhult	<b>Projekttitel/Project title</b>
<b>Telefonnr/Telephone</b> 0472-26 77 80	<b>Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor</b>
<b>Rapportförfattare/author</b> Eva Ugglå, Eva Hallgren Larsson, Johan Knulst, Olle Westling	
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Jämförelse mellan uppmätt och modellberäknad deposition av svavel och kväve i Sverige	
<b>Sammanfattning/Summary</b> <p>På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogsvårdsstyrelser och kommuner mäter IVL nedfall av luftföroreningar på över 100 lokaler i Sverige, Krondroppsnetet. Inom programmet utför SMHI länsindelade modellberäkningar (MATCH) av deposition med 5 km<sup>2</sup> upplösning. SMHI utför även på uppdrag av Naturvårdsverket modellberäkningar med MATCH Sverigemodellen (20 km<sup>2</sup>) för hela Sverige. Syftet med denna rapport är att belysa överensstämmelse och väsentliga skillnader mellan uppmätta och modellerade värden för svavel och kväve.</p> <p>Jämförelser mellan uppmätta värden på öppet fält inom Krondroppsnetet och MATCH länsmodell under 2000/01 visade överlag god överensstämmelse för svavel och kväve. Uppmätt sulfatsvavelhalt i nederbörd var dock i regel något högre än modellberäknad halt. Ingen tydlig årstidsvariation fanns mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition av sulfatsvavel. Nitratkvävehalt i nederbörd och våtdeposition visade samma tendens som sulfatsvavel. Uppmätta halter i nederbörd och våtdeposition av ammoniumkväve var i regel högre under vinterhalvåret och lägre under sommarhalvåret än modellberäknad data. Modellberäknad torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog visade högre värden än uppmätt.</p> <p>Jämförelser mellan uppmätta värden på öppet fält inom Krondroppsnetet och beräknad våtdeposition med MATCH Sverigemodellen under 1997-2000 visade att Sverigemodellen gav en något lägre deposition av sulfatsvavel. Skillnaderna var störst i Götaland och minst i Norrland. Modellberäkningarna visade även lägre våtdeposition av nitrat- och ammoniumkväve på årsbasis med bäst överensstämmelse i Norrland. Sverigemodellen beräknade på årsbasis en högre totaldepositionen av antropogent sulfatsvavel till barrskog i hela Sverige än vad uppmätta värden i form av krondroppsamtningar indikerade. Enda undantaget var Götaland och Svealand, 1997. Det var främst andelen modellberäknad torrdeposition som var större än uppmätta värden.</p> <p>Resultaten från läns- och Sverigemodellen stämmer i regel relativt väl med mätningarna för öppet fält. Förekommande diskrepanser kan till stor del förklaras av skillnader i uppmätt nederbörd, viss del torrdeposition i mätningarna på öppet fält, lokal påverkan av storstäder och kusten, det vill säga osäkerheter i modellsystemet men även i mätningarna. Skillnaderna är störst avseende torrdeposition till barrskog.</p>	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords</b> Miljöövervakning, luftföroreningar, deposition, Krondroppsnetet, MATCH, modeller	
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b> IVL Rapport/report B 1530	
<b>Beställningsadress för rapporten /Ordering address</b> e-post: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> Hemsida: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a> Fax: 08-598 563 90 Brev: IVL, Publikationsservice, Box 210 60, S-100 31 Stockholm	

## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	7
2. Bakgrund.....	8
2.1 Krondropps nätet .....	9
2.2 MATCH Sverigemodell .....	9
MATCH Länsmodell .....	10
3. Metodik .....	10
4. Resultat och diskussion .....	13
4.1 Nederbördsmätning .....	13
Jämförelse med närliggande SMHI stationer .....	14
Hur säkra är mätningarna? .....	16
4.2 Nedfall på öppet fält .....	19
Torrdeposition på öppet fält .....	19
Halter i nederbörd.....	21
Deposition .....	25
4.3 Nedfall till skog .....	33
Totaldeposition.....	33
Torrdeposition .....	34
5. Slutsatser .....	37
6. Referenslista.....	39
Bilaga 1.....	40

## Sammanfattning

På uppdrag av regionala intressenter i form av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogs-  
vårdsstyrelser och kommuner mäter IVL i Aneboda deposition på över 100 lokaler i  
Sverige, Krondroppsnätet. På vissa lokaler mäts lufthalter och inom programmet utför  
även SMHI länsindelade modellberäkningar av deposition i ett rutnät på 5\*5 km<sup>2</sup>.  
Denna rapport redovisar en jämförelse mellan uppmätta och modellberäknade halter och  
deposition av svavel och kväve i Sverige. Syftet är att belysa överensstämmelse och  
väsentliga skillnader mellan uppmätta och modellerade värden, eftersom båda  
metoderna används vid uppföljning av miljöbelastning och -tillstånd. Följande  
jämförelser har utförts:

*Nederbörd:* Uppmätta och modellberäknade värden baseras på olika nederbördsmängder  
uppmätta med skilda metoder och provtagningsintervall. En grundläggande  
förutsättning för god överensstämmelse mellan uppmätt och modellerad data är  
jämförbara nederbördsmängder mellan Krondroppsnätet och SMHIs nederbörds-  
mätningar. Jämförelser har utförts för nederbördsmätningar på öppet fält inom Kron-  
droppsnätet och närliggande SMHI stationer samt för öppet fält- och SMHI mätningar  
av nederbörd på en lokal i Aneboda. Krondroppsmätningarnas säkerhet och  
representativitet har undersökts på tre lokaler.

Nederbördsjämförelsen visar att för Krondroppsnätet är överensstämmelsen med SMHIs  
mätningar av nederbörd god under månader med sommarutrustning på öppet fält. Under  
vintermånaderna, då en lång plastsäck används inom Krondroppsnätet, är korrelationen  
något sämre. Oftast är den uppmätta nederbörden på öppet fält större än SMHIs upp-  
mätta nederbörd när vinterutrustning används.

*MATCH Länsmodell:* Jämförelser har utförts mellan uppmätt svavel och kväve från  
Krondroppsnätet under 2000/01 och länsmodellens beräkningar för sju län i mellan-  
sverige. Jämförelsen är baserad per kvartal för att undersöka årstidsvariationer och  
geografiska skillnader för halter i nederbörd, deposition till öppet fält och torrdeposition  
till barrskog.

Överensstämmelsen mellan uppmätta värden på öppet fält och modellberäknade värden  
med länsmodellen var över lag god för både svavel och kväve. Jämförelse per kvartal  
visade i regel högre uppmätta halter av sulfatsvavel än modellerade halter i nederbörd.  
Variationen mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition visade däremot inte  
något tydligt mönster. Skillnaderna var störst vid kusterna och bäst överensstämmelse  
noterades under juli till september i båda fallen. Uppmätta halter av nitratkväve var i  
regel högre än modellerade halter, men det fanns ingen tydlig skillnad mellan uppmätt  
och modellberäknad våtdeposition av nitratkväve. Uppmätta halter och våtdeposition av  
ammoniumkväve var oftast högre under vinterhalvåret och lägre under sommarhalvåret

än modellberäknad data. Skillnaderna mellan mätningar och modellberäkningar var störst i kustlänen, speciellt för nitratkväve. Bäst överensstämmelse noterades under juli till september för nitratkväve och under januari till mars för ammoniumkväve i nederbörd. Modellberäknad torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog var större än uppmätt i form av krondropp under samtliga kvartal 2000/01.

*MATCH Sverigemodell:* Jämförelser har utförts mellan uppmätta värden från Kron-droppsnetet under 1997 till 2000 för hela Sverige och beräknade värden med Sverigemodellen. Jämförelsen är baserad på årsvärden och syftar till att jämföra årsvariationer och geografiska skillnader mellan Götaland, Svealand och Norrland för svavel- och kvävedeposition på öppet fält och totaldeposition av antropogent svavel till barrskog.

Jämförelse på årsbasis visar att Sverigemodellen ger en något lägre våtdeposition av sulfatsvavel än uppmätta värden på öppet fält. Skillnaden var störst i Götaland och minst i Norrland. Modellberäkningarna visade även en lägre våtdepositionen av nitrat- och ammoniumkväve på årsbasis. Överensstämmelsen med mätdata var bäst i Norrland. Sverigemodellen beräknade på årsbasis en högre totaldepositionen av antropogent sulfatsvavel till barrskog i hela Sverige mellan 1997-2000 än vad uppmätta värden i form av krondroppsmätningar indikerade. Enda undantaget var Götaland och Svealand, 1997. Det var främst andelen modellberäknad torrdeposition som var större än uppmätta värden.

Modellresultaten från läns- och Sverigemodellen stämmer i regel relativt väl med mätningarna. De diskrepanser som finns kan till stor del förklaras med skillnader i uppmätt nederbörd, viss del torrdeposition i mätningarna på öppet fält, lokal påverkan av storstäder och kusten, det vill säga både osäkerheter i modellsystemet och mätningarna. Det senare gäller speciellt modellerad och uppmätt torrdeposition till barrskog. Det finns också en viss spridning i resultaten som sannolikt beror på att modellberäkningarna ger medelvärden över större ytor medan krondroppsnetstationerna ger data för en viss punkt i landskapet. Ytterligare studier bör göras som närmare belyser orsakerna till de skillnader som finns och identifiera åtgärder som krävs för att förbättra kvaliteten i depositions kartläggningen. Förbättringar kommer att krävas av så väl modellberäkningar som nederbördskemiska mätningar.

## Summary

At the request of regional and local environmental authorities in Sweden, the deposition of acidifying compounds has been monitored by IVL Swedish Environmental Research Institute, at more than 100 locations in Sweden (Throughfall Monitoring Network). Air concentrations are monitored at some of these locations. As part of the monitoring programme the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SMHI, model deposition with the **Meso-scale Atmospheric Transport and Chemistry Model, MATCH**, with a resolution of 5 km<sup>2</sup>. This report describes a comparison of measured sulphur and nitrogen deposition and MATCH modelled deposition in Sweden. The purpose is to illustrate similarities and differences between measured and modelled values, since both methods are used to monitor the status of the environment.

*Precipitation:* Measured and modelled concentrations of sulphur and nitrogen in precipitation are based on different precipitation values, measured by different methods at different sampling intervals. A fundamental condition for good agreement between measured and modelled values are comparable precipitation values between the Throughfall Monitoring Network and SMHI. Comparisons were performed between the Throughfall Monitoring Network's precipitation measurements in open fields and nearby SMHI stations, and between different precipitation measurements at one location in Aneboda, southern Sweden. The accuracy of throughfall measurements in coniferous forests in the Throughfall Monitoring Network was examined.

The precipitation comparison shows that precipitation measurements in the Throughfall Monitoring Network's bulk samplers during months with summer equipment (MISU-funnel) are well correlated to SMHI's precipitation measurements. When winter equipment (MISU-sack) was used within the Throughfall Monitoring Network less correlation was noted. Measured bulk precipitation generally exceeds SMHI precipitation during winter equipment collection.

*MATCH regional model:* Measured sulphur and nitrogen concentration in precipitation and deposition (Throughfall Monitoring Network) during 2000/01 in seven counties in central Sweden and the result of the MATCH regional model have been compared. The comparison is based on quarters of a year to examine seasonal variations and geographical differences in concentration in precipitation, bulk deposition, and dry deposition to coniferous forests.

Comparison between the Throughfall Monitoring Network bulk deposition values and the MATCH regional model shows in general higher measured concentrations than modelled concentrations of sulphur, but the difference between measured and modelled wet deposition showed no significant pattern. The greatest differences occurred in coastal counties and best agreement was noted during July to September. Measured

concentrations of nitrate were generally higher than modelled, but no distinct difference between measured and modelled wet deposition occurred. Measured concentration and bulk deposition of ammonium was in general higher than modelled values during winter, while lower during summer. The differences were greatest in coastal counties, especially for nitrate. Best fit occurred during July to September for nitrate, and during January to March for ammonium. Modelled dry sulphur deposition to coniferous forests was greater than dry deposition measured by throughfall in the Throughfall Monitoring Network during all four quarters of 2000/01.

*MATCH Swedish model:* Comparisons were made between measured values from the Throughfall Monitoring Network during 1997 to 2000 and modelled values by the Swedish MATCH model. The comparison, based on annual values, aims to elucidate temporal variations and geographical differences between southern, central and northern Sweden for sulphur, nitrate and ammonium deposition to open areas, and total deposition of anthropogenic sulphur (non-sea salt) to coniferous forests.

Comparison between the Throughfall Monitoring Network open field values and the Swedish MATCH model shows in general lower modelled wet deposition of sulphur. The differences in amounts were greatest in southern Sweden and smallest in northern Sweden. The comparison also shows that the Swedish MATCH model predicted in general less wet deposition of nitrate and ammonium than what bulk deposition measurements showed on an annual basis. Best fit with measured data occurred in northern Sweden. The Swedish MATCH model predicts a higher total annual deposition of sulphur to Swedish coniferous forests as whole between 1997 and 2000 than indicated by the Throughfall Monitoring Network. Primarily, the dry deposition part of the modelled data was considerably greater than measured values. Wet deposition correlated much better between the measured and modelled data sets.

The results of the regional and Swedish MATCH model were in general well correlated to measured values in open areas. Most of the existing differences could be explained by differences in measured precipitation, dry deposition in bulk samplers, local effects of cities and coastal areas, i.e. uncertainties in the model system and measurements. The differences are greatest between modelled and measured dry deposition to coniferous forest. Part of the differences between modelled and measured values are due to the fact that the models produces an average for a certain area while measured values are data from a specific point in the landscape. This study discusses differences and uncertainties in the MATCH model and measured values. Further studies are needed to give a more detailed picture of what causes the differences and to identify measures to improve the quality of the deposition assessment. Improvements are needed in both models and measurements.

## 1. Inledning

På uppdrag av regionala intressenter i form av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogs-  
vårdsstyrelser och kommuner mäter IVL i Aneboda deposition och markvatten på över  
100 lokaler i Sverige, Krondroppsnätet. På vissa lokaler mäts även lufthalter. Genom ett  
samarbete med SMHI utförs sedan 2000 även modellberäknade, yttäckande, högupps-  
lösta depositionsberäkningar med hjälp av MATCH länsmodell i ett rutnät på 5\*5 km<sup>2</sup>.

De regionala undersökningarna startade i Blekinge 1985 och omfattar nu så gott som  
hela landet. Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogs-  
vårdsorganisationens (SVO) skogliga observationsytorna. De skogliga observationsytorna  
ingår i såväl ett regionalt som ett nationellt och ett Europeiskt nät. Syftet med  
mätningarna är att beskriva tillstånd, regionala skillnader, utveckling i tiden samt  
effekter av surt nedfall. Metodiken följer nationell och internationell standard.

Nuvarande program inom Krondroppsnätet (se vidare 2.1) är ett resultat av ett  
samarbetsprojekt mellan Länsstyrelser, Naturvårdsverket (NV) och IVL under åren  
1997-2000, där dessa organisationer medverkat till att utveckla och rationalisera  
metoder för mätningar, utvärdering och rapportering. Det nya programmet, som löper  
sedan hösten 2000, innebär bland annat ökad samordning med nationell miljö-  
övervakning av luft, redovisning av resultat via ordinarie rapporter och hemsida,  
förbättrade metoder för att undersöka torrt nedfall i skog samt ett program för kvalitets-  
säkring av mätningarna. Krondroppsnätets hemsida nås via [www.ivl.se](http://www.ivl.se) eller via länk  
från respektive luftvårdsförbunds eller länsstyrelses hemsida.

I rapporteringen 2003 ingår en rapport med redovisning av data från hela Sverige  
(Hallgren-Larsson m. fl., 2003). För varje län redovisas även resultat i form av  
nedladdningsbara pdf-filer på Krondroppsnätets hemsida. En styrgrupp, bestående av  
representanter från länen, Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och IVL, ser över  
verksamheten inom nuvarande program med syfte att gemensamt ta fram bästa möjliga  
program under kommande mätperiod, både med avseende på mätningar och  
redovisningsrutiner. Resultatet av detta samarbete (programförslag för kommande  
mätperiod) inklusive ytterligare utvärdering av mätningarna inom nuvarande program,  
redovisas i en rapport hösten 2003. Föreliggande rapport är en del av rapporteringen  
2003 och är en jämförelse mellan uppmätt och modellberäknad deposition av svavel och  
kväve i Sverige. Rapporten syftar till att belysa överensstämmelse och väsentliga  
skillnader mellan uppmätta och modellerade värden samt identifiera osäkerhetsfaktorer,  
eftersom båda metoderna används vid uppföljning av miljöbelastning och -tillstånd.  
Osäkerheter kan förekomma i så väl modellberäkningar som uppmätta värden.



## 2. Bakgrund

Under 2000/01 har mätningar på öppet fält inom Krondroppsnetet ersatts eller kompletterats med modellberäkningar. Syftet med föreliggande rapport är att undersöka om det är rimligt att ersätta mätningar med modellberäkningar samt vilka felkällor som kan finnas.

Följande jämförelser har utförts:

- I. De *nederbördsmängder* som används inom Krondroppsnetet och MATCH modellberäkningar är uppmätta med skilda metoder och provtagningsintervall. För att fastställa årstidsvariationer och överensstämmelse mellan uppmätt nederbörd inom Krondroppsnetet och SMHIs uppmätta nederbörd som används i MATCH modellberäkningar jämfördes SMHIs dygnsmätningar på näraliggande stationer med Krondroppsnetets mätningar av nederbörd på öppet fält. Jämförelsen är baserad på synoptiska månadsvärden under 2000 till 2002 (Hans Kvarnäs, SLU opublicerat).

För att undersöka metodskillnader mellan Krondroppsnetets och SMHIs nederbördsuppmätningar jämfördes mätningar på en lokal i Aneboda under 1993-2002. Jämförelsen baserades på öppet fält mätningar som provtogs en gång per månad och SMHI mätningar som provtogs fem gånger per vecka.

Även mätningarnas säkerhet, representativitet för ytan samt variation mellan insamlarna inom Krondroppsnetet undersöktes. I ett homogent granbestånd i Aneboda placerades 110 trattar ut och krondroppet samlades in veckovis under februari till september, 1993. På två andra lokaler sattes 10 extra insamlare ut i krondroppsytorna, 1993.

- II. *MATCH Länsmodell* har jämförts med uppmätta svavel- och kvävevärden från Krondroppsnetet under 2000/01 för sju län i mellansverige. Jämförelsen är baserad på kvartal för att undersöka årstidsvariationer och geografiska skillnader i överensstämmelse för halter i nederbörd, deposition till öppet fält och torrdeposition till barrskog.
- III. *MATCH Sverige modell* har jämförts med uppmätta värden under 1997 till 2000 för hela Sverige. Jämförelsen är baserad på årsvärden och syftar till att jämföra årsvariationer och geografiska skillnader mellan Götaland, Svealand och Norrland för svavel- och kvävedeposition på öppet fält och totaldeposition av antropogent svavel till barrskog.

Försök att mäta andelen torrdeposition som fångas upp av de ständigt öppna insamlarna på öppet fält pågår inom Krondroppsnetet (se [www.ivl.se](http://www.ivl.se) nationellt

program för krondroppsmätningar). Dessa resultat används i denna studie för att uppskatta uppmätt våtdeposition som kan jämföras med modellberäknade värden.

Nedan följer en kort genomgång av Krondroppsnetet, MATCH Sverigemodellen och MATCH länsmodellen, samt de mätprogram som bidrar med data till modellberäkningarna.

## 2.1 Krondroppsnetet

Inom Krondroppsnetet utförs depositions-mätningar för varje lokal i en skogsyta (krondropp) samt för vissa lokaler på öppen mark (öppet fält) i dess närhet. På öppet fält samlas nederbörden in med hjälp av en trattförsedd dunk (med känd trattarea), placerad på stolpe 1,5 m över marken. Under vintern ersätts tratten med en meterlång MISU-säck. Nedfallet på öppet fält består huvudsakligen av våtdeposition, det vill säga ämnen som är lösta i nederbörden.

Krondroppsmätningarna görs i skogsytor som vanligen är 30\*30 m<sup>2</sup>. Trädkronorna fungerar som provtagare och filtrerar torra partiklar, gaser och aerosoler från luften (torrdeposition). Föroreningarna sköljs sedan ner av nederbörden och samlas upp i tio trattförsedda dunkar per skogsyta. Dessa tio delprov, som alltså innehåller både våt- och torrdeposition, slås samman till ett generalprov. Krondroppsvärden påverkas av upptag i trädkronorna (främst kväve) och interneirkulation mellan träd och mark (främst kalium och mangan). Under vinterperioden ersätts dunkar och trattar av hinkar. Provsamlarna står på förutbestämda platser. För att minska inverkan av fältskikt och snödrev är insamlarna placerade på stolpar, minst 0,5 m ovan mark.

## 2.2 MATCH Sverigemodell

Under 1990-talet utvecklades en svensk MATCH modell (**M**esoscale **A**tmospheric **T**ransport and **C**hemistry Model) av SMHI, för yttäckande modellberäkningar med varierande upplösning. MATCH-modellen kan exempelvis användas för att skapa en bild över spridningen av luftföroreningar i en region eller ett land och ingår i det nationella miljöövervakningsarbetet ([www.smhi.se](http://www.smhi.se)).

Modellen inkluderar både fysikaliska och kemiska processer som styr atmosfärisk transport och spridning, kemisk omvandling samt våt- och torrdeposition av olika föreningar. Beräkningar kan göras av kväve- och svavelnedfallet inom olika delar av en region (Kindbom m.fl., 2001).

Sverigemodellen består av två delar: 1) en regional spridningsmodell för luftföroreningar, 2) ett system för dataassimilation av föroreningskoncentrationer i luft och

nederbörd. Del 2 använder uppmätta atmosfärskemiska mätdata (nordiska EMEP-stationer + svenska Luft och Nederbördskemiska Stationsnätet) som dataassimileras i MATCH-modellen. Det koordinatsystem som utnyttjas är ett så kallat roterat lat-long system och den geografiska upplösningen som används i modellberäkningarna är  $11 \times 11$  km<sup>2</sup>. Även utnyttjade markanvändningsdata har en upplösning på  $11 \times 11$  km<sup>2</sup>. Resultaten presenteras i RT90 med en upplösning på  $20 \times 20$  km<sup>2</sup> för att underlätta för användarna (Kindbom m.fl., 2001, Akselsson m.fl., 2000).

I Sverige har verksamheten inom EMEP bedrivits sedan slutet av 1970-talet och resultaten används i olika internationella sammanhang (Kindbom m.fl., 2001). I Sverige omfattar lufthalts- och nederbördskemiska mätningarna för närvarande nio stationer, varav det på fem enbart mäts ozon. Programmet inkluderar dagliga mätningar av svavel- och kväveföreningar i luften, registrering av ozonhalter varje timme och insamling av nederbörd för analyser av de viktigaste oorganiska föreningarna på veckobasis ([www.ivl.se](http://www.ivl.se)).

Mätningar inom Luft- och nederbördskemiska nätet har bedrivits inom den nationella miljöövervakningen sedan 1983 och består av ca 25 stationer i bakgrundsområden spridda över hela landet. Månatliga insamlingar av nederbörd för analys av de viktigaste oorganiska föreningarna sker på alla stationer. På tio av stationerna tas dessutom luftprover för analys av SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> och O<sub>3</sub> månadsvis. Analyser av nederbörd med avseende på koncentration av tungmetaller, kvicksilver och metylkvicksilver utförs på prover från tre stationer (se vidare [www.ivl.se](http://www.ivl.se)).

### **MATCH Länsmodell**

En modifierad Sverigemodell (MATCH) togs fram under 2000/01 anpassad för regionala förhållanden för att ersätta och komplettera mätningar på öppet fält inom Krondroppsnetet. Resultaten presenteras i RT90 med en upplösning på  $5 \times 5$  km<sup>2</sup>. I länsmodellen har även utnyttjade markanvändningsdata en upplösning på  $5 \times 5$  km<sup>2</sup>. Resultaten av modellberäkningarna redovisas per hydrologiskt år, oktober till september (med datalagring månadsvis) (Akselsson m.fl., 2000).

## **3. Metodik**

Metodik för jämförelser av *uppmätt nederbörd* inom Krondroppsnetet och med SMHIs metoder framgår av resultatredovisningen, avsnitt 4.1.

Data från *länsmodellen* jämfördes med uppmätt data från krondroppsnetet för hydrologiska året 2000/01. Det modellberäknade materialet bestod av våtdeposition av sulfat-svavel (totalt och med havssaltkorrektin) och nitrat- och ammoniumkväve samt

torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog. Materialet levererades i form av månadsvärden från SMHI.

Krondroppnätets insamlare på öppet fält och i skogsytorna töms en gång i månaden runt månadsskiftet. Krondroppsnätets mätningar är därmed **inte** rena månadsmätningar och därför inte direkt jämförbara med modellerade månadsvärden. För att reducera effekter av ej synoptiska mätningar har materialet analyserats per kvartal.

Data från länsmodellen är heltäckande för Sverige men på grund av problem med tillgänglighet av en del atmosfärskemiska mätdata samt problem med indata är 2000/01 års resultat preliminära. Tillgång till samtliga atmosfärskemiska mätdata kommer att resultera i förändringar i modellresultaten speciellt för södra och norra Sverige. Jämförelsen är därför enbart koncentrerad till län belägna i ett band från västra till östra delen av mellansverige (Västra Götalands län, Värmlands län, Örebro län, Västmanlands län, Östergötlands län, Södermanlands län och Stockholms län).

Modellerade data har en upplösning på 5 km<sup>2</sup>. Värdet i korresponderande ruta till Krondroppsnätets lokaler har använts vid jämförelsen. Modellberäknad data utgör därmed ett snittvärde för ett större geografiskt område medan uppmätt data representerar situationen på en yta i landskapet som faller inom denna ruta.

Materialet har jämförts med avseende på halter och deposition och delats upp på fem geografiska områden med olika karaktärer (figur 1);

*Västra Götalands län (O-län):* Kustlän i väster med storstadsområde.

*Värmlands län (S-län):* Kantområde för modellen i väster.

*Örebro län och Västmanlands län (T +U-län):* Centrala delar

*Östergötlands län och Södermanlands län (E +D-län):* Kustlän utan storstadsområde.

*Stockholms län (A-län):* Kustlän i öster med storstadsområde.

Halterna är volymvägda halter per kvartal och depositionen är den summerade depositionen under ett kvartal. För att få en bild av hur halter respektive deposition ser ut i de fem geografiska områdena beräknades medelvärde och standardavvikelse.

Materialet testades med ett dependent t-test för att undersöka eventuella signifikanta skillnader mellan uppmätt och modellerade data. Testet utfördes endast för Stockholms län, Västra Götalands län, Södermanlands län och Östergötlands län. För få värden omöjliggjorde signifikantest för övriga aktuella län i mellansverige.

Materialet summerades även med avseende på våtdeposition för hydrologiska året 2000/01. Den relativa skillnaden belystes genom att dividera skillnaden mellan uppmätt och modellerad deposition med den uppmätta deposition och anges i procent.



Figur 1. Lokaler i kron-dropps-nätet som använts för jämförelse av data från 2000/01.

Jämförelser mellan beräkningar med *Sverigemodellen* och mätdata från Kron-dropps-nätet under 1997-2000 är baserad på ett 20-tal lokaler. MATCH modellerade data redovisas på SMHI:s hemsida ([www.smhi.se](http://www.smhi.se) under Klimat och Miljö, Atmosfärskemi) med en upplösning på 20\*20 km<sup>2</sup> och kan laddas ner som ascii filer. Modellerad deposition i rutan där mätlokalen ligger har använts för jämförelsen. Jämförelsen är baserad på kalenderårsdata.

Svavel-, nitrat- och ammoniumkvävedeposition, uppmätt på 11 öppna fältstationer i Götaland, 8 i Svealand och 6 i Norrland inom Kron-dropps-nätet jämförs med modellberäknade MATCH våtdeposition av sulfatsvavel, nitrat- och ammoniumkväve. Samma lokaler jämförs för alla ingående åren.

Modellberäknad deposition av antropogen (icke havssalt) sulfatsvavel i barrskog, uppdelad i våt- och torrdeposition, jämförs med kalenderårsvis deposition av antropogen svavel i nederbörd och i kron-dropp från samma lokaler som ovan inom Kron-dropps-nätet. Skogsytorna dominerades huvudsakligen av granskog, ett par stycken av tallskog. Kron-dropps-värdet minus öppet fältvärdet för samma lokal används som torrdepositionsandel från Kron-dropps-nätet. Våtdeposition i barrskog inom Kron-dropps-nätet mäts på angränsande öppet fält. På några lokaler är våtdepositionen högre än totaldepositionen i kron-dropp. I dessa fall har torrdepositionen satts till noll.

För ett antal kustnära lokaler inom Kron-dropps-nätet fanns inga data från MATCH gridder för att Kron-dropps-nätets lokal hamnade i en havsgrid (för vilka SMHI ej presenterar data i de nedladdningsbara filer som vi använder).

## 4. Resultat och diskussion

### 4.1 Nederbördsmätning

Nederbördsjämförelsen indikerar att skillnaden i uppmätt nederbörd inom Krondroppsnätet och med SMHIs metoder är störst under de månader då vinterutrustning används inom Krondroppsnätet. Sommarutrustning (MISU-tratt) används vanligtvis på öppet fält från april/maj till september/oktober och vinterutrustning (MISU-säck) under resterande månader. Under månader med sommarutrustning var överensstämmelsen med SMHIs nederbördsmätningar god. Under vintermånaderna då MISU-säck används var korrelationen något sämre och oftast var den uppmätta nederbörden på öppet fält större än SMHIs uppmätta nederbörd.

Använda nederbördsmängder är olika för uppmätt och modellberäknad data. Modellberäkningarna bygger på statistik över dygnsvis insamlad nederbörd (SMHI) som korrigerats för eventuella förluster vid insamling (t.ex. avdunstning). Inom krondroppsnätet samlas nederbörd in med bulkprovtagare en gång per månad och ingen generell korrigerings görs för eventuella förluster vid insamling. Denna skillnad medför att de uppmätta och modellerade depositionsvärdena har olika felkällor. En grundläggande förutsättning för god överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade data är jämförbara nederbördsmängder.

Mer omfattande studier av kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom olika svenska nederbördskemiska stationsnät, och dess betydelse för depositionsberäkningar med MATCH – Sverigemodellen, finns redovisade i SMHI rapporterna (Persson, 2002) och (Magnusson & Persson, 2003). I den senare rapporten har jämförelser gjorts mellan nederbördsmängder över Sverige framtagna med noggrant utprovad optimal interpolation (OI) baserade på SMHI's hela observationsnät (ca 800 lokaler samt nederbördsradar) och de nederbördsmängder som erhållits i SMHI's stationsnät och nederbördskemiska mätningar inom Krondroppsnätet och PMK. De med OI framtagna nederbördsmängderna visar god överensstämmelse med SMHI's mätstationer ( $R^2=0,95$ ). Något sämre värden erhålls för sommaren, då det förekommer skurnederbörd, och något bättre vintertid. Nederbördsmätningar inom Krondroppsnätet och PMK visar sämre samvariationer med analyserade fältdata för nederbördsmängd. För vinterhalvåret är samvariationen mycket dålig vilket med största sannolikhet sammanhänger med användningen av MISU-säckar inom de regionala nederbördskemiska stationsnäten. Dessa tycks kraftigt påverka aerodynamiken och därmed uppsamlad nederbördsmängd. Det svenska EMEP-nätet har under åren 2000 och 2001 uppmätt

mycket för små nederbörds mängder vid ett par av stationerna, vilket torde bero på problem med mekaniken hos de locksamlare som utnyttjas inom EMEP-nätet.

## Jämförelse med närliggande SMHI stationer

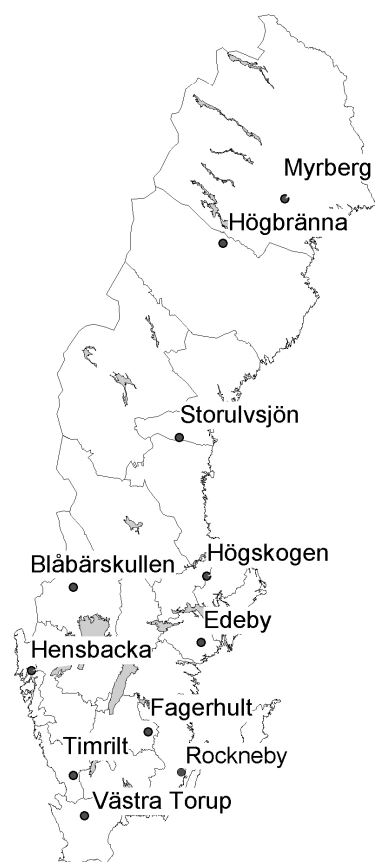
Sveriges Lantbruks Universitet (SLU) har gjort en jämförelse som syftar till att fastställa vilken av omgivande nederbördsstationer (SMHI-stationer) som bäst kan anses representera nederbörden på 10 av Skogsvårdsorganisationens (SVO) skogliga obsytor (Hans Kvarnäs opublicerat). Huvuddelen av Krondroppsnätets undersökningar sker i dessa obsytor. Jämförelsen är baserad på de mätningar av nederbörds mängden som utförs på öppet fält i närhet av obsytorerna.

De 10 obsytor som ingår i studien framgår av tabell 1 och figur 2.

Valet av SMHI stationer har i studien enbart baserats på närhetskriteriet. De tre (i vissa fall två) närmast belägna stationerna har tagits med i studien. Aktuella stationer framgår av tabell 1.

Nederbörds mängderna från SMHI är summerade månadsvis, men med matchning till de tömningsdatum av öppet fält insamlaren som normalt sker nära månadsskiftet. IVL har använt dessa data för att belysa eventuella skillnader mellan månader med sommarutrustning respektive vinterutrustning på öppet fält mätningarna. SMHI använder samma sorts utrustning både sommar och vinter. Resultatet av de korrelationsanalyser som utfördes presenteras i tabell 1.

I tabell 1 redovisas även resultat för Rockneby och närliggande SMHI stationen Kalmar flygplats. Resultatet är framtaget av IVL med samma metodik som beskrivits ovan.



Figur 2. Ytor inom Krondroppsnätet som ingår i studien.

Tabell 1. Lokaler inom Krondroppsnetet som ingår i studien, närbelägna SMHI-stationer samt korrelationskoefficient (2000-2002). Siffror inom parentes anger antal värden. TB=tipping bucket, mini-meteorologisk station.

lokalnamn	Lokal kod	SMHI station	SMHI namn	Korrelations		Korrelations		Korrelations	
				koefficient	helår	koefficient	sommarutr.	koefficient	vinterutr.
Hensbacka	O 35 A	8121	Uddevalla	0,82	(36)	0,82	(19)	0,85	(17)
		8132	Dingle	0,81	(36)	0,87	(19)	0,81	(17)
		8131	Heden	0,80	(36)	0,83	(19)	0,81	(17)
Högskogen	C 01 A	10708	Harbo	0,87	(36)	0,96	(18)	0,86	(18)
		9754	Vittinge	0,87	(36)	0,93	(18)	0,90	(18)
		10612	Tärnsjö	0,83	(36)	0,95	(18)	0,86	(18)
			Högskogen TB	0,88	(14)	0,87	(12)	-	
Edeby	D 11 A	9601	Frändesta	0,80	(36)	0,96	(18)	0,71	(18)
		8753	Norrby Säteri	0,81	(36)	0,94	(18)	0,78	(18)
		9604	Floda_A	0,79	(36)	0,93	(18)	0,71	(18)
Fagerhult	F 23 A	7532	Karlstorp	0,80	(36)	0,91	(18)	0,62	(18)
		7534	Värne	0,62	(36)	0,73	(18)	0,73	(18)
Västra Torup	L 07 A	6308	Hässleholm	0,59	(36)	0,91	(22)	0,48	(14)
		6303	Sösdala	0,60	(36)	0,92	(22)	0,47	(14)
			V. Torup TB	0,76	(11)	0,98	(7)	-	
Timrilt	N 13 A	6348	Havraryd	0,78	(36)	0,97	(21)	0,64	(15)
		6360	Torup	0,74	(36)	0,92	(21)	0,62	(15)
Blåbärs-kullen	S 22 A	9352	Sunne_A	0,81	(36)	0,86	(20)	0,90	(16)
		9254	Treskog	0,80	(36)	0,82	(20)	0,91	(16)
		9344	Ö. Ämtervik	0,82	(36)	0,83	(20)	0,89	(16)
Storulv-sjön	Y 07 A	12617	Ulvsjön	0,88	(36)	0,90	(16)	0,84	(20)
		12616	Naggen	0,87	(36)	0,88	(16)	0,84	(20)
		12625	Västerlo	0,93	(36)	0,96	(16)	0,91	(20)
Högbränna	AC04 A	15881	Johannishus	0,81	(36)	0,74	(16)	0,87	(20)
		15787	Buresjön_A	0,82	(36)	0,76	(16)	0,85	(20)
		15888	Slagnäs	0,88	(36)	0,88	(16)	0,85	(20)
Myrberg	BD 02 A	17076	Puottaure	0,83	(36)	0,89	(18)	0,56	(18)
		17170	Övre Svarlå	0,79	(36)	0,84	(18)	0,73	(18)
		16097	Vidsele	0,91	(12)	-		0,86	(7)
Rockneby	H 03 B	6641	Kalmar flygplats	0,92	(36)	0,88	(20)	0,96	(16)
<b>Medel</b>				<b>0,81</b>		<b>0,88</b>		<b>0,78</b>	

Jämförelsen visar en relativt hög korrelation mellan Krondroppsnetet och närliggande SMHI-stationer under de månader då sommarutrustning (MISU-tratt) inom Krondroppsnetet. Under dessa månader varierar korrelationskoefficienten mellan 0,73 – 0,98 (1 indikerar en perfekt korrelation). Under månader med vinterutrustning (MISU-säck) är korrelationskoefficienten som regel något lägre och varierar betydligt mer, mellan 0,47–0,91, och i regel blir nederbörden i MISU-säcken betydligt större än i närmaste SMHI-station. Vissa förklarliga avvikelser förekommer; Blåbärskullen (S22) har t.ex. mer nederbörd än kringliggande SMHI-stationer på grund av att lokalen ligger högre i terrängen.



Två av Krondroppsnätets lokaler (Högskogen och Västra Torup) har även mini-meteorologiska stationer med en s.k. ”tipping bucket”. Dessa fungerar inte när nederbörden består av snö. Västra Torup TB står inom fem meter från bulksamlaren. Västra Torup har den högsta korrelationskoefficienten av alla lokaler under månader med sommarutrustning (0,98), men resultatet är baserat på enbart sju mättillfällen. Den mini-meteorologiska stationen i Högskogen står 1,3 km från bulksamlaren och uppvisar något lägre korrelationskoefficient (0,87). På grund av för få mättillfällen kan inga korrelationsresultat ges för månader med vinterutrustning.

Noterbart är att korrelationen mellan SMHI stationerna sinsemellan i regel är högre än korrelationerna mellan öppet fält lokalerna och SMHI stationerna (Hans Kvarnäs, SLU opublicerat).

### Hur säkra är mätningarna?

Från och med 1993 har nederbörds­mätningar med både bulkprovtagare (MISU-tratt/säck) och SMHI-kanna utförts på en lokal i Aneboda (Kronobergs län). Under oktober till april har vinterutrustning (MISU-säck, 3 st) använts och under mars till november eller december har sommarutrustning (MISU-tratt, 3 st) använts. Detta har gett två överlappande mätningar med både sommar- och vinterutrustning på våren och två till tre överlappande mätningar på hösten.

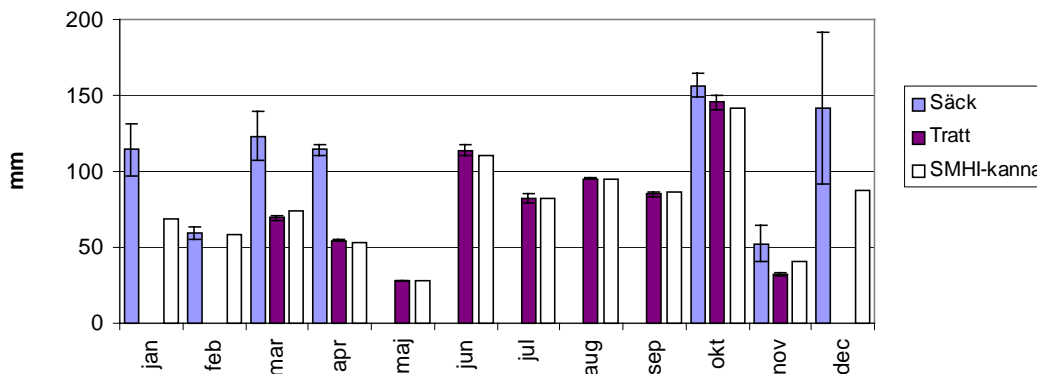
Mätningarna visar att under sommarhalvåret var överensstämmelsen god mellan sommarutrustningen och SMHI-kannan, tabell 2. Under de överlappande höstmånaderna med sommarutrustning är korrelationen fortfarande god. Under månader med snöfall kan man dock notera något mindre uppmätta nederbörds­mängder med sommarutrustningen jämfört med SMHI-kannan, vilket är förväntat eftersom MISU-trattar endast kan hålla en begränsad mängd snö och generellt ej använts under månader med snöfall.

Under vinterhalvåret var korrelationen något lägre mellan nederbörds­mätningarna med MISU-säck och SMHI-kanna. Spridningen var också större mellan de tre MISU-säckarna, jämfört med mätningar med de tre MISU-trattarna. Nederbörds­mätning med MISU-säck gav i regel högre nederbörds­mängd jämfört med mätning med SMHI-kanna. I figur 3 visas resultatet för ett år, 1998, med typiska skillnader mellan bulksamlare och SMHI-kanna.

Tabell 2. Korrelationskoefficient samt förklaringsgrad mellan nederbörds­mätningar med sommar- respektive vinterutrustning och SMHI-kanna för åren 1993-2002 i Aneboda.

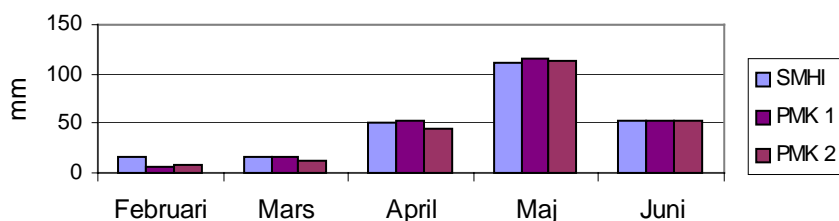
	Utrustning	
	Sommar	Vinter
Korrelationskoefficient (R)	0,89	0,83
Förklaringsgrad (R <sup>2</sup> )	0,85	0,67

## Nederbörd, 1998



Figur 3. Nederbördsmätning under 1998 i Aneboda. Staplarna är medelvärden baserade på tre upprepningar med undantag för mätningar med SMHI-kanna som är baserad på en insamlare. I figuren visas även standardavvikelsen för säck och tratt.

I Vavihill i Skåne har nederbördsmätningar påbörjats år 2003 med SMHI-kanna samt två bulkprovtagare inom luft- och nederbördskemiska nätet. Resultat finns för februari till juni (figur 4). Korrelationen var bäst under vår- och sommarmånaderna (mars till juni) och något sämre under februari. Vinterutrustning har använts under februari och mars, sommarutrustning under resterande månader.

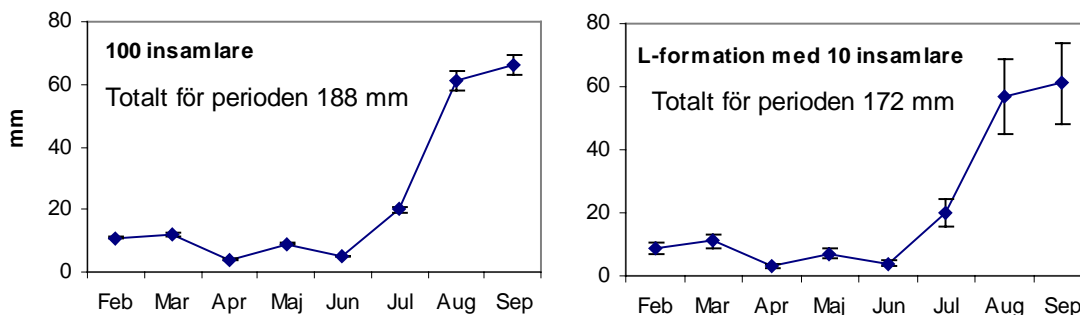


Figur 4. Nederbördsmätningar i Vavihill, Skåne, februari – juni 2003 med SMHI-kanna och två bulkprovtagare (luft- och nederbördskemiska nätet).

Dessa tre jämförelser visar störst mätosäkerhet när nederbördsmätning genomförs med MISU-säck, dvs under oktober/november till mars/april i Krondroppsnetets mätningar på öppet fält.

I ett bestånd med granskog (ca 60 år) i Aneboda, Kronobergs län, placerades 110 trattar ut och krondroppet samlades in veckovis under februari till september, 1993. Försöket syftade till att få ett mått på säkerheten och variationen på mätningarna inom en

30\*30m<sup>2</sup> provyta. Inom Krondroppsnätet används 10 provtagare i en L-formation på krondroppsytorna vilket förväntas ge en representativ bild av nedfallet i ytan.



Figur 5. Insamlad krondropp (medelvärde samt medelfel) i mm 1993 i Aneboda.

Figur 5 visar att mängden krondropp de två metoderna samlar in är ganska lika. 100 insamlare ger 188 mm totalt för hela perioden och 10 insamlare 172 mm för hela perioden, dvs 8 % mindre. Medelfelet är större med 10 insamlare än om 100 insamlare används vilket är förväntat.

På två lokaler (Bäcksjön i Västerbotten, januari till maj och Skirsjön i Östergötland, januari till oktober) sattes 1993 tio extra insamlare ut i krondroppsytorna. Jämförelser mellan de 10 ordinarie insamlarna och de 10 extra insamlarna visade att skillnaderna var minimala gällande mängd krondropp (2 respektive 1% i medeltal). Deposition av antropogent svavel varierade mellan de två dataseten men skillnaderna var relativt små (12 % i medeltal för båda lokalerna), likaså för deposition av kväve (19 respektive 12% i medeltal).

Sammanfattningsvis indikerar resultaten att 10 insamlare ger ett acceptabelt mått för provytan. Krondroppsmätningar är något robustare jämfört med mätningar på öppet fält där variationen är större mellan olika bulkprovtagare. I genomsnitt är nederbörds- mängden uppmätt i krondroppsytor med gran ca 60-70% av uppmätt nederbörds- mängd på öppet fält.

## 4.2 Nedfall på öppet fält

MATCH länsmodell beräknade i regel något lägre halter av sulfatsvavel i nederbörd än vad uppmätta halter visade under 2000/01 i mellansverige. Skillnaden mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition av sulfatsvavel visade inte något tydligt mönster, trots högre uppmätta halter. Skillnaderna var störst vid kusterna och bäst överensstämmelse noterades under juli till september för både halter i nederbörd och våtdeposition. Uppmätta halter av nitratkväve i nederbörd var i regel högre än modellerade halter, men det fanns ingen tydlig skillnad mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition av nitratkväve. Uppmätta halter i nederbörd och våtdeposition av ammoniumkväve var oftast högre under vinterhalvåret och lägre under sommarhalvåret än modellberäknad data. Skillnaderna mellan mätningar och modellberäkningar var störst i kustlänen, speciellt för nitratkväve. Bäst överensstämmelse noterades under juli till september för nitratkväve och under januari till mars för ammoniumkväve för både halter i nederbörd och våtdeposition.

MATCH Sverigemodell beräknade en något lägre våtdeposition av sulfatsvavel under åren 1997-2000 än vad nedfallsmätningarna från Krondroppsnätet visade. Skillnaden var störst i Götaland och minst i Norrland. Modellberäkningarna visade även en lägre våtdepositionen av nitrat- och ammoniumkväve på årsbasis. Överensstämmelsen med mätdata var bäst i Norrland.

### Torrdeposition på öppet fält

Nedfall av försurande ämnen delas vanligen in i våtdeposition (nederbördens bidrag) och torrdeposition (gaser, partiklar och aerosoler). På öppet fält lokaler används bulkprovtagare som under sommarmånaderna består av en MISU-tratt och under vintermånaderna av en MISU-säck. På öppet fält lokaler sker mätningar av nedfallet i form av insamling av nederbörd. Det representerar närmast våtdeposition, men en viss mängd torrdeposition kan falla ner i de ständigt öppna insamlarna. Tidigare studier tyder på att torrdepositionens andel är 2-6% (Granat, 1988).

För att uppskatta andelen torrdeposition i ordinarie bulksamlare monterades en likadan bulksamlare under tak ("tratt under tak") bredvid den ordinarie insamlaren. I denna samlas torrdeposition i samma utsträckning som i ordinarie bulksamlare. Efter provtagningstidens slut sköljs trattarna med avjoniserat vatten av känd volym. Våtdepositionen beräknades ur depositionen till bulkprovtagaren minus depositionen till bulkprovtagaren under tak. Sådana mätningar har utförts på 11 lokaler runt om i Sverige från november 2000.

Andelen torrdeposition till bulkprovtagaren i procent av den totala depositionen, det vill säga uppmätt torrdeposition med bulkprovtagare under tak dividerat med motsvarande värden från den ordinarie bulkprovtagaren, redovisas i tabell 3. Störst torrdeposition av alla parametrar noterades i Timrilt (Halland), Hensbacka (Västra Götaland) och Västra Torup (Skåne). Andelen torrdeposition till bulkprovtagaren var dock relativt likartad över landet. Tabell 3 indikerar också att större partiklar som havssalt (NaCl, MgCl) och pollen bidrar med en större relativ andel än små hygroskopiska partiklar som sura ammoniumsulfater som har en lägre depositions hastighet.

På grund av viss andel torrdeposition är därmed uppmätta halter i nederbörd (med ständigt öppna insamlare) naturligt något högre än modellberäknade.

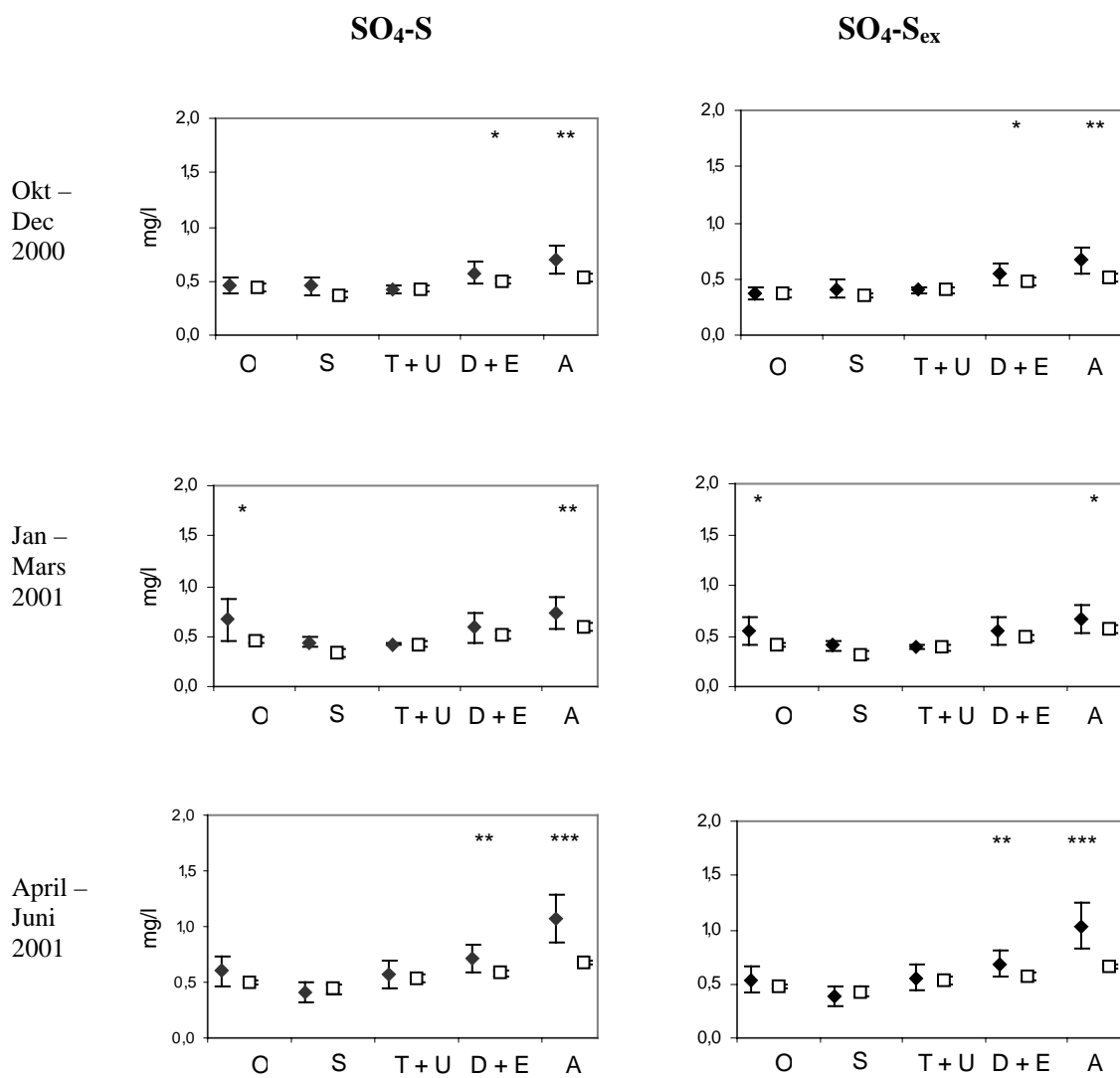
Tabell 3. Genomsnittlig andel torrdeposition i bulkprovtagaren i procent under perioden oktober 2001 till september 2002.

Lokal	H+	SO4-S	Cl-	NO3-N	NH4-N	Ca	Mg	Na	K	Mn
Högbränna	5	5	13	4	16	6	9	15	20	12
Myrberg	4	4	11	3	6	4	6	18	16	8
Högskogen	4	7	10	8	6	12	12	24	26	7
Edeby	3	8	10	9	6	14	16	14	31	8
Fagerhult	3	6	16	9	6	9	13	20	24	8
Rockneby	4	10	13	11	9	18	16	18	42	12
Torup	6	11	15	15	10	14	18	19	25	8
Timrilt	13	13	15	15	13	13	16	16	18	8
Hensbacka	4	15	25	15	9	23	28	27	27	12
Blåbärskullen	1	5	8	6	8	6	7	13	15	8
Storulvsjön	6	6	26	6	7	12	14	27	31	10
<i>Medelvärde</i>	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>17</i>	<i>12</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	<i>18</i>	<i>20</i>	<i>23</i>	<i>9</i>

## Halter i nederbörd

### **MATCH Länsmodell**

För hydrologiska året 2000/01 jämfördes modellerade halter i nederbörd (MATCH länsmodell) med uppmätta halter på öppet fält. Resultatet visas i figur 6 (sulfatsvavel och antropogent sulfatsvavel) och figur 7 (nitratkväve och ammoniumkväve) och är baserad på månadsdata.





Figur 6. Halt sulfatsvavel och antropogent sulfatsvavel per kvartal i nederbörd. O står för Västra Götalands län, S för Värmlands län, T + U för Örebro och Västmanlands län, D + E för Södermanlands län och Östergötlands län och A för Stockholms län. Symbolen ♦ anger medelvärdet för uppmätta värden, □ anger medelvärde för modellerade värden. I figuren visas även standardavvikelsen. Stjärnsymbolerna anger signifikansnivå för förekommande skillnader mellan uppmätt och modellerade data för O, D+E och A-län.

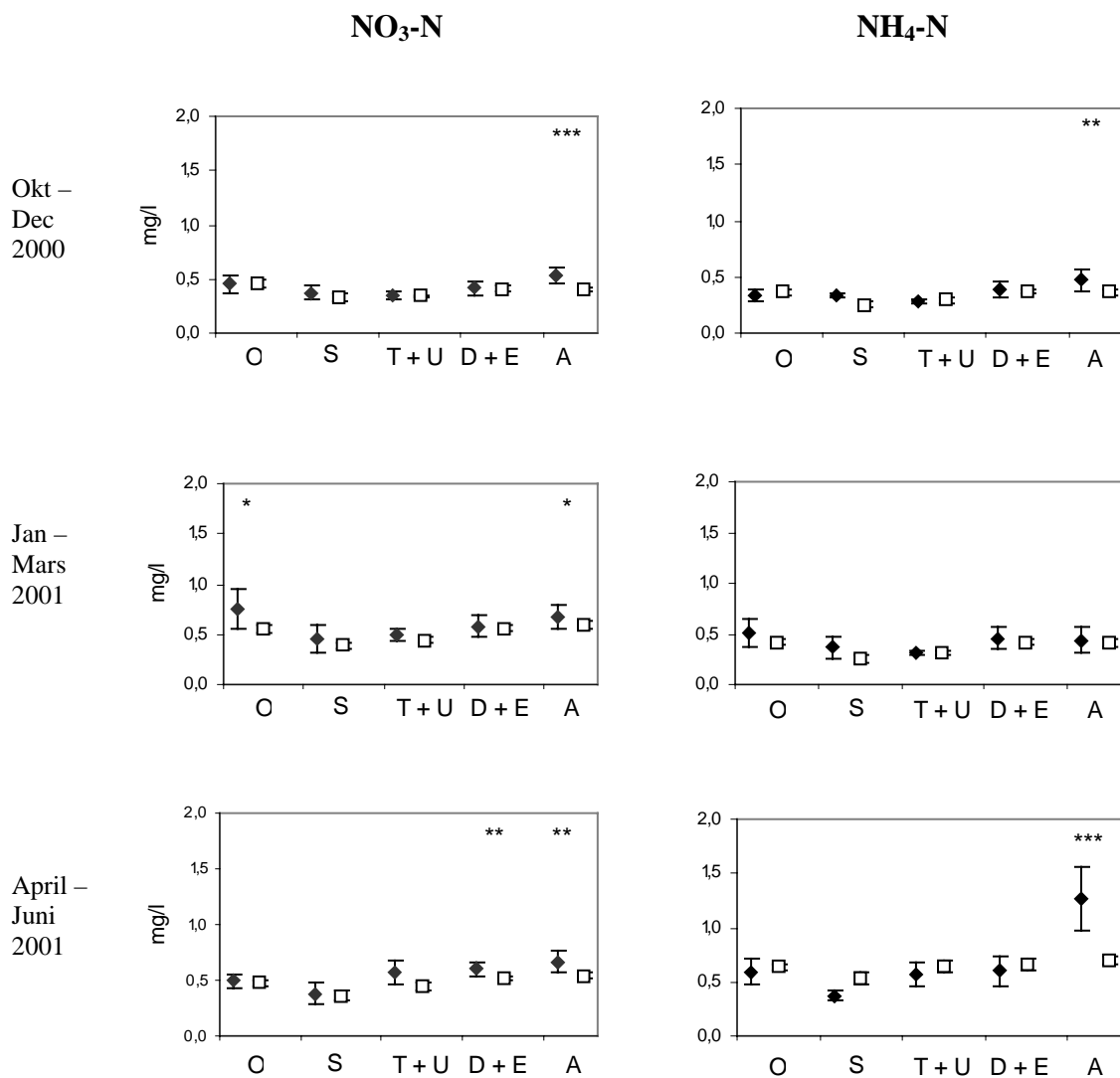
Skillnaden är liten mellan halterna totalt sulfatsvavel och sulfatsvavel med havssaltkorrektur (antropogent sulfatsvavel) i nederbörd under 2000/01. Antropogent sulfatsvavel har en mindre variation mellan lokalerna för uppmätta värden, vilket ger en något bättre överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade data. Årstidsvariationerna är desamma för totalt sulfatsvavel och sulfatsvavel med havssaltkorrektur.

Uppmätt sulfatsvavelhalt var generellt något högre än modellerad halt. Enda undantaget var Värmlands län under våren och sommaren och Västra Götalands län ( $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ ) under hösten. För hela det aktuella området i mellansverige var den reella skillnaden liten ( $<0,1$  mg/l) med få undantag. Lägst halter och bäst överensstämmelse förekom under sommaren (juli-september) för uppmätta och modellerade halter. Ingen tydlig årstidsbaserad skillnad i överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade data noterades.

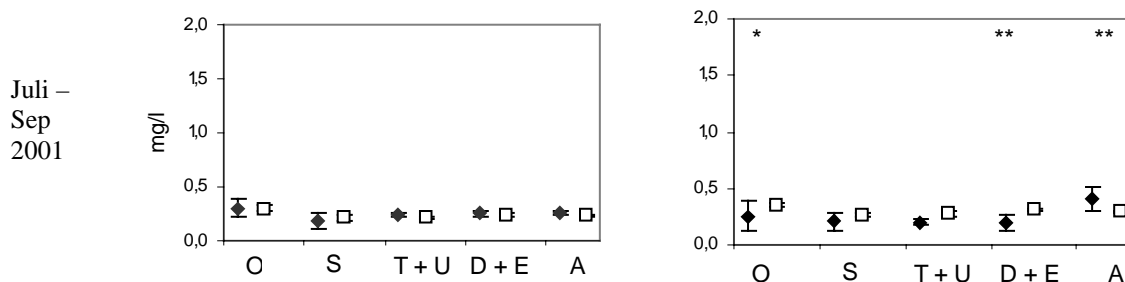
Störst skillnader förekom i kustlänen. I Stockholms län var skillnaderna signifikanta under oktober till juni. Södermanlands län och Östergötlands län hade signifikanta skillnader under oktober till december och under april till juni. Även under januari till mars skilde sig värdena åt men skillnaden var inte signifikant. I Västra Götalands län förekom signifikanta skillnader under januari till mars och även under sommarhalvåret noterades stora skillnader, dock inte signifikanta.

Resultaten visar att skillnaden mellan uppmätt och modellerad halt av sulfatsvavel (med och utan havssaltkorrektur) i nederbörd såg rimlig ut för hela mellansverige, möjligen med undantag för Stockholms län där skillnaderna var relativt stora. Kustlän är mest utsatta för variationer i sulfatsvavelnedfall och här var även variationen mellan lokalerna störst. Skillnaden beror möjligen på att lokal påverkan från storstadsregionen inte beskrivs helt korrekt i MATCH modellen eller att de svenska emissionsdata som

utnyttjats i modellen haft brister. De något högre uppmätta halterna kan till viss del förklaras med torrdeposition i insamlarna på öppet fält samt viss avdunstning. Uppmätta värden visar en mycket större variation mellan länen och mellan provytorna, jämfört med modellberäkningarna. Den större variationen kommer av lokala förutsättningar och lokal påverkan, medan modellerade värden representerar en yta på 5\*5 km<sup>2</sup>.







Figur 7. Halt nitratkväve samt halt ammoniumkväve per kvartal i nederbörd. O står för Västra Götalands län, S för Värmlands län, T + U för Örebro och Västmanlands län, D + E för Södermanlands län och Östergötlands län och A för Stockholms län. Symbolen  $\blacklozenge$  anger medelvärdet för uppmätta värden,  $\square$  anger medelvärde för modellerade värden. I figuren visas även standardavvikelsen. Stjärnsymbolerna anger signifikansnivå för förekommande skillnader mellan uppmätt och modellerade data för O, D+E och A-län.

Uppmätta halter av nitratkväve i nederbörd var som regel något högre än modellerade halter under 2000/01. Enda undantaget var Värmlands län och Västra Götalands län som hade något lägre uppmätta halter under juli till september respektive under oktober till december. Med några undantag var den reella skillnaden liten ( $< 0,1$  mg/l) för hela det aktuella området i mellansverige. Bäst överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade halter förekom under sommaren (juli-september). De största skillnaderna mellan uppmätt och modellerade värden fanns som regel under januari till juni men ingen tydlig årstidsbaserad skillnad i överensstämmelse kunde noteras.

Skillnaden var störst i kustlänen, speciellt i Stockholms län där signifikanta skillnader fanns under oktober till juni. I Västra Götalands län förekom signifikanta skillnader under januari till mars och i Södermanlands län och Östergötlands län under april till juni. Under juli till september var överensstämmelsen mycket god mellan uppmätta och modellerade halter.

Resultaten visade ingen specifikt årstidsrelaterad skillnad med avseende på uppmätta och modellerade nitrathalter. Bäst överensstämmelse förekom under juli till september. Skillnaderna var, som tidigare nämnts, störst i kustlänen och där varierade även de uppmätta halterna mest mellan lokalerna. Störst differens noterades i Stockholms län, vilket kan bero på lokal påverkan av storstadsregionen och kusten. Skillnaden mellan uppmätta och modellerade halter kan till viss del förklaras med torrdeposition på öppet fält.

Halterna av uppmätt ammoniumkväve i nederbörd var generellt något högre än modellerade halter under vinterhalvåret och något lägre under sommarhalvåret.

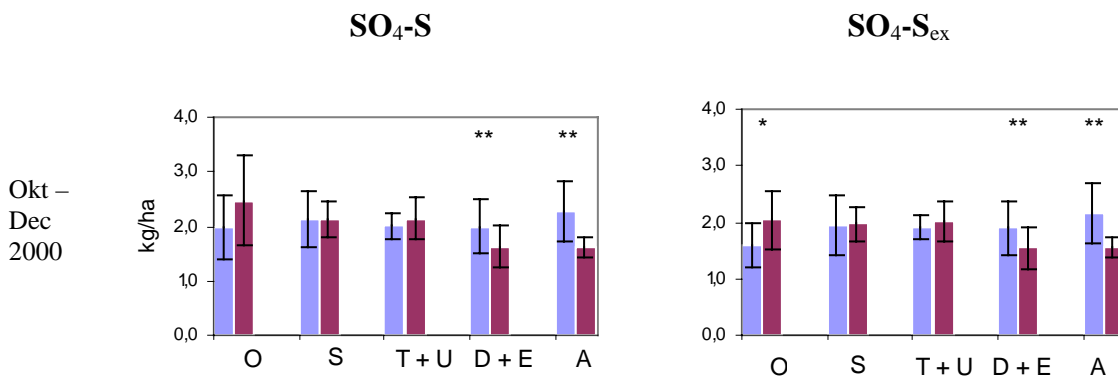
Undantaget var Stockholms län som hade högre uppmätta halter under hela året. Den reella skillnaden mellan uppmätta och modellerade halter var dock liten ( $<0,1$  mg/l) med få undantag i hela det aktuella området i mellansverige. Bäst överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade halter förekom under vintern och tidig vår (oktober - mars) och störst skillnader fanns som regel under sommarhalvåret. Under sommaren är de jordbruksrelaterade utsläppen som störst och stora lokala variationer i halterna av ammoniumkväve förekommer mellan provytorna. De något lägre uppmätta halterna under sommarhalvåret kan orsakas av viss omvandling i insamlarna av ammoniumkväve till organiskt kväve eller nitratkväve.

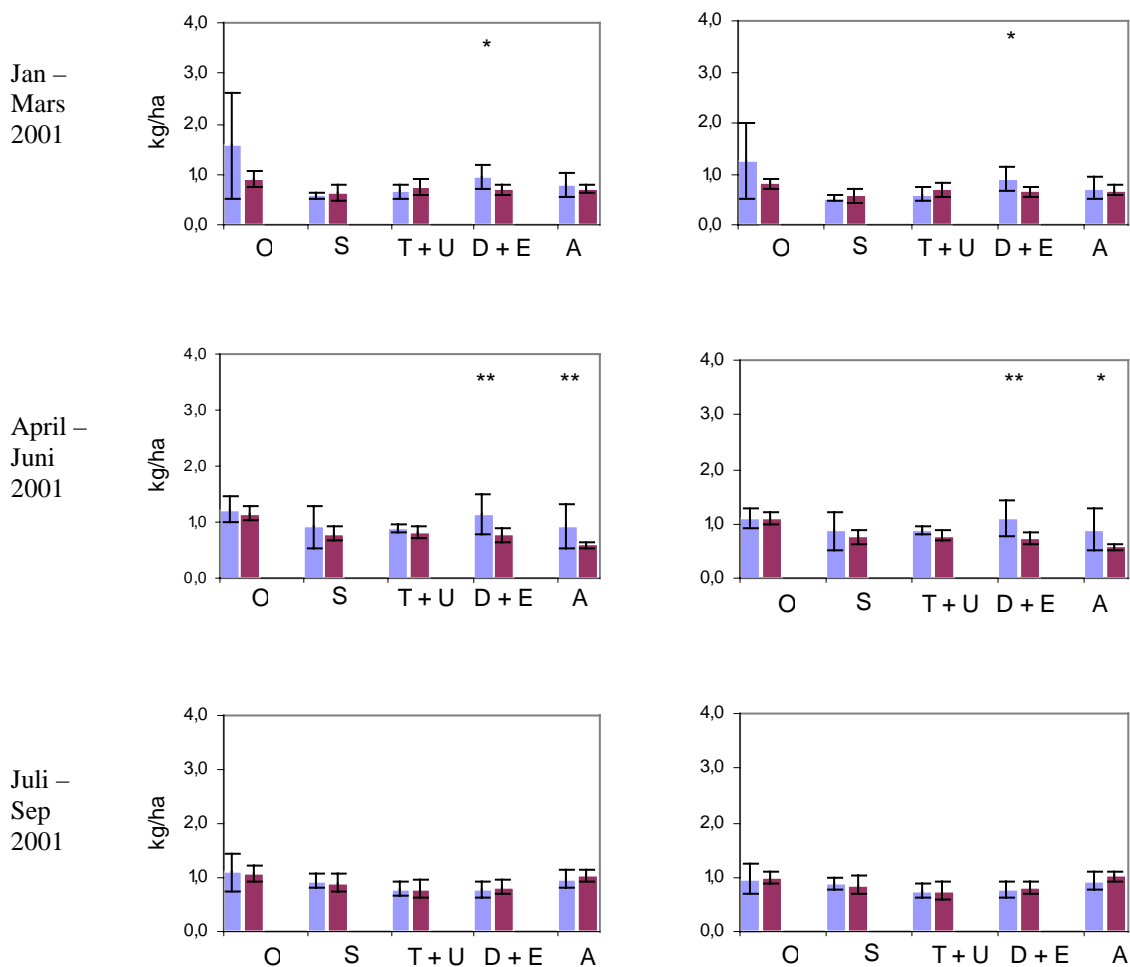
Under oktober till december förekom signifikanta skillnader för Stockholms län. Skillnaden var även stor i Värmlands län under detta kvartal men antalet lokaler var här för få för att skillnaden skulle kunna fastställas statistiskt. Under januari till mars förekom inga signifikanta skillnader och kvartalet såg som helhet mycket enhetligt ut. Under april till juni var variationerna större, speciellt i Stockholms län som hade mycket höga uppmätta ammoniumhalter. Under detta kvartal hade Stockholms län signifikanta skillnader och överensstämmelsen var även låg i Värmlands län samt Västmanlands län och Örebro län. Juli till september var halterna något lägre och signifikanta skillnader förekom i Stockholms län, Östergötlands län och Södermanlands län, samt i Västra Götalands län. Skillnader noterades även i Västmanlands län och Örebro län och i Värmlands län, dock inte signifikanta.

## Deposition

### **MATCH Länsmodell**

Våtdeposition beräknad med länsmodellen jämfördes med bulkdeposition på öppet fält för hydrologiska året 2000/01. Resultatet visas i figur 8 ( $\text{SO}_4\text{-S}$  och  $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ ) och figur 9 ( $\text{NO}_3\text{-N}$  och  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) och är baserat på månadsdata.





Figur 8. Deposition av sulfatsvavel och antropogent sulfatsvavel per kvartal på öppet fält. O står för Västra Götalands län, S för Värmlands län, T + U för Örebro och Västmanlands län, D + E för Södermanlands län och Östergötlands län och A för Stockholms län. ■ Stapel anger medelvärdet för uppmätta värden, ■ anger medelvärde för modellerade värden. I figuren visas även standardavvikelsen. Stjärnsymbolerna anger signifikansnivå för förekommande skillnader mellan uppmätta och modellerade data för O, D+E och A-län.

Skillnaden var liten mellan *totalt sulfatsvavel* och *sulfatsvavel med havssaltskorrektion* (antropogent sulfatsvavel) under 2000/01. Uppmätt deposition av antropogent sulfatsvavel varierar mindre mellan lokalerna vilket återspeglas i mindre standardavvikelse. Årstidsvariationerna var desamma för totalt sulfatsvavel och sulfatsvavel med havssaltskorrektion.

Det fanns ingen tydlig trend mellan uppmätt och modellerad sulfatsvaveldeposition under 2000/01 på öppet fält. Både mindre och större mängder uppmätt deposition

jämfört med modellerad deposition förekom under året. Den reella skillnaden var dock liten ( $\leq 0,1$  kg/ha), framför allt under juli – september. Under året noterades bäst överensstämmelse mellan uppmätt och modellerad deposition under sommaren (juli-september). Ingen tydlig årstidsbaserad skillnad i överensstämmelse noterades.

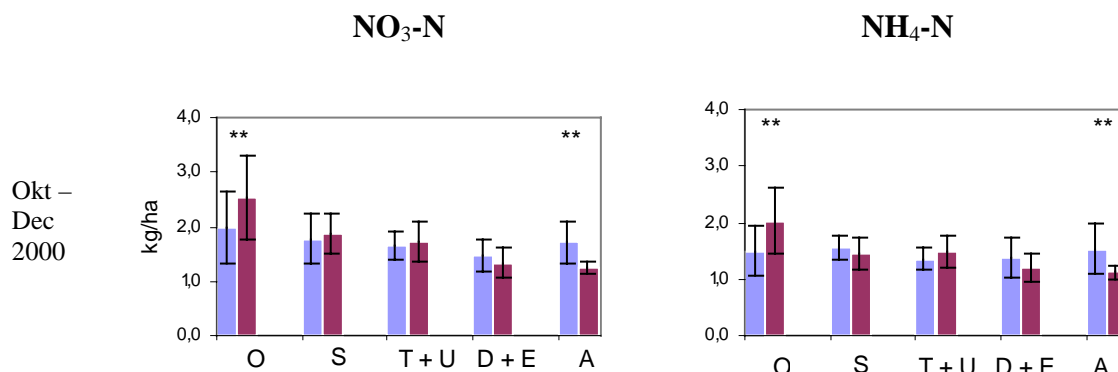
Kustlänen uppvisade störst skillnad mellan uppmätt och modellerad våtdeposition av sulfatsvavel. Under oktober till december hade Stockholms län, Södermanlands län och Östergötlands län signifikant större uppmätt deposition av sulfatsvavel. Även i Västra Götalands län förekom stora skillnader under detta kvartal, dock inte signifikanta. Under andra kvartalet (januari – mars) hade Östergötlands län och Södermanlands län signifikanta skillnader. Även under detta kvartal hade Västra Götalands län stora skillnader (ej signifikanta), denna gång med högre uppmätta värden. Under april till juni var uppmätta mängder signifikant större i Stockholms län samt i Östergötlands och Södermanlands län. Under juli till september förekom inga signifikanta skillnader och kvartalet hade mycket god överensstämmelse mellan uppmätt och modellerad deposition.

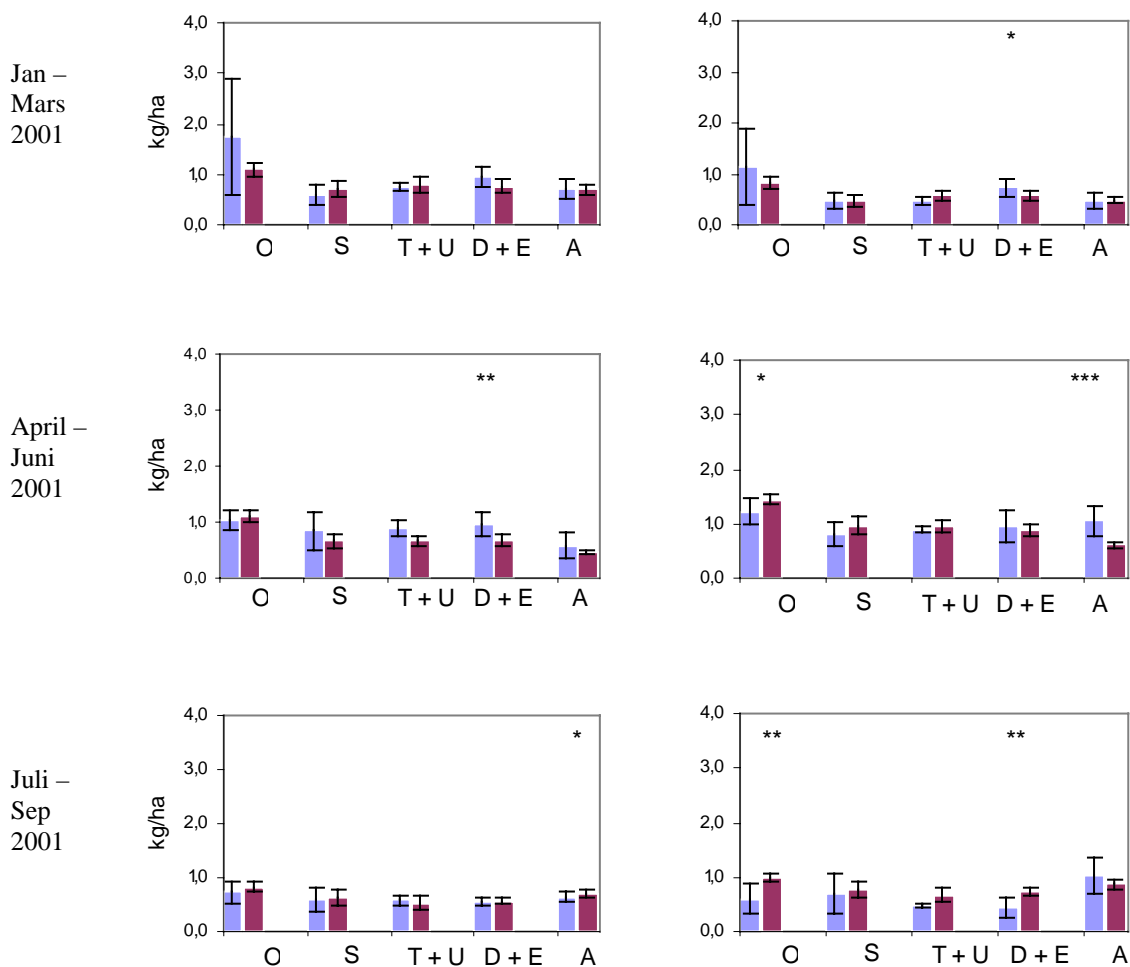
Resultaten indikerar en något bättre överensstämmelse mellan uppmätt och modellerad sulfatsvaveldeposition (både med och utan havssaltskorrektin) jämfört med halter. Ingen tydlig trend med högre uppmätta värden kunde konstateras, detta trots att uppmätta sulfatsvavelhalter generellt var högre än modellerade. Överensstämmelsen i deposition var bättre i Stockholms län jämfört med halter. Variationen mellan uppmätt och modellerad deposition såg rimlig ut för hela mellansverige. Bäst överensstämmelse noterades under juli till september.

Tabell 3 redovisar genomsnittlig andel torrdeposition i bulkprovtagaren på öppet fält. Tabell 4 redovisar den relativa skillnaden i procent mellan uppmätt och modellerad deposition (MATCH länsmodell) på öppet fält. Den relativa skillnaden mellan uppmätt och modellerad sulfatsvaveldeposition i länen vid östkusten varierade mellan 18-19%. Denna skillnad kan endast till viss del förklaras av den del torrdeposition som noterades i uppmätta värden på öppet fält, i genomsnitt uppskattad till 11% (tabell 3). I Västra Götalands, Örebro och Västmanlands län är den uppmätta depositionen av sulfatsvavel något lägre än den modellerade depositionen och i Värmland är den uppmätta depositionen endast något större än modellerade värden, detta trots viss tillskott av torrdeposition.

Tabell 4. Relativ skillnad i procent mellan uppmätt deposition på öppet fält och beräknad våtdeposition med länsmodellen, 2000/01. Positivt värde indikerar högre uppmätt deposition, negativt värde högre modellberäknad deposition. Värden inom parentes anger genomsnittlig deposition på öppet fält i kg/ha. Lokalkoder förklaras i Bilaga 1.

Lokal	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Lokal	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
A 01 A	3	1	8	23	D 11 A	34	34	36	24
A 04 A	30	31	9	29	D 14 A	9	8	14	0
A 05 A	40	39	30	46	E 02 A	32	30	23	21
A 21 A	19	17	18	14	E 03 A	18	18	0	-5
A 24 A	9	7	11	13	E 04 A	14	14	1	-10
A 35 A	11	10	5	8	E 08 A	14	14	26	1
A 40 A	30	29	29	46	E 21 A	18	19	11	-4
A 44 A	7	5	-8	6	E 22 A	11	13	12	1
A 54 A	16	15	12	19	E 28 A	11	10	1	-13
A 90 A	26	25	17	23	<b>Medel D+E-län</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>2</b>
A 92 A	5	1	16	2		(4,9)	(4,6)	(3,9)	(3,5)
A 94 A	28	26	19	35	S 21 A	13	13	15	1
<b>Medel A-län</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	S 22 A	-6	-7	-19	-21
	(5,0)	(4,7)	(3,7)	(4,1)	S 23 A	-1	-5	-6	14
O 01 A	2	-1	6	-29	<b>Medel S-län</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>
O 35 A	1	-2	5	-27		(4,6)	(4,2)	(3,8)	(3,6)
P 12 A	-18	-23	-30	-34	T 02 A	-4	-4	4	-17
P 90 A	22	12	25	11	T 03 A	-17	-16	-6	-27
P 91 B	41	35	24	11	U 04 A	11	12	15	0
P 92 A	-11	-19	-17	-12	<b>Medel T+U-län</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>4</b>	<b>-15</b>
P 93 A	-6	-8	-19	-26		(4,3)	(4,1)	(3,9)	(3,2)
P 94 A	-16	-15	-33	-34					
R 09 A	-24	-26	-33	-76					
<b>Medel O-län</b>	<b>-1</b>	<b>-5</b>	<b>-8</b>	<b>-24</b>					
	(5,9)	(4,9)	(5,5)	(4,5)					





Figur 9. Deposition av nitrat- och ammoniumkväve på öppet fält. O står för Västra Götalands län, S för Värmlands län, T+U för Örebro och Västmanlands län, D+E för Södermanlands och Öster-götlands län och A för Stockholms län. ■ Stapel anger medelvärdet för uppmätta värden, ■ anger medelvärde för modellerade värden. I figuren visas även standardavvikelsen. Stjärnor (\*) anger signifikansnivå för skillnader mellan uppmätt och modellerade data för O, D+E och A-län.

Ingen tydlig trend mellan uppmätt och modellerad *deposition av nitratkväve* på öppet fält noterades under 2000/01. Under året förekom både mindre och större uppmätt deposition av nitratkväve jämfört med modellerad deposition. Bäst överensstämmelse noterades under sommaren (juli-sept), sämst överensstämmelse under oktober till december.

Geografiskt var överensstämmelsen mellan uppmätt och modellberäknad nitratkväve-deposition som regel bäst i inlandet och sämre i kustlänen. Signifikanta skillnader

förekom både i Västra Götalands län (störst modellerade mängder) och i Stockholms län (störst uppmätta mängder) under oktober till december. Under januari till mars noterades större skillnader endast i Västra Götalands län, dock ej signifikanta. April till september visade signifikanta skillnader i Södermanland och Östergötland. Juli till september hade generellt god överensstämmelse och lite reell skillnad mellan uppmätt och modellerad deposition, dock noterades signifikanta skillnader i Stockholms län.

Resultaten visade ingen specifikt årstidsrelaterade skillnad med avseende på uppmätt och modellerad nitratkvävedeposition, överensstämmelsen var dock bäst under juli till september. Skillnaderna var, som nämns tidigare, störst i kustlänen och där förekom även störst variation mellan lokalerna. Detta kan bero på lokal påverkan från kusten och storstadsregionen. Skillnaden mellan uppmätt och modellerad nitratkvävedeposition var dock rimlig över hela mellansverige. Trots att uppmätta nitratkvävehalter generellt var högre än modellerade fanns det ingen tydlig trend med större uppmätta depositions- värden.

Modellerad våtdeposition av nitratkväve var under 2000/01 i genomsnitt större än uppmätt deposition på öppet fält i Västra Götaland och Värmland. Viss andel torrdeposition bör ge högre uppmätta mängder jämfört med modellerade mängder, trots denna är differensen negativ (tabell 4). I resterande län var den uppmätta depositionen av nitratkväve större än modellerad deposition. Andelen torrdeposition av nitratkväve på öppet fält, i genomsnitt uppskattad till 12% (tabell 3), kan till viss del förklara skillnaden mellan uppmätta och modellerade värden i länen vid östkusten.

Inga tydliga årstidsbundna variationer fanns mellan uppmätt och modellerad våtdeposition av ammoniumkväve under 2000/01, men resultaten indikerar att uppmätt deposition som regel var störst under vinterhalvåret och att modellerad deposition var störst under sommarhalvåret. Den något lägre uppmätta depositionen under sommarhalvåret kan, som nämnts tidigare, bero på viss omvandling i insamlarna av ammoniumkväve till organiskt kväve eller nitratkväve. Under året förekom bäst överensstämmelse mellan uppmätt och modellerad deposition under januari till mars.

Signifikanta skillnader fanns under oktober till december i Västra Götalands län och i Stockholms län. Under januari till mars fanns signifikanta skillnader i Södermanland och Östergötlands län och det förekom också stora skillnader, dock ej signifikanta, i Västra Götalands län. Under april till juni hade Stockholms län och Västra Götalands län signifikanta skillnader. Under juli till september hade Västra Götalands, Södermanlands och Östergötlands län signifikanta skillnader. Överensstämmelsen var även något sämre i Värmlands län under detta kvartal.

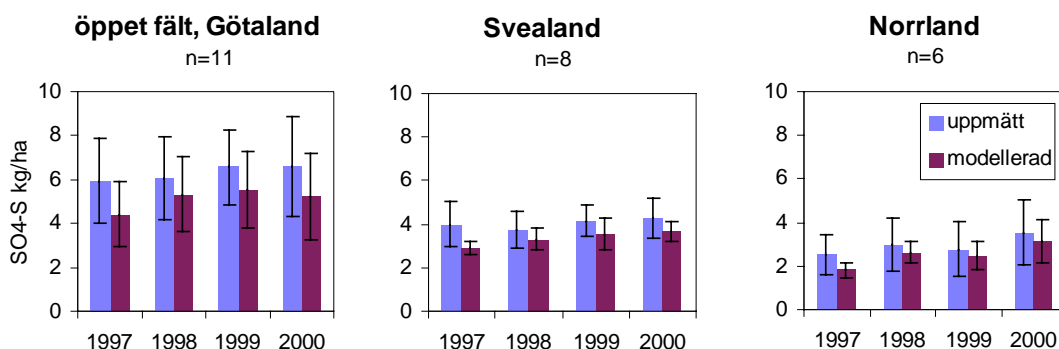
Inga tydliga kusteffekter förekom även om en viss tendens till större variationer mellan uppmätt och modellerad deposition av ammoniumkväve kunde skönjas i kustnära län.

Under hydrologiska året 2000/01 var den uppmätta våtdepositionen av ammoniumkväve i genomsnitt högre i Stockholms län jämfört med modellerad deposition. I övriga län var den uppmätta depositionen mindre eller lika stor jämfört med modellerad deposition (tabell 4).

### **MATCH Sverigemodell**

Beräknad våtdeposition med Sverigemodellen jämfördes med bulkdeposition på öppet fält för åren 1997–2000 (figur 10, 11 och 12) och är baserad på kalenderårsdata.

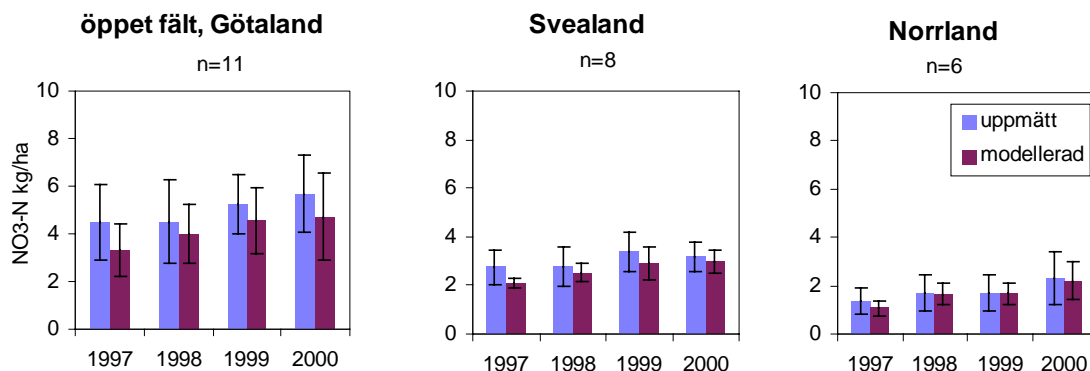
Under 1997 till 2000 var den uppmätta depositionen av sulfatsvavel på öppet fält högre än modellberäknade årsvärden (figur 10). (Även under hydrologiska året 2000/01 förekom högre uppmätt deposition av sulfatsvavel i mellansverige, tabell 4.) Överensstämmelsen var framför allt god i Norrland och sämst i Götaland under 1997–2000. Uppmätta värden varierade mest mellan lokalerna under dessa år. Den relativa skillnaden var störst i Götaland och minst i Norrland. Skillnaden kan bero på olika sätt att beräkna nederbörd samt viss mängd torrdeposition i de uppmätta värdena.



Figur 10. Deposition av sulfatsvavel med MATCH Sverigemodellen (våtdeposition) och uppmätt i nederbörd på öppet fält i krondroppsnetet under 1997-2000. I figuren visas medelvärde och standardavvikelse.

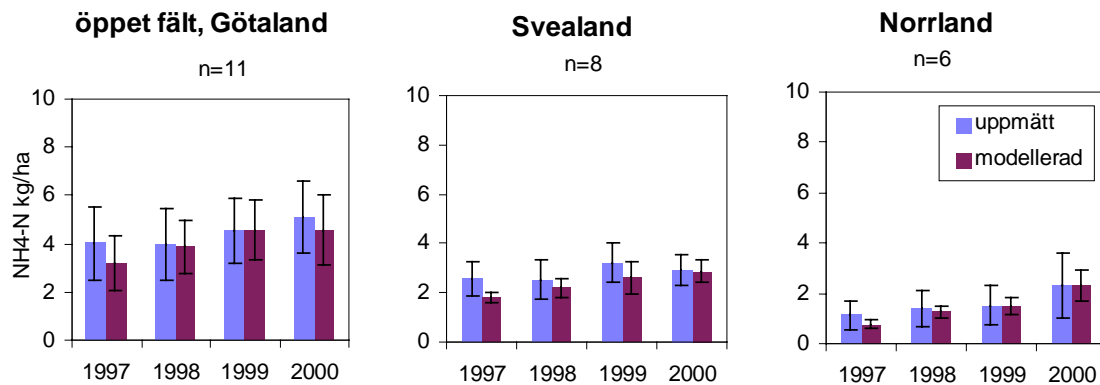
Depositionen av kväve jämfördes mellan modellberäkningar med Sverigemodellen och öppet fält mätningar under 1997-2000 (figur 11-12). Jämförelsen omfattar modellerad våtdeposition och uppmätt deposition i nederbörd på öppet fält. Jämförelsen visar att uppmätt nitratkväve som regel var större än modellberäknad. Den relativa skillnaden var störst i Götaland. (Även under hydrologiska året 2000/01 förekom högre uppmätt deposition av nitratkväve i mellansverige, tabell 4.)





Figur 11. Deposition av kväve i form av nitrat beräknad med Sverigemodellen (våtdeposition) och uppmätt i nederbörd på öppet fält i krondroppsnetet under 1997-2000. I figuren visas medelvärde och standardavvikelse.

Uppmätt deposition av ammoniumkväve under 1997-2000 var som regel högre än modellberäknad på årsbasis. Den relativa skillnaden ligger på samma nivå i Götaland, Svealand och Norrland. (Större uppmätt deposition av ammoniumkväve förekom även under hydrologiska året 2000/01 i genomsnitt i mellansverige, tabell 4.)



Figur 12. Deposition av kväve i form av ammonium beräknad med Sverigemodellen (våtdeposition) och uppmätt i nederbörd på öppet fält i krondroppsnetet under 1997-2000. I figuren visas medelvärde och standardavvikelse.

Skillnaden mellan uppmätt och beräknad våtdeposition med Sverigemodellen av nitrat- och ammoniumkväve kan till viss del bero på olika sätt att beräkna nederbördsmängd, samt viss mängd torrdeposition på öppet fält.

### 4.3 Nedfall till skog

MATCH Sverigemodellen gav större totaldepositionen av sulfatsvavel till barrskog i hela Sverige mellan 1997-2000 än vad uppmätta värden i form av krondroppsmätningar indikerade. Undantag förekom endast under 1997. Det var främst andelen modellberäknad torrdeposition som var större än uppmätta värden. Uppmätt torrdeposition är sannolikt något underskattad i Krondroppsnetet, trots detta var skillnaden mellan modellberäknad och uppmätt torrdeposition relativt stor.

MATCH länsmodellen beräknade större torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog än uppmätt i form av krondropp under samtliga kvartal under 2000/01. Under året noterades inga tydliga årstidsvariationer. Mätningarna visade i vissa fall högre deposition på öppet fält än i skog och detta förekom under hela året. Orsaker till detta kan främst vara torrdeposition till nederbördsinsamlaren på öppet fält, samt insamling av för mycket nederbörd under vintertid, jämfört med den verkliga. Till detta kan läggas några sannolikt mindre betydelsefulla faktorer som upptag i trädkronan och att inte stamavrinning mäts. Modellberäkningar av torrdepositionen till skog är behäftade med relativt stor osäkerhet, medan våtdepositionen visar bättre överrensstämmelse med mätningar.

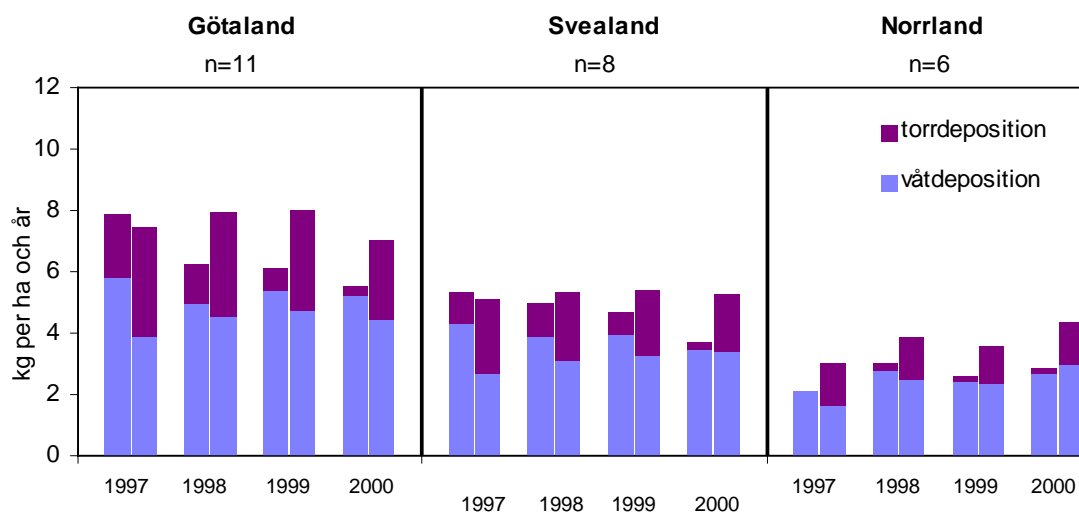
#### Totaldeposition

Totaldeposition består av nederbördens bidrag samt torrdeposition av gaser, partiklar och aerosoler. Träd fungerar som filter för luftburna föroreningar (torrdeposition) och totaldeposition av ämnen som inte påverkas av processer i trädkronan (svavel och vissa havssalter) mäts som krondropp i skog. Totaldeposition av kväve till skog kan inte mätas direkt med krondroppsmetoden eftersom kväve tas upp eller omvandlas i trädkronan. MATCH modellberäkningar av våtdepositionen är relativt säkra medan torrdepositionens värden är behäftade med större osäkerhet och stora lokala variationer ([www.smhi.se](http://www.smhi.se)).

#### MATCH Sverigemodell

Jämförelser mellan beräkningar med Sverigemodellen och mätdata från Krondroppsnetet av totalt antropogent svavelnedfall i barrskog visas i figur 13 och omfattar åren 1997-2000. Modellberäknad totaldeposition (våt och torr) i barrskog är något högre än uppmätt som krondropp i hela landet, enda undantaget är 1997 i Götaland och Svealand. En förklaring kan vara att Sverigemodellen räknar med korrigerad nederbörd (korrigerad för förluster vid provtagning), vilket ger högre värden jämfört med uppmätt. Mot det talar att det är främst andelen torrdeposition som är högre i de beräknade värdena. Skillnaden var relativt stor under alla åren. Men torrdepositionsandelen är sannolikt något underskattad i Krondroppsnetet, eftersom provtagning på öppet fält sker

med ständigt öppna insamlare som också får ta mot en viss mängd torrdeposition. Vid beräkningen av torrdeposition till skog används krondroppsvärdet minus öppet fält. På några lokaler var uppmätt våtdeposition högre än totaldeposition via krondropp. I dessa fall har torrdepositionen satts till noll.



Figur 13. Genomsnittlig totaldeposition av antropogent svavel till barrskog beräknad med Sverigemodellen och uppmätt i skogsytor (krondropp) i krondroppsnetet under 1997-2000. Endast de rutor i modellberäkningarna som har skogsytor inom Krondroppsnetet ingår i jämförelsen. Vänstra stapeln representerar uppmätta värden och högra modellberäknade värden. Staplarna är uppdelade i våt- och torrdeposition. Krondroppets våta andel är mätningar på öppet fält i anslutning till skogsytorna. På några lokaler är våtdepositionen högre än totaldepositionen i krondropp. I dessa fall har torrdepositionen satts till noll.

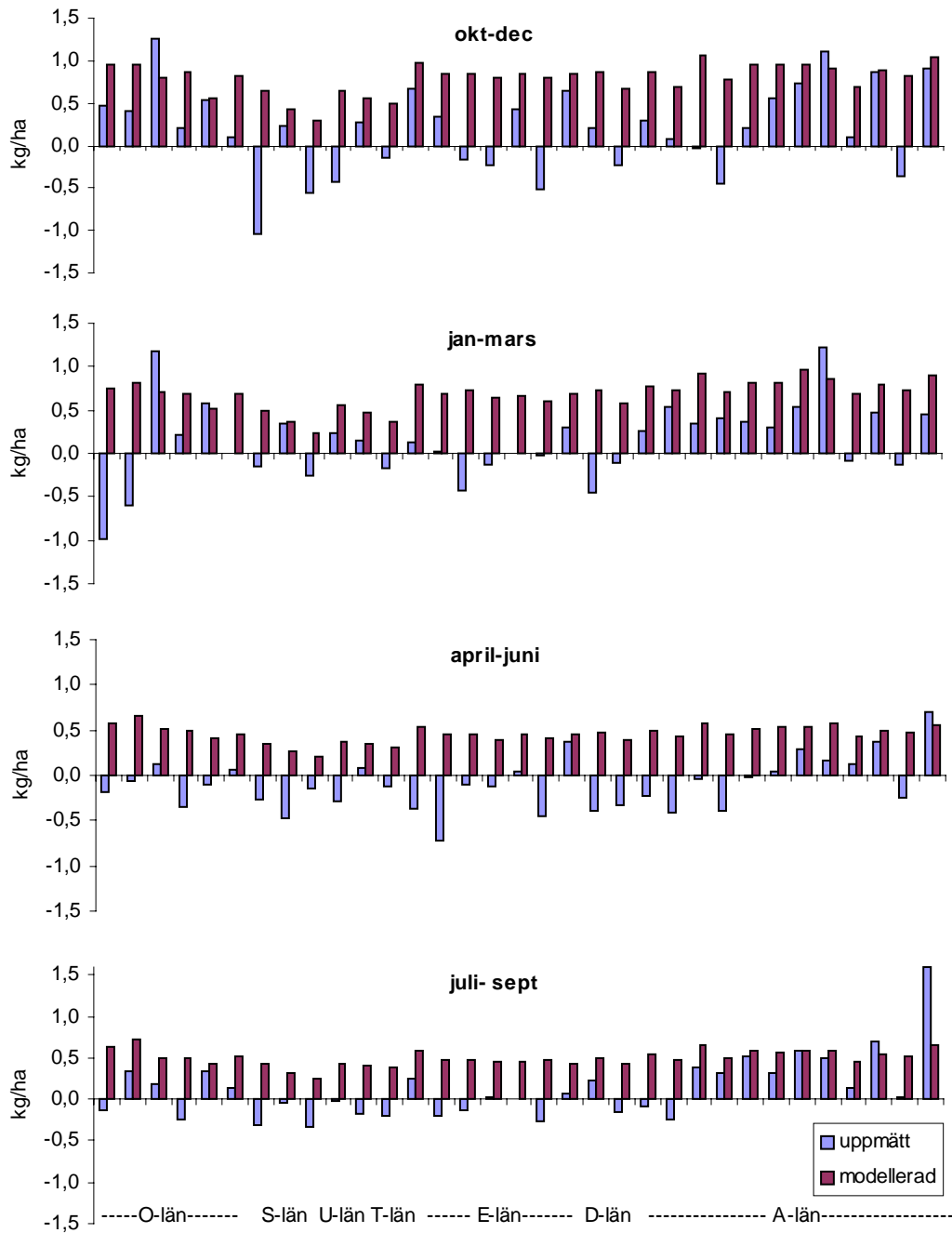
## Torrdeposition

Torrdeposition (gaser, partiklar och aerosoler) till skog beräknas inom krondroppsnetet genom krondroppsvärdet minus öppet fältvärdet. Detta kan enbart utföras för ämnen som inte påverkas av processer i trädkronan (svavel och havssalt).

## **MATCH Länsmodell**

Jämförelse mellan beräkningar med länsmodellen och mätdata från krondroppsnetet (krondropp minus öppet fält) av torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog 2000/01 visas i figur 14. I mellansverige var i regel modellerad torrdeposition större än uppmätt, endast ett fåtal undantag förekom under 2000/01. Under året fanns inga tydliga

årstidsvariationer mellan modellerad och uppmätt deposition. "Negativa" uppmätta värden förekom under hela året, flest under sommarhalvåret.



Figur 14. Uppmätt torrdeposition (kronddropp minus öppet fält) och modellerad torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog (MATCH länsmodell) per kvartal 2000/01.

Negativa värden kommer av större deposition på öppet fält än via kron dropp. Detta indikerar någon form av artefakt i mätningarna av ämnen som normalt inte alls, eller i mycket liten utsträckning, tas upp eller avges i träd kronan. Dessa ämnen är sulfatsvavel och havssalter i form av natrium och klorid (Hultberg & Grennfelt, 1992). En av orsakerna kan vara torrdeposition till nederbördsinsamlaren på öppet fält, en annan är insamling av för mycket nederbörd under vintertid med MISU-säcken, jämfört med den verkliga nederbörden. Till detta kan läggas några sannolikt mindre betydelsefulla faktorer som upptag i träd kronan och att inte stamavrinning mäts.

Tabell 5 jämför nettokron dropp av natrium och sulfat med och utan korrektion för torrdepositionen till nederbördsinsamlaren. Trots korrektionen erhålls ”negativ” deposition av sulfat till fyra platser medan natriumdepositionen alltid blir ”positiv” förutom ett mycket litet underskott i Högbränna.

Tabell 5. Nettokron dropp, okorrigerad, vilket betyder kron dropp – bulk samt korrigerad som är kron dropp – bulk + bulk under tak. Länsstillhörighet anges med länsbokstav.

		Na	Na	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S
		okorrigerad	korrigerad	okorrigerad	korrigerad
Högbränna	(AC)	-0,11	-0,01	-0,20	-0,16
Myrberg	(BD)	0,02	0,18	-0,13	-0,09
Högskogen	(C)	-0,09	0,51	-1,02	-0,82
Edeby	(D)	0,65	1,04	-0,53	-0,29
Fagerhult	(F)	0,76	1,70	-0,03	0,17
Rockneby	(H)	3,1	3,5	0,65	0,85
V. Torup	(LM)	8,9	12,0	2,1	2,8
Timrilt	(N)	-5,6	0,97	-0,37	1,00
Hensbacka	(O)	3,5	13,1	0,62	1,80
Blåbärskullen	(S)	0,95	1,7	-0,06	0,13
Storulvsjön	(Y)	0,24	0,53	-0,07	0,01

## 5. Slutsatser

Nederbördsjämförelsen indikerar att skillnaden i uppmätt nederbörd var störst under de månader då vinterutrustning använts inom Krondroppsnätet. Sommarutrustning (MISU-tratt) används vanligtvis på öppet fält mellan april/maj till september/oktober och vinterutrustning (MISU-säck) under resterande månader. Under månader med sommarutrustning var överensstämmelsen med SMHIs mätningar av nederbörd god. Under vintermånaderna då MISU-säck används var korrelationen något sämre och oftast var den uppmätta nederbörden på öppet fält större än SMHIs uppmätta nederbörd.

Överensstämmelsen mellan uppmätta värden på öppet fält och modellberäknade värden med MATCH länsmodellen var över lag god för både svavel och kväve. Länsmodellen beräknade i regel något lägre halter av totalt sulfatsvavel och antropogent sulfatsvavel i nederbörd än vad uppmätta halter visade under 2000/01 i mellansverige. Skillnaden mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition av sulfatsvavel visade däremot inte något tydligt mönster, trots något högre uppmätta halter. Den reella skillnaden var liten ( $<0,1 \text{ mg/l}$  respektive  $<0,1 \text{ kg/ha}$ ) med få undantag. Skillnaderna var störst vid kusterna men skillnaderna ansågs rimliga för hela det aktuella området i mellansverige. Bäst överensstämmelse noterades under juli till september för både halter i nederbörd och våtdeposition. Uppmätta halter av nitratkväve i nederbörd var i regel högre än modellerade halter, men det fanns ingen tydlig skillnad mellan uppmätt och modellberäknad våtdeposition av nitratkväve. Uppmätta halter och våtdeposition av ammoniumkväve var oftast högre under vinterhalvåret och lägre under sommarhalvåret än modellberäknad data. Under sommarhalvåret kan de lägre uppmätta halterna av ammoniumkväve orsakas av viss omvandling i insamlarna av ammoniumkväve till organiskt kväve eller nitratkväve. Skillnaderna mellan mätningar och modellberäkningar var störst i kustlänen, speciellt för nitratkväve, men ansågs rimlig för hela regionen i mellansverige. Bäst överensstämmelse noterades under juli till september för nitratkväve och under januari till mars för ammoniumkväve för både halter i nederbörd och våtdeposition.

Länsmodellen beräknade större torrdeposition av sulfatsvavel till barrskog än uppmätt i form av krondropp under samtliga kvartal under 2000/01. Under året noterades inga tydliga årstidsvariationer när det gäller överensstämmelse mellan uppmätt och modellberäknad torrdeposition. Mätningarna visade i vissa fall högre deposition på öppet fält än i skog och detta förekom under hela året. Orsaker till detta kan främst vara torrdeposition till nederbördsinsamlaren på öppet fält, samt insamling av för mycket nederbörd under vintertid, jämfört med den verkliga nederbörden. Till detta kan läggas några sannolikt mindre betydelsefulla faktorer som upptag i trädkronan och att inte stamavrinning mäts. Modellberäkningar av torrdepositionen till skog är behäftade med

relativt stor osäkerhet, medan våtdepositionen har en större säkerhet, baserat på jämförelser med mätningar.

MATCH Sverigemodellen beräknade en något lägre våtdeposition av sulfatsvavel under åren 1997-2000 än vad nedfallsmätningarna från Krondroppsnetet visade. Skillnaden var störst i Götaland och minst i Norrland. Modellberäkningarna visade även en lägre våtdepositionen av nitrat- och ammoniumkväve på årsbasis. Överensstämmelsen med mätdata var bäst i Norrland. Sverigemodellen beräknade på årsbasis en högre totaldeposition av sulfatsvavel till barrskog i hela Sverige mellan 1997-2000 än vad de uppmätta värden i form av krondropps-mätningar indikerade. Det var främst andelen modellberäknad torrdeposition som var större än uppmätta värden.

Modellresultaten från Sverigemodellen och länsmodellen stämmer i regel relativt väl med mätningarna. De diskrepanser som finns kan till stor del förklaras med skillnader i uppmätt nederbörd, viss del torrdeposition i mätningarna på öppet fält, lokal påverkan av storstäder och kusten, det vill säga osäkerheter i både modellsystemet och mätningarna. Skillnaderna är störst avseende torrdeposition till barrskog. Det finns också en viss spridning i resultaten som sannolikt beror på att modellberäkningarna ger medelvärden över större ytor medan krondroppsnetstationerna ger data för en viss punkt i landskapet. Ytterligare studier bör göras som närmare belyser orsakerna till de skillnader som finns och identifiera åtgärder som krävs för att förbättra kvaliteten i depositions kartläggningen. Förbättringar kommer att krävas av så väl modellberäkningar som nederbördskemiska mätningar.

## 6. Referenslista

- Akselsson, C., Ferm, M., Hallgren Larsson, E., Knulst, J., Lövblad, G., Malm, G. & Westling, O., 2000. *Regional övervakning av nedfall och effekter av luftföroreningar. Sammanfattande slutrapport från ett samarbetsprojekt mellan IVL, länen och Naturvårdsverket*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. IVL Rapport B 1369. 35 sid.
- Granat, L., 1988. *Luft- och nederbörds-kemiska stationsnätet inom PMK*. Meteorologiska institutionen, Stockholms universitet. Naturvårdsverket Rapport 3649. 66 sid.
- Hallgren Larsson, E., Svensson, A. & Westling, O. 2003. *Luftföroreningar i skogliga provytor - Resultat till och med september 2002*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. IVL Rapport B 1521. 64 sid.
- Hultberg, H & Grennfelt, P. 1992. *Sulphur and seasalt deposition as reflected by throughfall and runoff chemistry in forested catchments*. Environ. Poll. 75:215-222.
- Kindbom, K., Svensson, A., Sjöberg, K. och Persson, C., 2001. *Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1997, 1998 och 1999*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB och SMHI Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. SMHI Rapport nr 96/ IVL Rapport B 1420. 96 sid.
- Magnusson, M. & Persson, C. 2003. *Kvaliteten i uppmätta nederbörds-mängder inom svenska nederbörds-kemiska stationsnät*. SMHI rapport Meteorologi Nr 108.
- Persson, C. 2002. *Kvaliteten hos nederbörds-kemiska mätdata som data assimileras i MATCH-Sverige modellen*. SMHI Rapport Meteorologi Nr 105.



## Bilaga 1.

Tabell 1. Lokaluppgifter i RT90 från Krondroppsnetet, 2000/01.

Lokalkod	Lokal	Län	X_koord	Y_koord
A 01 A	Bergby	Stockholms län	6607420	1627390
A 04 A	Järinge	Stockholms län	6655840	1653570
A 05 A	Sticklinge	Stockholms län	6586400	1631550
A 21 A	Alby	Stockholms län	6607300	1603900
A 24 A	Säbysjön	Stockholms län	6592500	1617600
A 35 A	Farstanäs	Stockholms län	6554150	1604700
A 40 A	Lämshaga	Stockholms län	6578300	1648450
A 44 A	Gladö	Stockholms län	6565500	1623250
A 54 A	Mjölsta	Stockholms län	6634400	1637000
A 90 A	Svulten	Stockholms län	6610100	1643900
A 92 A	Arlanda	Stockholms län	6619050	1621800
A 94 A	Ulriksdal	Stockholms län	6587050	1625450
D 11 A	Edeby	Södermanlands län	6537280	1567660
D 14 A	Knutsta	Södermanlands län	6576400	1517600
E 02 A	Norrköping	Östergötlands län	6504500	1517600
E 03 A	Skullebo	Östergötlands län	6451900	1482400
E 04 A	Tatorp	Östergötlands län	6476200	1534550
E 08 A	Omberg	Östergötlands län	6464400	1431500
E 21 A	Solltorp	Östergötlands län	6447750	1477750
E 22 A	Höka	Östergötlands län	6515900	1461800
E 28 A	Hycklinge	Östergötlands län	6418650	1507400
O 01 A	Åboland	Västra Götalands län	6497900	1262400
O 35 A	Hensbacka	Västra Götalands län	6486550	1262400
P 12 A	Björkered, Tranem	Västra Götalands län	6372500	1350500
P 90 A	Lurås	Västra Götalands län	6451300	1280200
P 91 B	Lindås	Västra Götalands län	6477560	1300870
P 92 A	Bullsäng	Västra Götalands län	6367450	1337600
P 93 A	Humlered	Västra Götalands län	6407400	1377400
P 94 A	Härslätt	Västra Götalands län	6517450	1278050
R 09 A	Stora Ek	Västra Götalands län	6502290	1382150
S 21 A	Böckeln	Värmlands län	6617600	1387400
S 22 A	Blåbärskullen	Värmlands län	6637080	1337460
S 23 A	Transtrandsberget	Värmlands län	6722900	1352700
T 02 A	Greckssundet	Örebro län	6607900	1438000
T 03 A	Örlingen	Örebro län	6640900	1422950
U 04 A	Kvisterhult	Västmanlands län	6580700	1507500

## IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

### Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)  
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden  
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt  
IVLs hemsida: [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



---

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm  
Hälsingegatan 43, Stockholm  
Tel: +46 8 598 563 00  
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg  
Dagjämningsgatan 1, Göteborg  
Tel: +46 31 725 62 00  
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult  
Aneboda, Lammhult  
Tel: +46 472 26 77 80  
Fax: +46 472 26 77 90

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